

М. А. Дасоян, В. В. Новодережкин, Ф. Ф. Томашевский

# ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АККУМУЛЯТОРОВ

ИЗДАНИЕ 3-е, ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

---

ОДОБРЕНО УЧЕНЫМ СОВЕТОМ ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР  
ПО ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБРАЗОВАНИЮ В КАЧЕСТВЕ УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ  
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ РАБОЧИХ НА ПРОИЗВОДСТВЕ



Москва «Высшая школа» 1977

[www.samelectric.ru](http://www.samelectric.ru)  
[rusautomobile.ru](http://rusautomobile.ru)

Главы I—VII, XIX написаны М. А. Дасояном, VIII—XIII—  
В. В. Новодережкиным, XIV—XVIII — Ф. Ф. Томашевским.

Со всеми замечаниями и предложениями просим обращаться по  
адресу: Москва, К-51, Неглинная ул., 29/14, издательство «Высшая  
школа».

Д20 **Дасоян М. А. и др.**  
**Производство электрических аккумуляторов. Учеб. по-**  
**собие. Изд. 3-е, перераб. и доп. М., «Высш. школа», 1977.**

381 с. с ил. (Профтехобразование. Электрические аккумуляторы).  
Перед загл. авт.: М. А. Дасоян, В. В. Новодережкин, Ф. Ф. То-  
машевский.

В книге изложено производство электрических аккумуляторов (свинцово-  
кислотных, щелочных, серебряно-цинковых и др.), даны необходимые сведе-  
ния об устройстве, важнейшие электрические и эксплуатационные характе-  
ристики.

В третьем издании описаны новые материалы, оборудование, которые  
появились на отечественных аккумуляторных заводах, а также новейшие  
технологические процессы.

Книга предназначена в качестве учебного пособия для подготовки рабо-  
чих на производстве.

Д  $\frac{30311-521}{052(01)-77}$  42-77

6 П2.1.08.

© ИЗДАТЕЛЬСТВО «ВЫСШАЯ ШКОЛА», 1977.

В настоящее время трудно найти область народного хо-  
зяйства и техники, где не применялись бы электрические  
аккумуляторы. Традиционными областями их примене-  
ния являются автомобильный транспорт, шахтная про-  
мышленность, электрические станции. Аккумуляторы  
используются также в миниатюрных транзисторных ра-  
диоприемниках и слуховых аппаратах бытовой электро-  
техники.

Потребность в электрических аккумуляторах в связи  
с бурным развитием всех отраслей народного хозяйства  
растет с каждым годом. Особенно большой прирост про-  
изводства электрических аккумуляторов получит в десятой  
пятилетке. XXV съезд КПСС ориентировал промышлен-  
ность на повышение эффективности и качества продук-  
ции. В основных направлениях развития народного хо-  
зяйства СССР на 1976—1980 гг. намечен рост выпуска  
аккумуляторов с повышенными удельными характери-  
стиками. Существенно повысится также технический уро-  
вень производства и производительность труда. В реше-  
нии указанных задач значительную роль призваны  
сыграть рабочие и средний технический персонал, непо-  
средственно занятый на производстве. Для подготовки  
квалифицированных рабочих аккумуляторных заводов и  
предназначается настоящее учебное пособие.

В новом, третьем, издании сохранено без существен-  
ных изменений построение материала: сначала излага-  
ются общие сведения, охватывающие основные понятия  
из электрохимии, описываются гальванические покры-  
тия, применяемые на аккумуляторных заводах, а также  
приводятся данные об устройстве и характеристики ак-  
кумуляторов различных систем; затем рассматривается  
современное производство свинцовых и щелочных акку-  
муляторов. Как и в предыдущих изданиях, в книге под-  
робно излагаются правила техники безопасности и охра-  
ны труда на аккумуляторных заводах.

В настоящем издании даны новые сведения о произ-  
водстве электрических аккумуляторов, описываются про-  
цессы и оборудование, внедренные на наших заводах за  
время, прошедшее с момента выпуска второго издания  
книги.

К числу таких сведений относятся: применение высокопроизводительной мельничной установки для изготовления свинцового порошка, конвейерного сушила новой конструкции для сушки электродов свинцового аккумулятора, новой конструкции газового калорифера, применение химически стойких полимерных материалов для упрочнения положительной активной массы.

## Часть I

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

---

#### Глава I. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ИЗ ЭЛЕКТРОХИМИИ

##### § 1. ПРОВОДНИКИ ПЕРВОГО И ВТОРОГО РОДА

Проводники электрического тока делятся по своему агрегатному состоянию на три группы: твердые (металлы и сплавы), жидкие (растворы) и газообразные. Из них для аккумуляторов важное значение имеют лишь металлические и жидкостные проводники.

Металлы, как правило, являются наилучшими проводниками тока. Отличительные особенности металлических проводников (проводников первого рода) следующие:

процесс прохождения электрического тока через проводники первого рода не сопровождается переносом вещества;

сопротивление проводников первого рода возрастает с повышением температуры, т. е. температурный коэффициент сопротивления положителен.

Проводимость металлов обусловлена движением «свободных» электронов, образующих так называемый электронный газ в металле. По этой причине металлическую проводимость часто называют *электронной проводимостью*.

Электроны в металлическом проводнике под действием разности потенциалов двигаются направленно: от отрицательного полюса внешнего источника тока к положительному.

В процессе движения электроны сталкиваются с положительно заряженными ионами металла, находящимися в узлах кристаллической решетки. Столкновения вызывают потерю части энергии, приобретенной электронами под действием приложенной разности потенциалов. Эта часть электрической энергии переходит в тепловую, обуславливая нагрев проводника. Электронной, или металлической, проводимостью обладают все металлы и металлические сплавы, углерод (графит, уголь), а также некоторые окислы и соли. Наилучшей проводимостью из металлов обладают серебро и медь.

Электропроводность проводников второго рода обусловлена движением ионов, которые являются в этом случае единственными носителями электричества.

К проводникам второго рода относятся водные растворы кислот, солей и оснований (щелочей), имеющие широкое применение в химических источниках тока и других областях прикладной электротехники.

Эти вещества, называемые *электролитами*, при растворении в воде распадаются на положительные и отрицательные ионы, движение которых под действием приложенной разности потенциалов обуславливает возможность прохождения тока через растворы.

Проводники второго рода отличаются следующими особенностями:

прохождение тока через растворы сопровождается переносом вещества: положительно заряженные частицы — катионы двигаются к отрицательному полюсу источника тока, а отрицательно заряженные частицы — анионы — в противоположном направлении, т. е. к положительному полюсу источника тока;

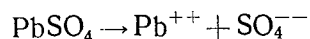
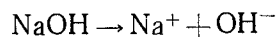
заряженные частицы разряжаются на соответствующих полюсах источника тока и выделяют продукты, которые часто можно непосредственно наблюдать;

сопротивление проводников второго рода с повышением температуры уменьшается.

Проводимость электролитов можно охарактеризовать как ионную проводимость.

## § 2. ДИССОЦИАЦИЯ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Как было указано выше, при растворении в воде кислот, щелочей и солей эти вещества распадаются на ионы. Этот процесс называют *электролитической диссоциацией*. Электролитическая диссоциация едкого натра и сернистого свинца происходит соответственно по реакциям



Значки + и —, поставленные сверху символов, указывают знак и величину заряда данного иона.

Серная кислота диссоциирует в две ступени



В достаточно концентрированных растворах  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , применяемых в качестве электролита свинцовых аккумуляторов, диссоциация практически происходит только по уравнению (I).

Для характеристики полноты диссоциации электролитов было введено понятие *степени диссоциации* ( $\alpha$ ). Последняя представляет

собой отношение числа диссоциированных, т. е. распавшихся на ионы молекул, к общему числу молекул в растворе

$$\alpha = \frac{n}{N}. \quad (1)$$

Величина  $\alpha$  может изменяться в пределах

$$0 \leq \alpha \leq 1. \quad (2)$$

При прочих равных условиях значение  $\alpha$  увеличивается по мере разбавления раствора.

В связи с тем, что для большинства электролитов  $\alpha$  близка к нулю либо к единице, представляется целесообразным разделить все электролиты, растворенные в одном и том же растворителе, на слабые и сильные. Слабые электролиты характеризуются весьма малыми значениями  $\alpha$ . В растворах же сильных электролитов  $\alpha$  близка к единице.

К слабым электролитам относится большинство органических кислот и оснований, растворы труднорастворимых солей.

К сильным электролитам относятся хорошо растворимые соли, состоящие из металлических катионов и неорганических анионов, неорганические кислоты и основания (щелочи). Растворы кислот и щелочей, применяемые в аккумуляторах в качестве электролитов, относятся к числу сильных электролитов, диссоциированных почти полностью ( $\alpha=1$ ).

## § 3. КОНЦЕНТРАЦИЯ РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

В электрохимии применяют различные способы выражения концентрации растворов электролитов. Часто концентрация, т. е. количество растворенного вещества (электролита), приходящегося на единицу объема или массы раствора, выражается числом граммов электролита (кислоты, соли или основания) в литре раствора. Такой способ выражения концентрации принят, в частности, в гальваностегии — науке о способах получения металлических покрытий.

Концентрация может быть выражена в массовых процентах, т. е. числом массовых частей растворенного вещества, приходящихся на 100 массовых частей раствора.

Концентрацию раствора выражают также числом грамм-молекул или числом грамм-эквивалентов электролита, содержащихся в литре раствора. В первом случае говорят о молярности раствора ( $M$ ), а во втором — о нормальности ( $N$ ). Например, если мы имеем раствор серной кислоты, концентрация которого равна  $7N$ , то это значит, что в 1 л раствора содержится 7 грамм-эквивалентов или

$$\frac{7(2 + 32 + 64)}{2} = 343 \text{ г } \text{H}_2\text{SO}_4.$$

Напомним, что грамм-эквивалент вещества равен его молекулярной массе, деленной на валентность.



Концентрацию растворов, применяемых в качестве электролитов электрических аккумуляторов, часто выражают в единицах плотности раствора. Плотность растворов серной кислоты, едкого натра и едкого кали сильно зависит от содержания соответствующего электролита, что и позволяет выражать концентрацию таких растворов непосредственно в единицах плотности. Соотношения между плотностью растворов и их процентной концентрацией сведены в специальные таблицы.

Плотность растворов определяется с помощью ареометров, градуированных с точностью до 2 кг/м<sup>3</sup>. Плотность существенно зависит от температуры. Поэтому измерения плотности следует всегда производить при температуре 15° С.

Если после растворения кислоты или щелочи температура поднялась выше указанного значения, то к измерению плотности следует приступить только после охлаждения раствора.

#### § 4. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Различают удельную, молярную и эквивалентную электропроводности электролитов.

Удельная электропроводность. Общее сопротивление ( $R$ ) цепи по закону Ома выражается уравнением

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (3)$$

где  $\rho$  — удельное сопротивление;  $l$  — длина проводника;  $S$  — сечение проводника.

Удельное сопротивление находим по формуле

$$[\rho] = \frac{[S] \cdot [R]}{[l]} = \frac{\text{м}^2 \cdot \text{Ом}}{\text{м}} = 1 \text{ Ом} \cdot \text{м}^*$$

Величина, обратная  $\rho$ , называется *удельной электропроводностью* ( $\chi$ ) и измеряется в сименсах. Сименс равен электрической проводимости проводника сопротивлением 1 Ом:

$$\chi = \frac{1}{\rho}, \quad [\chi] = \text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1} = 1 \text{ См.}$$

Молярная электропроводность. Представим себе две параллельные пластины, расстояние между которыми равно 1 см, а площадь их подобрана таким образом, что в объеме раствора, находящегося между пластинами, содержится 1 грамм-молекула вещества. Пусть эта площадь равна  $S_m$  см<sup>2</sup>, а объем —  $V_m$  см<sup>3</sup>.

\* 1 Ом·м равен удельному электрическому сопротивлению, при котором участок выполненной из такого же вещества электрической цепи площадью поперечного сечения 1 м<sup>2</sup> и длиной 1 м имеет электрическое сопротивление 1 Ом.

Электропроводность раствора, содержащего 1 М вещества и помещенного в сосуд указанной формы, называется *молярной электропроводностью* ( $\mu$ ).

Из определения следует, что

$$\mu = \chi V_m, \quad (4)$$

где  $V_m$  — объем прямоугольника с ребром 1 см, в котором растворена 1 М вещества.

Из формулы видно, что величину  $\mu$  можно вычислить из удельной электропроводности и концентрации раствора. Например, если концентрация раствора составляет 5 М в литре, а удельная электропроводность  $\chi$ , то  $\mu = 200 \chi$ , где 200 — объем, в котором растворен 1 моль

$$\left( \frac{1000 \text{ см}^3}{5 \text{ М}} = 200 \text{ см}^3/\text{М} \right).$$

В общем случае

$$\mu = \frac{1000}{c} \chi, \quad (5)$$

где  $c$  — концентрация раствора в грамм-молекулах на литр.

Эквивалентная электропроводность. Если в описанном выше объеме (прямоугольник с ребром 1 см) растворен 1 грамм-эквивалент вещества, то электропроводность заключенного в указанном объеме раствора, обозначаемого через  $V_\lambda$ , называется *эквивалентной электропроводностью* ( $\lambda$ ):

$$\lambda = \chi V_\lambda. \quad (6)$$

Заменив  $V_\lambda$  равной ему величиной  $\frac{1000}{N}$ , где  $N$  — число грамм-эквивалентов, содержащихся в одном литре раствора, получим

$$\lambda = \frac{1000}{N} \chi. \quad (7)$$

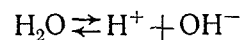
Например, если раствор двухнормальный, т. е. содержит 2 грамм-эквивалента вещества в одном литре, то объем раствора, содержащий 1 грамм-эквивалент, будет  $\frac{1000}{2} = 500 \text{ см}^3$ , следовательно,  $\lambda = 500 \chi$ .

Напомним, что количество элементарных зарядов иона определяет его валентность. Так, ион водорода — одновалентен; ион сульфата ( $\text{SO}_4^{--}$ ) — двухвалентен. Электролиты характеризуются валентностью ионов, из которых они состоят. Так,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  — однодвухвалентный электролит;  $\text{NaOH}$  — одно-одновалентный электролит.

Для одно-одновалентных электролитов молярная и эквивалентная электропроводности равны.

Вода, тщательно очищенная от посторонних примесей, обладает некоторой электропроводностью, т. е. является электролитом, хотя и весьма слабым.

Электропроводность чистой воды обуславливается наличием в ней некоторого количества ионов водорода и гидроксильных ионов, образованных вследствие диссоциации воды



Соотношение

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} \quad (8)$$

где квадратными скобками выражена концентрация соответствующих веществ, называется *константой диссоциации воды*.

Ввиду незначительности диссоциации воды концентрацию недиссоциированных молекул  $[\text{H}_2\text{O}]$  можно считать постоянной. В этом случае постоянным будет являться и произведение

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K[\text{H}_2\text{O}] = K_w, \quad (9)$$

где  $K_w$  — ионное произведение воды.

Как показали измерения, при  $25^\circ\text{C}$   $K_w = 10^{-14}$ . В нейтральном растворе или чистой воде  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ , поэтому

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{K_w} = 10^{-7} \frac{\text{г-ион}}{\text{л}}$$

Для количественного выражения концентрации ионов водорода в растворе принята величина, называемая *водородным показателем раствора* и обозначаемая символом pH. Водородный показатель равен десятичному логарифму концентрации ионов водорода в данном растворе, взятому с обратным знаком, т. е.

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$$

Для нейтрального раствора  $[\text{H}^+] = 10^{-7}$  и, следовательно,  $\text{pH} = 7$ . Из определения водородного показателя следует, что чем меньше концентрация водородных ионов, тем больше водородный показатель.

Важно отметить, что произведение  $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$  — величина постоянная во всех водных растворах. Величиной pH обычно пользуются для растворов, начиная от однонормального и ниже. Для более концентрированных растворов кислот и щелочей пользуются только понятием нормальности.

Нормальность кислот и оснований связана с pH растворов, как показано в табл. 1.

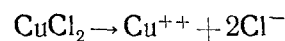
Водородный показатель растворов различных концентраций

Концентрация кислоты, г-экв/л, или нормальность	Концентрация щелочи, г-экв л. или нормальность	$[\text{H}^+]$	$[\text{OH}^-]$	$\lg[\text{H}^+]$	pH
10	—	$10^0$	$10^{-14}$	0	0
$10^{-1}$	—	$10^{-1}$	$10^{-13}$	-1	1
$10^{-2}$	—	$10^{-2}$	$10^{-12}$	-2	2
$10^{-3}$	—	$10^{-3}$	$10^{-11}$	-3	3
$10^{-4}$	—	$10^{-4}$	$10^{-10}$	-4	4
$10^{-5}$	—	$10^{-5}$	$10^{-9}$	-5	5
$10^{-6}$	—	$10^{-6}$	$10^{-8}$	-6	6
$10^{-7}$	—	$10^{-7}$	$10^{-7}$	-7	7
—	$10^{-6}$	$10^{-8}$	$10^{-6}$	-8	8
—	$10^{-5}$	$10^{-9}$	$10^{-5}$	-9	9
—	$10^{-4}$	$10^{-10}$	$10^{-4}$	-10	10
—	$10^{-3}$	$10^{-11}$	$10^{-3}$	-11	11
—	$10^{-2}$	$10^{-12}$	$10^{-2}$	-12	12
—	$10^{-1}$	$10^{-13}$	$10^{-1}$	-13	13
—	1	$10^{-14}$	$10^0$	-14	14

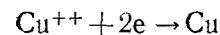
§ 6. ЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИЗА. ЗАКОНЫ ФАРАДЕЯ

Прохождение постоянного тока через проводники второго рода вызывает химическое разложение вещества. На электродах при этом образуются продукты окисления — восстановления. На положительном электроде (аноде) протекает окисление, на отрицательном (катоде) — восстановление. Процесс разложения вещества под действием постоянного электрического тока называется *электролизом*.

Явление электролиза впервые было изучено Фарадеем, которому принадлежит честь открытия двух фундаментальных законов электрохимии. Им же предложены и термины, применяемые до сих пор: электролиз, электролизер (сосуд, в котором происходит электролиз), электролит, анод, катод, анион (отрицательно заряженный ион, движущийся к аноду), катион (положительно заряженный ион, движущийся к катоду). Покажем сущность явления электролиза на примере электролиза раствора хлорной меди. Данная соль в воде диссоциирует на ионы по схеме

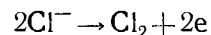


Источник тока принимает электроны от анода и направляет их на катод, заряжая тем самым анод положительно, а катод — отрицательно. Положительно заряженные ионы меди двигаются к отрицательно заряженному катоду и разряжаются там за счет избыточных электронов катода



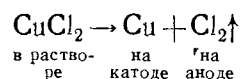
Таким образом, на катоде происходит процесс восстановления меди (присоединение электронов к ионам  $\text{Cu}^{++}$ ), которая выделяется на данном электроде в виде металла.

Отрицательно заряженные ионы хлора в то же время двигаются к положительно заряженному аноду и, отдавая ему свой заряд, превращаются в нейтральные атомы, которые соединяются затем в молекулы хлора



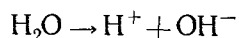
Хлор выделяется на аноде в виде пузырьков газа. Таким образом, на аноде наблюдается процесс окисления ионов хлора (потери электронов).

Суммарный процесс на обоих электродах сводится к разложению хлорной меди

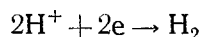


В процессе электролиза, как правило, происходит также разложение воды.

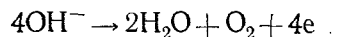
Как известно, вода частично диссоциирована на ионы



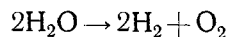
Водородные ионы восстанавливаются на катоде



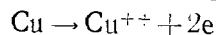
Гидроксильные ионы окисляются на аноде



Суммарный процесс разложения воды записывается в виде



Таким образом, в процессе электролиза водного раствора хлорной меди на аноде наряду с хлором выделяется также кислород, а на катоде (кроме меди) — водород. До сих пор предполагалось, что электролиз раствора  $\text{CuCl}_2$  проводится с нерастворимым анодом, например, изготовленным из платины. Если в качестве анода применить медную пластину (растворимый анод), то в процессе электролиза происходит также растворение (окисление) анода: переход меди в раствор в виде двухвалентных ионов



Согласно первому закону Фарадея, количество вещества, которое окисляется на аноде или восстанавливается на катоде, пропорционально количеству протекшего электричества

$$m = a \cdot Q, \quad (10)$$

где  $m$  — количество граммов вещества, которое окисляется или восстанавливается у электродов при прохождении  $Q$  кулонов электричества;  $a$  — коэффициент пропорциональности, зависящий от эквивалентной массы (атомная масса, деленная на валентность).

Согласно второму закону Фарадея, количество окисляющихся или восстанавливающихся на электродах веществ при прохождении одного и того же количества электричества пропорционально эквивалентным массам этих веществ

$$m = bM, \quad (11)$$

где  $M$  — эквивалентная масса данного вещества;  $b$  — коэффициент пропорциональности, зависящий от величины  $Q$ .

Общим выражением для обоих законов служит уравнение

$$m = cMQ, \quad (12)$$

где коэффициент  $c$  зависит только от единиц измерения величин  $m$  и  $Q$ .

Если  $m$  выражено в граммах, а  $Q$  — в кулонах, то  $c$  представляет собой количество вещества, окисляющегося на аноде или восстанавливающегося на катоде при прохождении одного кулона электричества. Количество вещества, окисляющееся или восстанавливающееся на электродах при прохождении единицы количества электричества, называется *электрохимическим эквивалентом* этого вещества.

Электрохимические эквиваленты ряда веществ, выраженные в мг/Кул и г/А·ч, приведены в табл. 2, там же приведены атомная масса, валентность и эквивалентная масса этих веществ.

При  $m = M$  из уравнения (12) следует, что

$$Q = \frac{1}{c} = F, \quad (13)$$

где  $F$  — количество электричества, при прохождении которого у каждого из электродов окисляется или восстанавливается один грамм-эквивалент вещества; это количество электричества, равное 96 500 кулонам (26,8 А·ч), называется *числом Фарадея* или *фарадеем*.

Из уравнений (12) и (13) следует, что

$$m = \frac{MQ}{F} = cQ = cIt, \quad (14)$$

где  $I$  — сила тока;  $t$  — время.

Уравнение (14) позволяет найти  $m$  для данного вещества при прохождении через электролизер  $Q$  кулонов электричества или найти  $Q$ , если известно  $m$ .

Электролизеры, служащие для определения количества электричества, называются *кулометрами*. Для точной работы кулометров необходимо, чтобы в нем протекал лишь один электрохимический

Таблица 2

## Электрохимические эквиваленты простых веществ

Металл	Химическое обозначение	Атомная масса, А	Валентность, n	Эквивалентная масса $\frac{A}{n}$	Электрохимический эквивалент	
					мг/Кл	г/А·ч
Водород . . . . .	H	1,008	1	1,008	0,010	0,0376
Железо . . . . .	Fe	55,85	3	18,61	0,193	0,694
Кислород . . . . .	O	16,0	2	8,0	0,083	0,298
Никель . . . . .	Ni	58,69	2	29,34	0,304	1,095
Свинец . . . . .	Pb	207,21	2	103,60	1,074	3,86
Серебро . . . . .	Ag	107,88	1	107,88	1,118	4,025
Цинк . . . . .	Zn	65,38	2	32,69	0,339	1,22
Медь . . . . .	Cu	63,57	2	31,78	0,329	1,186
Ртуть . . . . .	Hg	200,61	2	100,30	1,039	3,74

процесс без каких-либо побочных реакций и чтобы продукты электролиза были доступны точному взвешиванию или измерению.

Этим условиям удовлетворяет ряд кулометров (серебряный, медный, ртутный и т. д.). Простейшим и доступнейшим из них является медный кулометр. Электролитом для данного кулометра служит 10—20%-ный водный раствор сернокислой меди, в который добавляется серная кислота из расчета 50 г на 1 л электролита для увеличения электропроводности раствора. Материалом для электродов служит медь.

Поверхность катода должна быть в несколько раз меньше поверхности анода. Катод кулометра взвешивается дважды: до и после электролиза. Разность масс, равная массе металла, осажденного в результате прохождения тока, позволяет определить по формуле (14) количество электричества, пропущенного в течение электролиза. Медный кулометр находит широкое применение в электрохимической практике.

Как было показано на примере электролиза раствора  $\text{CuCl}_2$ , на электродах при электролизе часто протекает несколько электрохимических процессов, один из которых в зависимости от назначения электролиза считается главным, а остальные рассматриваются как побочные.

При электроосаждении металлов часть электричества расходуется на выделение водорода. Для этих процессов главным является осаждение металла, а побочным — выделение водорода.

При электролизе воды главным процессом на катоде является, наоборот, выделение водорода, а другие возможные процессы, например восстановление металлических примесей, относятся к числу побочных.

При заряде аккумулятора на последней стадии процесса заряда значительная часть электричества расходуется на газовыделение и лишь малая часть его — на основной процесс.

Законы Фарадея не указывают, какое из веществ в растворе подвергается при электролизе изменению, а только выражают зависимость между прошедшим количеством электричества и количеством грамм-эквивалентов всех веществ, претерпевающих химические изменения в результате электролиза. Следовательно, при применении законов Фарадея должны быть учтены как главные, так и побочные процессы.

Однако поскольку электролиз ведется с целью получения какого-либо определенного продукта, появляется необходимость в определении доли израсходованного на этот процесс электричества.

Для этого было введено понятие выхода по току ( $\eta_i$ ), который равен отношению количества вещества, фактически полученного при электролизе ( $m_{\phi}$ ), к теоретическому количеству его ( $m_{\tau}$ ), рассчитанному по закону Фарадея

$$\eta_i = \frac{m_{\phi}}{m_{\tau}} . \quad (15)$$

Подставляя вместо  $m_{\tau}$  эквивалентную ему величину из уравнения (14) и выражая  $\eta_i$  в процентах, получим

$$\eta_i = \frac{m_{\phi}}{cQ} \cdot 100 . \quad (16)$$

Выход по току в большинстве случаев меньше 100%.

В электрохимических расчетах часто пользуются величинами катодной и анодной плотностей тока, определяя их как силу тока, приходящуюся на единицу площади данного электрода

$$D_k = \frac{I}{S_k} , \quad D_a = \frac{I}{S_a} , \quad (17)$$

где  $D_k$  и  $D_a$  — катодная и анодная плотности тока, А/дм<sup>2</sup>;  $S_k$  и  $S_a$  — площади катода и анода, дм<sup>2</sup>.

В ряде случаев, например, если продукты реакции при электролизе остаются растворенными в электролите, важно знать силу тока, приходящуюся на единицу объема электролита. Эта величина называется *концентрацией тока*, или *объемной плотностью тока*, и определяется соотношением

$$i = \frac{I}{V} , \quad (18)$$

где  $I$  — сила тока, А;  $V$  — объем электролита, л;  $i$  — объемная плотность тока, А/л.

Если анод отделен от катода пористой перегородкой, то различают объемную плотность тока в катодном ( $i_k$ ) и анодном ( $i_a$ ) пространстве (католите и анолите) и тогда

$$i_k = \frac{I}{V_k} , \quad i_a = \frac{I}{V_a} , \quad (19)$$

где  $V_k$  и  $V_a$  — объемы католита и анолита соответственно.



Широкое применение законы Фарадея находят в прикладной электрохимии для нахождения количества осаждающегося при электролизе металла, толщины получаемых покрытий, продолжительности процесса электролиза и т. д.

В гальванотехнике, например, пользуются следующими формулами:

определение массы подлежащего осаждению металла

$$m = 10\delta v S, \quad (20)$$

определение массы осаждаемого металла в зависимости от времени электролиза, силы тока и выхода по току

$$m = \frac{c I t \eta}{100}, \quad (21)$$

определение толщины слоя металла, отлагаемого на катоде, в зависимости от плотности тока и времени электролиза

$$\delta = \frac{c D_k t \eta}{1000 v}, \quad (22)$$

определение времени, необходимого для получения слоя определенной толщины при данной плотности тока,

$$t = \frac{\delta v \cdot 1000}{c D_k \eta}, \quad (23)$$

определение силы тока, необходимой для получения слоя определенной толщины в заданное время,

$$I = \frac{\delta v \cdot 1000}{c t \eta}, \quad (24)$$

определение выхода по току

$$\eta = \frac{m}{c I t} \cdot 100. \quad (25)$$

В формулах (20) — (25) приняты следующие обозначения:  $m$  — масса металла, г;  $c$  — электрхимический эквивалент, г/А·ч;  $I$  — сила тока, А;  $t$  — время электролиза, ч;  $\eta$  — выход по току, %;  $D_k$  — катодная плотность тока, А/дм<sup>2</sup>;  $\delta$  — толщина слоя покрытия, мм;  $v$  — плотность осаждаемого металла, кг/м<sup>3</sup>;  $S$  — поверхность, подлежащая покрытию, дм<sup>2</sup>.

Формулы (21) и (25) отличаются от формулы (14) наличием в них выхода по току в данных условиях электролиза; формулы (22) и (23) получены из равенства правых частей формул (20) и (21) с учетом формулы (17).

Перейдем теперь к решению ряда типовых задач и примеров, основанных на законах электролиза.

1. Найти массу олова, осажденного на поверхности размером 15 дм<sup>2</sup>, толщиной слоя 0,015 мм.

Подставляя в формулу (20) приведенные в условиях задачи значения толщины слоя олова, размер поверхности и плотности олова 7,3, получим

$$m = 10\delta v S = 10 \cdot 0,015 \cdot 7,3 \cdot 15 = 16,425 \text{ г.}$$

2. Найти массу осадка серебра, толщина слоя 0,01 мм, осажденного на изделиях с общей поверхностью 25 дм<sup>2</sup>.

Подставляя в формулу (20) данные из условий задачи и учитывая, что плотность серебра составляет 10,5, получим

$$m = 10\delta v S = 10 \cdot 0,01 \cdot 10,5 \cdot 25 = 26,25 \text{ г.}$$

3. Сколько меди выделится из раствора сернокислой меди при пропускании через ванну 125 Кл?

Согласно формуле (14)  $m = cQ$ . Подставляя вместо  $c$  значение электрохимического эквивалента меди — 0,329 мг/Кл и вместо  $Q$  — количество кулонов по условиям задачи, получим количество выделившегося металла

$$m = 0,329 \cdot 125 = 41,1 \text{ мг.}$$

4. Сколько металла выделится на 1 дм<sup>2</sup> поверхности изделия в никелевой ванне, если плотность тока  $D_k = 1,8$  А/дм<sup>2</sup>, продолжительность покрытия  $t = 0,75$  ч; выход по току  $\eta = 90\%$ , электрохимический эквивалент никеля  $c = 1,095$  г/А·ч.

Подставляя значение перечисленных величин в формулу (21), получим

$$m = \frac{1,095 \cdot 1,8 \cdot 0,75 \cdot 90}{100} = 1,35 \text{ г/см}^2.$$

5. Чему равна толщина слоя цинкового покрытия, полученного в течение 1,5 ч при плотности тока 0,75 А/дм<sup>2</sup> и при выходе по току 90%? Задача решается с помощью уравнения (22):

$$\delta = \frac{c D_k t \eta}{1000 v} = \frac{1,22 \cdot 0,75 \cdot 1,5 \cdot 90}{1000 \cdot 7} = 0,018 \text{ мм.}$$

6. При прохождении через ванну 53,6 А·ч электричества на катоде выделилось 200 г свинца. Найти выход по току.

По закону Фарадея при пропускании 26,8 А·ч на катоде должен выделиться 1 грамм-эквивалент (103,6 г) свинца, а 53,6 А·ч электричества должно выделить соответственно 2 грамм-эквивалента, т. е. 207,2 г свинца. Так как фактически выделившееся количество свинца составило 200 г, то выход по току равен отношению  $\frac{200}{207,2} = 0,965$ , или 96,5 %.

## § 7. ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ. РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Если погрузить какой-либо металл в раствор, содержащий соль этого металла, то происходит самопроизвольный переход ионов металла в раствор или из раствора на поверхность металла.

Направление этого перехода определяется соотношением энергии ионов металлов в кристаллической решетке металла и в растворе. Ионы переходят из той фазы, где они обладают большим запасом энергии. Последний зависит от природы металла, природы и состава раствора и, в частности, от концентрации соли металла в растворе.

В результате этого перехода поверхность металла оказывается заряженной относительно раствора. Знак заряда будет положи-

тельным, если имеет место переход ионов металла из раствора, и отрицательным, если преобладает переход ионов металла в обратном направлении. В первом случае поверхность металла будет содержать некоторое избыточное количество положительно заряженных ионов металла, а во втором — избыток электронов.

В обоих случаях на поверхности раздела металла с раствором электролита возникает скачок потенциала, т. е. потенциал металла относительно раствора.

Потенциал металла, устанавливающийся на его поверхности при погружении в раствор соли того же металла, называется *равновесным потенциалом* ( $\varphi_p$ ). Значение  $\varphi_p$  зависит от концентрации ионов металла в растворе  $C_M^{z+}$ . Эта зависимость приближенно выражается уравнением

$$\varphi_p = \varphi_0 + \frac{\theta}{z} \lg C_M^{z+}, \quad (26)$$

где  $\varphi_0$  — стандартный потенциал данного металла, равный равновесному потенциалу при  $C_M^{z+} = 1$ ;  $z$  — валентность металла;  $\theta$  — константа, зависящая от температуры и равная 0,058 при  $t = 25^\circ \text{C}$ .

Уравнение (26) выполняется наиболее точно в случае разбавленных растворов, когда величина  $C_M^{z+}$  мала. В более крепких растворах величина концентрации  $C_M^{z+}$  должна быть заменена активностью — сложной функцией концентрации, значение которой может быть найдено в специальных справочниках.

Некоторые окислы ( $\text{PbO}_2$ ,  $\text{MnO}_2$  и др.) могут, подобно металлам, служить электродным материалом. Причиной возникновения разности потенциалов на границе раздела окисел — раствор также является переход ионов из твердой фазы в жидкую либо в обратном направлении. Однако в данном случае в отличие от металлических электродов в переходе могут наряду с ионами металла участвовать также ионы водорода и гидроксиды. Равновесное значение потенциала устанавливается, когда окисный электрод и электролит находятся в равновесии в отношении всех видов ионов, участвующих в электродной реакции.

Измерение потенциалов может быть проведено относительно электродов, потенциал которых ( $\varphi$ ) известен. Такие электроды называются *электродами сравнения*. Для измерений составляется цепь из электрода с неизвестным потенциалом ( $\varphi_x$ ) и электрода сравнения. Такая цепь называется *гальванической ячейкой*, или *гальваническим элементом*. Электродвижущая сила гальванической ячейки ( $E$ ) определяется уравнением

$$E = \varphi_x - \varphi,$$

откуда

$$\varphi_x = E + \varphi.$$

Измерив значение  $E$  и зная  $\varphi$ , можно рассчитать потенциал

исследуемого электрода ( $\varphi_x$ ). В качестве электрода сравнения может быть использован водородный электрод, потенциал которого условно принят равным нулю.

Одна из конструкций водородного электрода показана на рис. 1. Сосуд наполняют 1,8 н раствором серной кислоты. В раствор погружают платиновую пластинку, предварительно покрытую губчатой платиной (так называемой платиновой чернью). Платина омывается пузырьками водорода, непрерывно поступающими в сосуд под избыточным давлением  $\approx 100$  кПа. В табл. 3 приведены значения стандартных потенциалов металлов, используемых в химических источниках тока, измеренных относительно водородного электрода, а также соответствующие окислительно-восстановительные реакции. Последовательность значений стандартных потенциалов носит название *ряда напряжений*.

Необходимо отметить, что если потенциал металла в растворе равен равновесному значению, определяемому формулой (26), то на поверхности раздела металла с раствором наблюдается равновесие между ионами металла в растворе и в кристаллической решетке металла. Если сместить потенциал от равновесного значения в положительную сторону, то начинается растворение (окисление) электрода. При изменении же потенциала в отрицательную сторону происходит выделение металла из раствора вследствие разряда (восстановления) ионов металла.

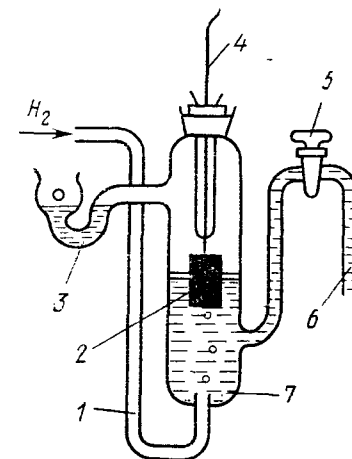


Рис. 1. Водородный стандартный электрод:

1 — трубка для подачи водорода, 2 — платиновый электрод, 3 — трубка для отвода водорода, 4 — внешний провод, 5 — кран, 6 — сифон; 7 — раствор, содержащий ионы водорода

Таблица 3

Ряд напряжений		
Материалы электрода	Электродная реакция	Стандартный потенциал, В
Цинк . . . . .	$\text{Zn} \rightleftharpoons \text{Zn}^{++} + 2e$	-0,76
Железо . . . . .	$\text{Fe} \rightleftharpoons \text{Fe}^{++} + 2e$	-0,44
Кадмий . . . . .	$\text{Cd} \rightleftharpoons \text{Cd}^{++} + 2e$	-0,40
Никель . . . . .	$\text{Ni} \rightleftharpoons \text{Ni}^{++} + 2e$	-0,25
Свинец . . . . .	$\text{Pb} \rightleftharpoons \text{Pb}^{++} + 2e$	-0,126
Водород . . . . .	$\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + 2e$	-0,00
Серебро . . . . .	$\text{Ag} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + e$	+0,80



Естественно, что чем менее отрицательное или более положительное значение имеет стандартный потенциал данного электрода, тем легче осуществить разряд ионов этого металла и выделение их из раствора.

Рассмотрим электролиз раствора, содержащего ионы серебра и меди с анодами из серебра и меди.

В процессе электролиза на катоде в первую очередь будут разряжаться наиболее электроположительные ионы, т. е. в данном случае ионы серебра. Ионы же меди начнут выделяться на катоде только после удаления из раствора всех ионов серебра.

На аноде, наоборот, в первую очередь растворится медь, так как ее потенциал (+0,34 В) менее положителен, чем потенциал серебра (+0,80 В).

Подбором ряда условий, затрудняющих выделение водорода, удастся выделить из водных растворов также металлы, нормальный потенциал которых гораздо отрицательнее водорода (никель, цинк, железо).

Однако ионы алюминия (—1,7 В) или магния (—1,87 В) ни при каких условиях не могут разряжаться из водных растворов.

## § 8. ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ

Прохождение тока через границу металл — электролит обычно сопровождается отклонением потенциала электрода от его равновесного значения. Это явление называется *поляризацией*. Различают два вида поляризации: концентрационную и химическую.

**Концентрационная поляризация.** Физическая сущность концентрационной поляризации может быть показана на примере электролиза раствора азотнокислого серебра с серебряными электродами. До включения тока потенциалы обоих электродов равны равновесному значению. Прохождение тока через такую ячейку вызовет увеличение концентрации ионов серебра у анода вследствие растворения анода и уменьшение у катода, где происходит выделение серебра из раствора.

В результате этого потенциал анода смещается в положительную сторону, а потенциал катода — в отрицательную в соответствии с уравнением (26), т. е. возникает концентрационная поляризация. Образуется так называемый концентрационный элемент, э. д. с. которого направлена против приложенного напряжения.

При отсутствии концентрационного элемента для прохождения тока силой  $I$  ампер достаточно было бы напряжение  $E$ , равное

$$E = IR, \quad (27)$$

где  $R$  — сопротивление электролита.

Уравнение (27) справедливо только в том случае, когда равновесные потенциалы обоих электродов равны. Если же электроды изготовлены из разных материалов и равновесные их потенциалы

не одинаковы, то для электролиза (в отсутствии концентрационной поляризации) потребуется напряжение  $E_1$ , равное

$$E_1 = \varphi_a - \varphi_k + IR, \quad (28)$$

где  $\varphi_a$  и  $\varphi_k$  — потенциалы анода и катода соответственно.

Э. д. с. концентрационного элемента ( $E_k$ ) равна

$$E_k = \Delta\varphi_a - \Delta\varphi_k, \quad (29)$$

где  $\Delta\varphi_a$  и  $\Delta\varphi_k$  — смещение потенциала анода и катода от равновесного значения в результате изменения концентрации ионов металлов в приэлектродных пространствах.

Для ведения электролиза при наличии концентрационной поляризации напряжения  $E$  и  $E_1$  должны быть увеличены на величину  $E_k$ .

Обозначив их значения соответственно индексами, означающими поляризацию, получим

$$nE = E + E_k = IR + \Delta\varphi_a - \Delta\varphi_k, \quad (30)$$

$$nE_1 = E_1 + E_k = \varphi_a - \varphi_k + IR + \Delta\varphi_a - \Delta\varphi_k, \quad (31)$$

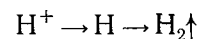
$$nE_1 = n\varphi_a - n\varphi_k + IR. \quad (32)$$

Здесь  $nE$  и  $nE_1$  — соответствующие значения напряжения с учетом концентрационной поляризации.

Уравнение (32) показывает, что возникновение концентрационной поляризации вызывает увеличение напряжения, которое необходимо приложить к электродам для проведения электролиза.

Для уменьшения концентрационной поляризации применяют специальные меры, направленные к увеличению скорости подачи электролита из толщи раствора к электродам и отвода его от приэлектродных пространств. Положительное влияние в этом направлении оказывает повышение температуры электролита, так как при этом возрастает скорость диффузии ионов, а также интенсивное перемешивание электролита, осуществляемое различными способами.

**Химическая поляризация.** Электродная реакция обычно состоит из ряда стадий. Например, реакция выделения водорода при электролизе может быть представлена следующей схемой



Ион водорода разряжается на катоде, т. е. взаимодействует с электроном, и переходит в атомарное состояние. Затем два атома водорода объединяются в молекулу. Наконец, молекулы водорода, собираясь на поверхности электрода, отрываются и уходят с его поверхности в виде пузырьков газа.

Как уже отмечалось выше, прохождение тока через электроды вызывает сдвиг потенциалов анода и катода от равновесных значений. Одной из причин этого явления служит концентрационная поляризация, рассмотренная в предыдущем разделе. Другой

важной причиной возникновения поляризации служит затрудненность процесса разряда ионов, т. е. стадии взаимодействия ионов с электронами и превращения в нейтральные атомы.

Смещение потенциала, связанное с затрудненностью разряда, называется химической или электрохимической поляризацией.

Химическую поляризацию характеризуют величиной перенапряжения ( $\eta$ ), равной в случае катодных процессов разности равновесного потенциала электрода ( $\varphi_p$ ) и значения потенциала при данной плотности тока ( $\varphi$ )

$$\eta = \varphi_p - \varphi. \quad (33)$$

Рассмотрим химическую поляризацию на примере процесса разряда водорода.

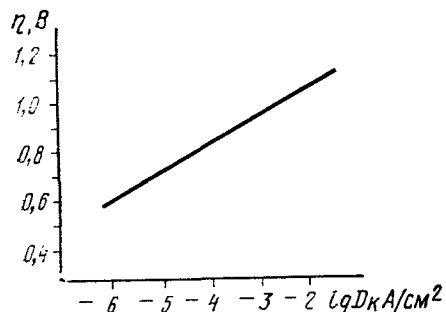


Рис. 2. Зависимость электрохимической поляризации от плотности тока

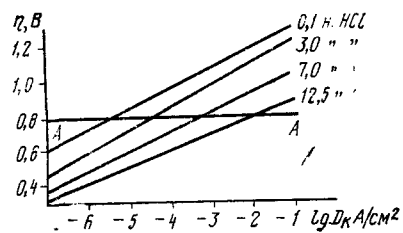


Рис. 3. Зависимость перенапряжения водорода на ртутном электроде от плотности тока в концентрированных растворах соляной кислоты

Перенапряжение водорода зависит от природы металла катода, плотности тока, температуры и состава раствора.

Зависимость перенапряжения водорода от плотности тока дается уравнением Тафеля

$$\eta = a + b \lg D_k, \quad (34)$$

где  $a$  — постоянная, зависящая от природы катода и состава раствора и равная величине перенапряжения при плотности тока, равной  $1 \text{ A/cm}^2$ ;  $D_k$  — плотность тока,  $\text{A/cm}^2$ ;  $b$  — постоянная, зависящая в основном только от температуры, равная при  $25^\circ \text{C}$   $0,11$ — $0,12 \text{ В}$ .

Значения  $a$  для свинца, цинка и меди в однонормальном растворе серной кислоты соответственно равны:  $1,56$ ,  $1,24$  и  $0,80 \text{ В}$ . Уравнение (34) показывает, что зависимость перенапряжения водорода от логарифма катодной плотности тока выражается прямой линией (рис. 2).

Зависимость перенапряжения водорода на ртутном катоде от концентрации соляной кислоты показана на рис. 3. Из рисунка видно, что с увеличением концентрации кислоты перенапряжение

падает. Так, например, при плотности тока  $10^{-4} \text{ A/cm}^2$  перенапряжение водорода для  $0,1 \text{ N HCl}$  составляет  $1,0 \text{ В}$ , а для  $12,5 \text{ N HCl}$  —  $0,5 \text{ В}$ .

Следовательно, при одном и том же потенциале (например, при  $\eta = 0,8 \text{ В}$ ) по мере увеличения концентрации кислоты скорость выделения водорода, т. е. величина  $D_k$ , будет увеличиваться. Зависимость перенапряжения водорода от рН раствора показана на рис. 4. Как видно из рисунка, в кислых растворах перенапряжение

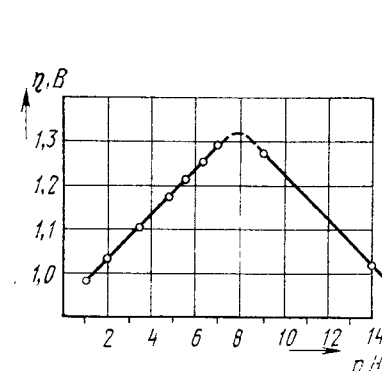


Рис. 4. Зависимость перенапряжения водорода на ртутном электроде от рН раствора при плотности тока  $1 \cdot 10^{-4} \text{ A/cm}^2$

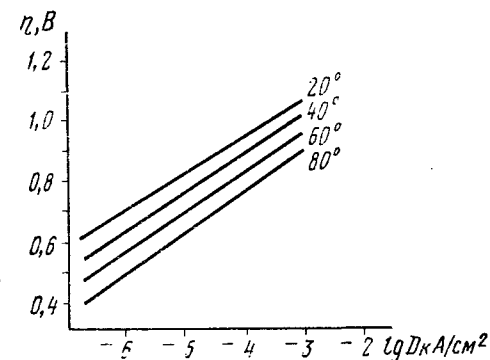


Рис. 5. Зависимость перенапряжения водорода на ртутном электроде от плотности тока в растворах серной кислоты при различных температурах

водорода с повышением рН раствора увеличивается, а в щелочных — уменьшается. Изменение перенапряжения при изменении рН на единицу составляет  $\sim 58 \text{ мВ}$ .

Величина водородного перенапряжения снижается с повышением температуры. Это видно из рис. 5, где приведены данные, относящиеся к ртутному катоду в  $0,25 \text{ N}$  растворе  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Температурный коэффициент для металлов с высоким значением водородного перенапряжения (например, для ртути, свинца, кадмия, цинка) при средних значениях плотности тока (порядка  $10^{-3}$ — $10^{-5} \text{ A/cm}^2$ ) составляет  $2$ — $4 \text{ мВ}$  на  $1^\circ$ .

Явление перенапряжения водорода имеет важное значение в прикладной электрохимии.

Если выделение водорода является главной целью данного процесса (например, при электролизе воды), то желательно иметь минимальное значение  $\eta$ , так как рост перенапряжения связан с увеличением рабочего напряжения и, следовательно, с дополнительным расходом электроэнергии.

Существует, однако, много процессов, где высокое перенапряжение водорода очень желательно. Это относится к электродным процессам, где выделение водорода является побочным процессом.

В этом случае высокое значение  $\eta$  уменьшает скорость выделения водорода и повышает выход по току для основного процесса.

Иногда же благодаря высокому перенапряжению водорода становятся возможными и процессы, которые без этого не могли бы иметь место, например электролиз раствора  $ZnSO_4$  с целью выделения цинка; зарядка свинцового аккумулятора и др. Таким образом, практика нуждается в электродах с высокими и низкими значениями перенапряжения выделения водорода, и задача инженерно-технических работников состоит в том, чтобы умело использовать закономерности реакции выделения водорода.

Электрохимическая поляризация (перенапряжение) в той или иной мере свойственна многим электродным процессам, встречающимся, в частности, в гальванической практике.

Так, опытным путем установлено, что выделение из растворов и переход в раствор ионов цинка, ртути, кадмия, серебра в растворах простых солей этих металлов происходит правда с малым, но все же заметным перенапряжением. Выделение же из растворов и переход в раствор ионов железа, никеля и кобальта сопровождается очень большой поляризацией.

В заключение необходимо отметить, что наблюдающаяся на практике величина поляризации является суммарным результатом сдвига потенциала, вызванного как концентрационными изменениями, так и замедленностью отдельных стадий собственно электродного процесса.

#### § 9. ОДНОВРЕМЕННОЕ КАТОДНОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛА И ВОДОРОДА

Нанесение гальванических покрытий относится к числу процессов, для которых желательно иметь высокое значение перенапряжения водорода, так как в этом случае, как уже указывалось, скорость выделения водорода заметно уменьшается, а коэффициент использования тока (выход металла по току) повышается.

Важную роль водородного перенапряжения для процессов электроосаждения металлов можно проиллюстрировать следующим примером.

Рассмотрим процесс осаждения цинка и кадмия из нейтральных растворов сернокислых солей этих металлов. Равновесные потенциалы цинка и кадмия в соответствующих растворах равны  $-0,76$  и  $-0,4$  В. Равновесный потенциал водородного электрода в этих растворах равен приблизительно  $-0,4$  В.

Если бы выделение водорода на цинке и кадмии из этих растворов не сопровождалось заметным перенапряжением, то потребляемый при электролизе ток в ванне с сернокислым цинком полностью расходовался бы на выделение водорода, а в ванне с сернокислым кадмием на выделение металла расходовалось бы лишь  $\sim 50\%$  тока.

Но в действительности ввиду того, что выделение водорода на цинке и кадмии связано с высоким значением перенапряжения, использование тока на выделение этих металлов из соответствующих растворов достигает довольно высоких значений ( $>90\%$ ).

Рассмотрим теперь различные случаи совместного выделения металла и водорода в зависимости от хода изменения значений их потенциалов в процессе электролиза. Это удобно сделать с помощью кривых плотность тока — катодный потенциал.

На практике могут наблюдаться следующие случаи:

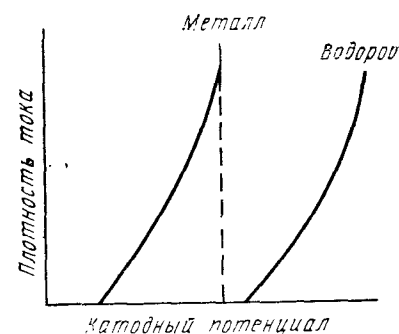


Рис. 6. Зависимость катодных потенциалов ионов металла и водорода от плотности тока при выделении только металла

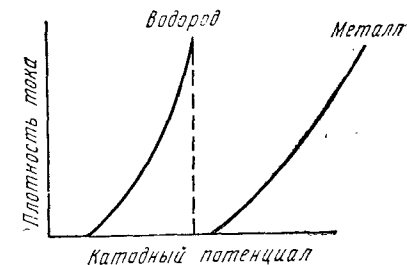


Рис. 7. Зависимость катодных потенциалов ионов металла и водорода от плотности тока при выделении только водорода

потенциал металла при всех значениях плотности тока положительнее, чем потенциал выделения водорода (рис. 6). Этот случай имеет место при электроосаждении серебра, меди, свинца и некоторых других электроположительных металлов, потенциалы выделения которых значительно отличаются от потенциала выделения водорода. Выход по току при осаждении указанных металлов достигает  $100\%$ , т. е. электролиз протекает без выделения водорода;

потенциал выделения водорода более положителен при всех значениях плотности тока, чем потенциал, при котором происходит выделение металла (рис. 7). Данный случай противоположен предыдущему и характерен для электроотрицательных металлов (магний, алюминий и др.), осаждение которых из водных растворов невозможно, так как в указанных условиях выделяется только водород;

потенциал металла остается более положительным, чем потенциал выделения водорода при сравнительно малых значениях плотностей тока, но, начиная с некоторого значения плотности тока, катодный потенциал становится отрицательнее потенциала выделения водорода. В этом случае при тех плотностях тока, при которых катодный потенциал не достигает потенциала выделения водорода, выделяется только металл. При тех же плотностях тока,

при которых катодный потенциал более отрицателен, чем потенциал выделения водорода, выделяются совместно металл и водород в количествах, пропорциональных плотностям тока  $d_M$  и  $d_{H_2}$  (рис. 8); потенциал металла, начиная с некоторых значений плотности тока, становится более отрицательным, чем потенциал водорода (рис. 9).

В точке пересечения поляризационных кривых металл и водород выделяются в эквивалентных количествах. При меньших плотностях тока преобладает металл, а при больших — водород.

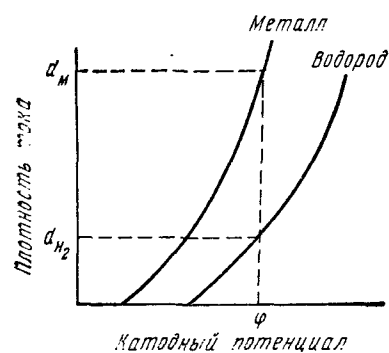


Рис. 8. Зависимость катодных потенциалов ионов металла и водорода от плотности тока при преимущественном выделении металла

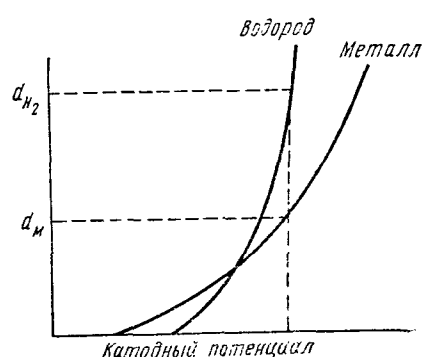


Рис. 9. Зависимость катодных потенциалов ионов металла и водорода от плотности тока при преимущественном выделении водорода

В заключение надо отметить, что приведенные в данном параграфе рассуждения в равной мере относятся и к одновременному (совместному) выделению двух металлов, не образующих между собой твердого раствора или химического соединения.

В том случае когда осаждающиеся совместно металлы образуют твердый раствор, потенциал выделения ионов обоих металлов может оказаться менее отрицательным, чем потенциал более отрицательного металла. При этом преимущественно выделяется более положительный металл, но с увеличением плотности тока катодный потенциал становится все более отрицательным и в осадке увеличивается относительное количество более отрицательного металла. Так, например, из растворов, содержащих цинк и никель, одновременное осаждение этих металлов происходит вследствие образования сплава этих двух металлов.

## § 10. КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ

Термин *коррозия* означает разрушение металлов и сплавов вследствие химического или электрохимического воздействия внешней среды. В соответствии с этим различают химическую и электрохимическую коррозию.

Под *химической коррозией* подразумеваются такие процессы разрушения металлов внешней средой, которые не сопровождаются прохождением через систему электричества. Химическая коррозия наблюдается, в частности, при действии на металл сухих газов при высоких температурах и жидких неэлектролитов (бензин, керосин, масла, растворы неорганических веществ в органических растворителях и т. д.).

*Электрохимическая коррозия* охватывает такие процессы коррозии, при которых разрушение металла сопровождается протеканием через систему электрического тока. Этот вид коррозии наблюдается при действии на металлы жидких электролитов или их паров.

Коррозионные разрушения по своему характеру классифицируются следующим образом:

*сплошная коррозия* — относительно равномерное разрушение металла по всей поверхности. Примером данного вида коррозии может служить ржавление железа на воздухе;

*местная коррозия* или *коррозия пятнами* — разрушение охватывает лишь отдельные участки поверхности металла.

Коррозионное пятно в сечении может иметь относительно одинаковую глубину или местами более глубокие впадины. Этот вид местной коррозии является особенно опасным, так как может привести к излому детали.

Если коррозионное пятно занимает относительно малую площадь и простирается в основном в глубину, такой вид коррозии пятнами выделяется в отдельную группу и называется *питтингом* или *коррозионной язвой*.

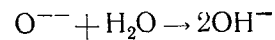
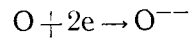
Если эти язвы проходят почти насквозь через толщу металла, коррозия называется *перфорирующей*. Данный вид коррозии встречается у листовых материалов.

Процесс электрохимической коррозии представляется следующим образом. Поверхность металла или сплава при соприкосновении с раствором или влагой самопроизвольно поляризуется, причем потенциал поверхности на различных участках оказывается разным. Благодаря этому на поверхности металла или сплава возникают многочисленные гальванические элементы. В результате действия этих элементов происходит растворение отдельных участков поверхности, служащих анодами гальванических элементов.

Возникновение разности потенциалов на поверхности металлов и сплавов происходит как вследствие физико-химической неоднородности самого металла, так и корродирующей среды. Примерами такой неоднородности являются сплавы, полученные совместным плавлением различных металлов, окислы и загрязнения на поверхности образца, напряженные участки, места деформирования в холодном состоянии, разность концентрации компонентов сплава и электролита на различных участках поверхности и т. д. Эти представления об электрохимической коррозии получили название *теории местных элементов*.

Коррозия представляется как результат работы гальванических элементов, возникающих на поверхности корродирующего образца. При этом на аноде происходит процесс окисления — переход металла в раствор, на катоде — взаимодействие ионов водорода с избыточными электронами, пришедшими сюда от анода, образование молекул водорода и уход их в атмосферу.

В присутствии кислорода воздуха, частично растворенного в электролите, на катоде возможен процесс восстановления кислорода, протекающий по схеме



Таким образом, электрохимическая коррозия состоит в протекании окислительно-восстановительных реакций на металле. Корродирующий участок поверхности металла (анод) окисляется (растворяется), и одновременно с этим процессом на катоде происходит восстановление (выделение) водорода, кислорода или другого вещества из раствора.

Для протекания электрохимической коррозии необходимо различие потенциалов анода  $\varphi_a^0$  и катода  $\varphi_k^0$  при отсутствии тока в цепи микроэлемента, т. е.

$$\varphi_a^0 \neq \varphi_k^0.$$

Коррозионный процесс может протекать при условии, что

$$\varphi_a < \varphi_{H_2} \text{ или } \varphi_a < \varphi_{O_2},$$

т. е. потенциал анода меньше, чем потенциал выделения водорода или восстановления (ионизации) кислорода в данных условиях.

В заключение необходимо отметить, что согласно современным представлениям переход металла в раствор в результате коррозии может протекать непрерывно и для него не требуется обязательного наличия катодов, как самостоятельных фаз. Иными словами, коррозия совершенно чистого и однородного по составу металла возможна и без работы местных гальванических элементов.

Необходимо, однако, подчеркнуть, что наличие микроэлементов существенно ускоряет коррозионный процесс.

#### Контрольные вопросы

1. Какая разница между удельной, эквивалентной и молекулярной электропроводимостью?
2. Что такое ионное произведение воды и чему оно равно?
3. Расскажите об устройстве медного кулометра.
4. Напишите формулу для определения массы осажденного металла в зависимости от продолжительности электролиза, силы тока и выхода по току.
5. Напишите формулу для определения продолжительности электролиза, необходимой для получения заданной толщины покрытия при данной плотности тока.

Электрохимические (гальванические) покрытия на аккумуляторных заводах применяются довольно широко. Так, например, на заводах свинцовых аккумуляторов производится свинцевание решеток отрицательных электродов, изготовленных из перфорированной медной ленты или из обычного свинцово-сурьмянистого сплава. Назначение данного покрытия — повысить потенциал выделения водорода на электроде и уменьшить тем самым скорость газовой выделенности. Кроме того, свинцевание в случае применения медных решеток препятствует растворению меди и загрязнению электролита ионами этого металла. На заводах никель-кадмиевых и никель-железных щелочных аккумуляторов широкое применение находит процесс никелирования. Данному покрытию подвергаются: стальные аккумуляторные сосуды, ламельная лента, борны и детали крепления электродов и аккумуляторов.

На заводах, выпускающих серебряно-цинковые источники тока, применяются: никелирование, кадмирование, цинкование и серебрение. Первые три вида покрытия наносят на токоотводы отрицательных электродов некоторых типов серебряно-цинковых источников тока в качестве промежуточного покрытия, а цинк — в качестве электрохимически активного материала.

Токоотводы положительных электродов этих же типов источников тока покрывают серебром. Токоведущие детали крепления упомянутых источников тока (борны, гайки, шайбы, межэлементные соединения и т. д.) также подвергают серебрению.

Таким образом, на всех аккумуляторных заводах электрохимические покрытия занимают важное место в технологии и поэтому необходимо в данном руководстве уделить некоторое внимание практике нанесения этих покрытий и применяемому для этих целей оборудованию.

#### ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

##### § 11. ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ЭЛЕКТРОЛИЗА

Плотность тока. Большое влияние на свойства электрохимических покрытий оказывает плотность тока. При малых значениях этой величины концентрационные изменения вблизи катода не оказывают существенного влияния на процесс электрокристаллизации, и рост образовавшихся зародышей кристаллов происходит беспрепятственно. В итоге получают осадки, состоящие из отдельных крупных кристаллов.

При переходе к большим значениям плотности тока концентрационные изменения вблизи катода становятся настолько ощутимыми

ми, что это приводит к резкому изменению процесса электролиза. Повышение плотности тока ведет к уменьшению концентрации ионов осажденного металла у поверхности катода, что в свою очередь приводит к большому сдвигу потенциала катода. Благодаря этому создаются условия, при которых на катоде образуются осадки мелкокристаллической структуры. Таким образом, повышение плотности тока способствует получению мелкокристаллических осадков.

Однако плотность тока нельзя повышать неограниченно, так как после достижения некоторого предельного значения наряду с осажденным металлом на катоде интенсивно начинают выделяться другие вещества, например водород.

Осадок может получаться рыхлым, деидритообразным или губчатым: выход металла по току резко падает. Оптимальное значение плотности тока для каждого вида покрытия подбирается опытным путем с учетом конкретных условий электролиза (температура электролита, перемешивание электролита, влияние изменения направления тока и т. д.).

Температура электролита. Повышение температуры влечет за собой ряд изменений: увеличивается растворимость солей, увеличивается электропроводность раствора, уменьшается пассивация анодов и т. д. Кроме того, изменяется потенциал разряда ионов (снижается перенапряжение выделения водорода и металла). Так как каждое из этих изменений в свою очередь влияет на качество осадков, то воздействие температуры оказывается сложным и в различных условиях электролиза проявляется по-разному.

Однако в качестве общего положения можно отметить, что повышение температуры, улучшая условия диффузии ионов и уменьшая перенапряжение, снижает катодную поляризацию и тем самым способствует образованию осадков крупнокристаллической структуры. Это нежелательное для практики влияние повышения температуры на структуру покрытия может быть компенсировано применением более высоких плотностей тока. В итоге повышается интенсивность работы ванны, поэтому в гальваностегии электролиз часто ведется при повышенных температурах.

Перемешивание электролита. Перемешивание электролита благодаря увеличению скорости диффузии уменьшает концентрационную поляризацию и ведет к образованию осадков более крупнокристаллической структуры.

Однако перемешивание вместе с тем позволяет применять более высокие плотности тока, что, как уже отмечалось, оказывает обратное перемешиванию действие на ход электроосаждения.

В ваннах, где перемешивается электролит, при правильном подборе температуры электролита и плотности тока возможно получение плотных мелкокристаллических осадков. Поскольку же на практике выгодно работать с большими плотностями тока, то часто предпочитают работать с перемешиванием, чтобы повысить плотность тока. При этом чем выше предполагаемая плотность тока, тем интенсивнее должно быть перемешивание электролита.

Влияние изменения направления тока. Периодическим изменением направления тока (реверсирование тока) при условии, что продолжительность пребывания покрываемых изделий в качестве анодов в десятки раз меньше, чем продолжительность пребывания их на катоде, можно получить осадки мелкокристаллической структуры.

## § 12. ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЭЛЕКТРОЛИТА

Влияние концентрации ионов металла. Уменьшение концентрации ионов осаждаемого металла в электролите способствует образованию мелкокристаллических осадков.

Не следует, однако, думать, что удовлетворительные осадки могут быть получены при любом способе снижения концентрации ионов осаждаемого металла в электролите, например при простом разбавлении. Чрезмерное разбавление приводит к ухудшению качества осадков, которые обычно получают рыхлыми (например, медь) или игольчатыми (например, свинец). Получение покрытия удовлетворительного качества возможно только из таких растворов, в которых при малой концентрации свободных катионов осажденного металла имеется достаточно высокая концентрация этого металла в виде недиссоциированных молекул или комплексных ионов, служащих резервом, пополняющим убыль катионов в процессе электролиза. Примером таких растворов служат цианистые электролиты, нашедшие благодаря высокому качеству получающихся покрытий широкое распространение в гальванотехнике.

Влияние добавок. Существует ряд веществ, преднамеренное или случайное попадание которых в гальванические ванны оказывает очень сильное влияние на свойства катодных осадков, хотя количество их в электролите может быть ничтожно малым. Обычно эти вещества относят к классу органических соединений, преимущественно (хотя и не всегда) с большой молекулярной массой. Особенно выделяются среди них такие, которые образуют коллоидные или полукolloидные растворы.

Наиболее часто применяют следующие добавки:

в электролит для никелирования — нафталин-дисульфокислоту, сероуглерод, мочевины;

в электролит для цинкования — нафталин-дисульфокислоту, декстрин, гуммиарабик, фенол;

в электролит для кадмирования — крезол, желатину, пептон, клей, сульфокислоты;

в электролит для свинцевания — сульфокислоты, пептон, клей, сероуглерод, фенол, крезол, резорцин.

Концентрация добавки и способ ее введения оговариваются в соответствующих производственных инструкциях.



### § 13. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКА НА КАТОДЕ

Рассеивающая способность электролитов. Одним из основных требований, предъявляемых к качеству гальванических покрытий, является равномерность распределения осадка металла, т. е. одинаковая толщина слоя покрытия по всей поверхности покрываемых изделий.

Толщина покрытия определяется по формуле (22), однако в действительности она никогда не бывает одинаковой по всей поверхности и расчет по формуле дает представление лишь о средней толщине осадка.

На практике толщина покрытия на краях и в углах гораздо больше, чем на средней части поверхности катода, причем степень неравномерности зависит от многих факторов, в том числе от природы электролита и осаждаемого металла, а также от режима электролиза.

Неодинаковая толщина покрытия указывает на неравномерное распределение тока на поверхности катода.

Неравномерность распределения тока и, следовательно, толщины покрытия увеличивается при переходе к профилированным катодом. В таких случаях особенно высокие плотности тока устанавливаются на тех участках катода, которые расположены ближе к аноду; на сильно удаленных от анода участках, наоборот, плотность тока окажется сильно пониженной, иногда эти участки могут вообще остаться непокрытыми. Однако существуют электролиты, способные и без всяких дополнительных приемов давать осадки равномерной толщины даже в сравнительно неблагоприятных условиях.

Способность электролита давать равномерные по толщине покрытия на катодах сложной формы характеризуется величиной, которая называется рассеивающей способностью ванны. Наибольшей рассеивающей способностью обладают цианистые электролиты и щелочной электролит лужения, а наименьшей — хромовый электролит.

Искусственные приемы улучшения равномерности распределения тока. Для получения равномерного покрытия кроме выбора соответствующего состава электролита и режима работы на практике применяется ряд искусственных (механических) приемов, которые улучшают распределение тока на поверхности катода. С металлами, для которых не удается подобрать ванны с хорошей рассеивающей способностью, применение этих специальных мер особенно необходимо.

Важнейшие из приемов, используемых для получения равномерного покрытия, следующие:

применение дополнительных анодов, примерно повторяющих форму покрываемых изделий; расстояние между различными участками катода и соответствующими участками анода при этом получается одинаковым, а покрытие — более равномерным;

применение дополнительных защитных катодов, расположенных

вблизи выступающих частей покрываемых изделий, которые принимают на себя часть тока, устраняет образование на этих участках «загаров» или дендритов и способствует получению равномерных покрытий;

применение непроводящих щитов или экранов, помещенных между выступающими участками катода и анодом, заметно увеличивает протяженность соединяющих их силовых линий и тем самым снижает плотность тока на них. Равномерность покрытия при этом увеличивается.

### МЕХАНИЧЕСКАЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ИЗДЕЛИЙ ПЕРЕД ПОКРЫТИЕМ

Получение доброкачественных покрытий, а также прочное сцепление их с основным металлом деталей могут быть обеспечены только при тщательной подготовке поверхностей к нанесению металлических покрытий.

Различают следующие методы подготовки поверхности металлических деталей перед нанесением покрытий: механическую, химическую и электрохимическую.

Механическая подготовка заключается в шлифовании, полировании, галтовке, крацевании и пескоструйной обработке. Задачей механической подготовки является удаление неровностей, царапин, раковин, а также придание деталям в случае необходимости блестящей поверхности.

Задача химической и электрохимической подготовок — удаление жиров и масел (обезжиривание), удаление окислов, ржавчины или окалина (травление), удаление тончайшей пленки окислов и выявление структуры металла (декапирование, матирование), сглаживание неровностей и придание блеска поверхности деталей (электрохимическое полирование) и т. п.

Изделия, поступающие в гальванический цех аккумуляторного завода, как правило, не нуждаются в таких специальных видах механической подготовки, как шлифование и полирование, а подвергаются главным образом химической или электрохимической подготовке перед покрытием.

Иногда применяются лишь такие сравнительно простые методы механической подготовки, как галтовка, крацевание и пескоструйная обработка.

Химическая подготовка включает в себя такие операции, как обезжиривание, травление и декапировка, производимые химическим или электрохимическим методом.

### § 14. ГАЛТОВКА

Галтовка производится для удаления с поверхности металлических деталей различных загрязнений после травильных ванн, неровностей и заусенцев, а также для выравнивания поверхности мелких

деталей. Сущность галтовки состоит в обкатке деталей совместно с абразивными или полирующими материалами в барабанах или колоколах, вращающихся со скоростью  $\sim 10\text{--}50$  рад/с. Различают сухую и мокрую галтовку. При сухой галтовке детали обрабатываются сухими материалами, при мокрой — к ним добавляют 2—3% раствор каустической соды, серной кислоты или мыла. Мокрая галтовка производится перед покрытием, а сухая — для окончательной очистки поверхности. Продолжительность галтовки составляет несколько часов.

В качестве абразивного материала применяют: кварцевый песок, наждак, крокус и др.

На аккумуляторных заводах галтовке подвергают гайки, болты, шайбы и другие металлические изделия перед их никелированием.

## § 15. КРАЦЕВАНИЕ

*Крацеванием* называется операция очистки поверхности деталей при помощи щеток, которые обычно монтируются на валу мотора или станка. Иногда крацевание производят ручными щетками. Крацевание предназначено для очистки деталей от травильных осадков, заусенцев и разрыхленной окалины. В этих случаях крацевание производят сухими щетками. Мокрое крацевание применяют для улучшения внешнего вида некоторых гальванических покрытий.

При крацевании вращающиеся щетки должны касаться деталей только кончиками проволоки, так как при сильном прижиге деталей к щеткам увеличивается съём металла и изгибается проволока.

Для изготовления щеток применяют стальную, медную или латунную проволоку. Иногда пользуются щетками из щетины или травы. Чем больше диаметр щеток и окружная частота их вращения, тем тоньше должна быть проволока.

На аккумуляторных заводах крацеванию подвергают стальные сосуды после их травления перед никелировкой.

## § 16. ПЕСКОСТРУЙНАЯ ОБРАБОТКА

*Пескоструйная обработка* — это очистка поверхности деталей струей песка, подаваемого с большой скоростью на обрабатываемую поверхность при помощи сжатого воздуха, пескоструйного аппарата или жидкости.

Пескоструйная очистка может применяться для удаления окислов, окалины, старых покрытий и в ряде иных случаев, когда другие способы очистки не могут быть использованы (подготовка к покрытию больших поверхностей листового материала, стальных конструкций и др.).

Абразивный материал (металлический песок, чугунные опилки и др.), ударяясь с большой силой о поверхность деталей, очищает ее от всех загрязнений и придает ей равномерную шероховатость.

После очистки поверхность деталей становится матовой, покрытой большим количеством кратеров, способствующих прочному сцеплению покрытия с основным металлом.

Вместо кварцевого песка в настоящее время применяют металлический песок, стальную рубленую проволоку, чугунную дробь или опилки и т. п. Широко используют также так называемый гидроабразивный метод очистки.

Перед очисткой детали должны быть тщательно обезжирены и высушены. При наличии грубой окалины рекомендуется предварительное травление.

На производительность очистки оказывают влияние применяемый материал, давление воздуха, диаметр сопла и его расстояние от обрабатываемой поверхности, а также угол направления струи.

Очистку деталей производят в камерах и аппаратах различной конструкции. Мелкие детали могут быть очищены в барабанах, в которые под давлением подается абразивный материал.

После обработки металлическим песком или чугунными опилками поверхность деталей обдувают сжатым воздухом. Поверхность после пескоструйной очистки, являясь весьма активной, может быстро окисляться, поэтому между очисткой и дальнейшей обработкой деталей не должно быть большого перерыва (не более 2—3 ч).

В аккумуляторной промышленности гидropескоструйную обработку применяют для очистки стальных сосудов щелочных аккумуляторов перед их никелировкой.

## § 17. ОБЕЗЖИРИВАНИЕ

*Химическое обезжиривание.* Эта операция производится в органических растворителях (бензин, керосин) или в горячих щелочных растворах. Составы, применяемые для химического обезжиривания стальных, медных и алюминиевых деталей, приведены в табл. 4.

Входящие в данную таблицу препараты — контакт Петрова (ГОСТ 463—53), ОП-7, ОП-10 (ГОСТ 8433—57) — состоят из поверхностно-активных веществ. *Поверхностно-активными веществами* называются соединения, адсорбирующиеся на поверхности электродов (или других твердых поверхностях) и оказывающие влияние на скорость электродных процессов; их применение облегчает процесс удаления с поверхности деталей минеральных масел. Эти препараты называются также *эмульгаторами*. Применение эмульгаторов сокращает продолжительность обезжиривания и улучшает качество очистки. В ряде случаев использование эмульгаторов позволяет отказаться от предварительного обезжиривания в органи-

Составы растворов для химического обезжиривания

Компоненты	Содержание компонентов в растворах, г/л					
	для стальных деталей		для деталей из меди и ее сплавов		для деталей из алюминия и его сплавов	
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Едкий натр . . . . .	80—100	100—150	40—50	—	—	—
Углекислый натрий . . . . .	—	30—50	40—50	20—25	25—30	20—25
Тринатрийфосфат . . . . .	30—40	—	30—40	30—35	25—30	20—25
Жидкое стекло . . . . .	—	5—10	—	5—10	—	—
Контакт Петрова . . . . .	40—50	—	15—20	—	10—15	—
ОП-7 или ОП-10 . . . . .	—	—	—	5—10	—	5—10

ческих растворителях. Химическое обезжиривание производят при температуре 60—90° С, продолжительность обезжиривания зависит от степени загрязнения деталей и составляет примерно 10—60 мин. Для ускорения процесса обезжиривания применяют покачивание деталей или перемешивание растворов.

Электрохимическое обезжиривание. Эта операция производится в щелочных растворах при помощи постоянного, а иногда и переменного тока. В случае применения постоянного тока обезжиривание осуществляется как на катоде, так и на аноде. В процессе электролиза на поверхности деталей происходит интенсивное выделение пузырьков газа, облегчающих отрыв капелек масла от поверхности деталей, чем значительно ускоряется обезжиривание.

Составы растворов и режимы работы при электрохимическом обезжиривании некоторых металлов приведены в табл. 5.

Таблица 5

Составы растворов и режимы работы при электрохимическом обезжиривании

Компоненты и параметры режима	Содержание компонентов в растворах, г/л					
	для стальных деталей		для деталей из меди и ее сплавов		для деталей из алюминия и его сплавов	
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Едкий натр . . . . .	30—60	30—40	30—40	—	—	—
Углекислый натрий . . . . .	40—60	20—30	20—30	5—10	40—50	5—10
Тринатрийфосфат . . . . .	5—10	50—60	50—60	—	30—40	20—30
Жидкое стекло . . . . .	3—5	8—10	8—10	2—3	3—5	—
Плотность тока, А/дм <sup>2</sup> . . . . .	3—8	3—8	3—8	3—8	3—5	3—8
Напряжение, В . . . . .	6—10	6—10	6—10	6—10	6—10	6—10
Температура, °С . . . . .	60—80	60—80	60—80	60—80	60—80	60—80
Продолжительность, мин . . . . .	5—10	5—10	5—10	5—10	0,5	5—10

Химическое травление. Травление черных металлов производится с целью очистки поверхности от окисных соединений, образовавшихся в результате окисления на воздухе. В процессе травления происходит взаимодействие соответствующих окислов и гидроокисей железа с кислотой. Образующиеся продукты растворяются в травильном растворе. Травление черных металлов производится либо в серной, либо в соляной кислоте. Травление в серной кислоте более экономично, так как серная кислота дешевле соляной и травильный раствор может быть использован полнее. Преимущества травления в соляной кислоте состоят в том, что процесс может быть осуществлен без подогрева, поверхность металла менее разъедается. Продукты травления легко смываются и поверхность получается более светлая. В ряде случаев применяют растворы, состоящие из смеси серной и соляной кислот. При травлении используют присадки — регуляторы травления, которые ускоряют процесс травления и предотвращают разъедание самого металла.

В табл. 6 приводятся рецепты травильных растворов, применяемых для химического травления черных металлов.

Таблица 6

Составы растворов для химического травления черных металлов

Компоненты	Содержание компонентов в растворе, г/л		
	№ 1	№ 2	№ 3
Серная кислота . . . . .	70—100	200—250	100—150
Соляная кислота . . . . .	100—150	—	—
Хлористый натрий . . . . .	—	—	20—30
Присадка КС . . . . .	2—3	—	—
Присадка ЧМ . . . . .	—	3—5	—

Химическое травление цветных металлов может производиться как для окончательной отделки поверхности деталей с последующим лакированием, так и для подготовки поверхности к нанесению гальванических покрытий. Травление меди и ее сплавов осуществляется в смеси азотной кислоты с серной или соляной. При составлении травильного раствора нужно вначале налить в ванну азотную кислоту, а затем постепенно прибавить к ней серную, соляную кислоту (или хлористый натрий).

Для предварительного травления меди и ее сплавов применяются растворы следующего состава, г/л:

азотная кислота . . . . .	270—330
серная кислота . . . . .	630—670
соляная кислота . . . . .	4—5

Для глянцевого (окончательного) травления меди и ее сплавов применяют растворы состава, г/л:

азотная кислота . . . . .	80—100
серная кислота . . . . .	650—700
соляная кислота . . . . .	4—5

Травление меди и ее сплавов производится при комнатной температуре. Продолжительность процесса составляет 20—30 с для предварительного и 6—10 с для окончательного (глянцевого) травления.

Электрохимическое травление. Процесс травления деталей при помощи электрического тока называется *электрохимическим травлением*. Электрохимическое травление может вестись как на аноде, так и на катоде.

Анодное травление применяют для углеродистой и легированной сталей, но не рекомендуют для деталей сложной конфигурации и деталей с точными размерами. Катодное травление применяют главным образом для деталей из углеродистой стали. Состав ванн электрохимического травления приведен в табл. 7.

Таблица 7

Состав ванн электрохимического травления

Компоненты	Содержание компонентов в растворе, г/л			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Серная кислота . . . . .	200—250	100—150	280—320	50—60
Сернистое железо . . . . .	—	—	10—12	—
Соляная кислота . . . . .	—	—	—	25—30
Хлористый натрий . . . . .	—	—	—	15—20

Ванны № 1 и 2 используются для анодного травления, а № 3 и 4 — для катодного травления. Плотность тока при электрохимическом травлении черных металлов составляет от 3 до 10 А/дм<sup>2</sup>, температура электролитов № 1 и 3 равна 40—50° С, электролита № 2 — 18—25° С, а № 4 — 60—70° С. Продолжительность травления в ваннах № 1, 3 и 4 составляет 10—15 мин, а в ванне № 2 — 0,3—3 мин.

## § 19. ДЕКАПИРОВАНИЕ

*Декапированием* называется процесс удаления с поверхности металлических деталей тончайшего, зачастую незаметного для глаза, слоя окислов, которые могли образоваться в промежутках между операциями. При декапировании происходит одновременно легкое протравливание верхнего слоя металла и выявление кристаллической структуры металла, что благоприятствует прочному сцеплению покрытия с основой. Операция декапирования применяется непосредственно перед загрузкой деталей в ванны для нанесения покрытий. Декапирование производится химическим или электрохимическим путем. Электрохимическое декапирование осуществляется исключительно на аноде. Составы растворов для химического и электрохимического декапирования различных металлов и режимы работы ванн приведены в табл. 8.

Таблица 8

Составы растворов и режимы работы ванн при химическом и электрохимическом декапировании

Компоненты и параметры режима	Содержание компонентов в растворе, г/л			
	стали при декапировании		меди и ее сплавов при декапировании	
	химическом	электрохимическом	химическом	электрохимическом
Серная или соляная кислота . . . . .	30—50	700—800	—	—
Цианистый калий . . . . .	—	—	30—40	30—40
Углекислый калий . . . . .	—	—	—	20—30
Двухромовокислый калий . . . . .	—	20—30	—	—
Температура раствора, °С	18—25	18—25	18—25	18—25
Плотность тока, А/дм <sup>2</sup> . . . . .	—	5—10	—	5—10
Продолжительность обработки, с . . . . .	30—60	3—5	5—10	20—30

## § 20. ПРОМЫВКА

После каждой операции подготовки и нанесения гальванических покрытий детали должны тщательно промываться. Особое внимание следует уделять тому, чтобы в гальванические ванны не попадали следы обезжиривающих, травильных и декапировочных растворов. Для промывки рекомендуется пользоваться проточной водой, которая должна подаваться снизу и сливаться из верхней части промывочного бака или ванны. Скорость смены проточной воды 1—3 объема в час. Промывку нужно производить в течение 1—3 мин (особенно после травления) для тщательного удаления из пор остатков кислоты. Качество промывки может быть улучшено перемешиванием воды сжатым воздухом.

После обезжиривания промывку следует осуществлять сначала в горячей, затем в холодной воде. Хорошо обезжиренная поверхность должна равномерно покрываться водой. После декапирования детали, подлежащие покрытию в ваннах, должны промываться только в холодной воде и сразу же загружаться в гальваническую ванну.

После нанесения покрытий промывку производят в проточной холодной воде, а затем в горячей, что облегчает сушку.

§ 21. НИКЕЛИРОВАНИЕ

Рецептура и режим работы ванн. Для никелирования применяют электролиты, в которых никель находится главным образом в виде двухвалентных катионов. В состав электролитов кроме никелевых солей входят компоненты, предназначенные для повышения электропроводности (сернистый натрий, сернистый магний), стабилизации кислотности (борная кислота), улучшения растворимости анода (хлористый натрий, хлористый аммоний, хлористый никель) и придания блеска осадкам (формальдегид, дисульфонафталиновая кислота и др.).

Для никелирования аккумуляторных деталей применяют электролит следующего состава:

сернистый никель . . . . .	160—200 г/л
сернистый натрий . . . . .	80—100 »
борная кислота . . . . .	20—30 »
хлористый натрий . . . . .	10—20 »
pH электролита . . . . .	6,4—5,8 »

Режим работы

температура электролита . . . . .	18—25° С
катодная плотность тока . . . . .	0,5—1,0 А/дм <sup>2</sup>

Для никелирования ламельной ленты применяют электролит состава:

сернистый никель . . . . .	220—280 г/л
сернистый натрий . . . . .	30—55 »
борная кислота . . . . .	25—35 »
хлористый натрий . . . . .	5—7 »
pH электролита . . . . .	4,0—5,7 »

Режим работы

температура электролита . . . . .	30—50° С
катодная плотность тока . . . . .	2,85—3,0 А/дм <sup>2</sup>

Для никелирования аккумуляторных сосудов применяют электролит состава:

сернистый никель . . . . .	220—420 г/л
сернистый натрий . . . . .	120—320 »
борная кислота . . . . .	25—35 »
хлористый натрий . . . . .	25—45 »
pH электролита . . . . .	4,0—5,7 »

Режим работы

температура электролита . . . . .	30—50° С
катодная плотность тока . . . . .	1,5—4,5 А/дм <sup>2</sup>

Приготовление и очистка электролитов. Приготовление сернистых электролитов для никелирования заключается в растворении в горячей воде сернистых и хлористых

Неполадки в работе ванн никелирования и способы их устранения

Признак неполадок	Причина возникновения	Способ устранения
Поверхность деталей покрывается пятнами, никель не осаждается	Слишком низкая плотность тока Низкая температура электролита	Зачистить контакты и повысить плотность тока Повысить температуру электролита (>15° С)
Темные или пятнистые осадки	Высокое значение pH Примеси меди или цинка	Откорректировать pH Очистить электролит от цинка и меди
Хрупкие, растрескивающиеся осадки	Низкое значение pH Органические примеси	Откорректировать pH Проработать электролит током или активированным углем. Очистить электролит от железа
Плохое сцепление осадков	Плохая подготовка деталей Слишком кислый или холодный электролит	Улучшить подготовку Добавить в электролит раствор щелочи и подогреть электролит
Осадки серого цвета	Велика сила тока Примеси солей свинца	Откорректировать режим Проработать электролит током
«Пригар» на углах и выступающих частях деталей	Перерывы в процессе никелирования Примеси солей меди	Не допускать выключения тока Очистить электролит от меди
Осадок грубый и шероховатый	Высокая плотность тока или низкая температура Мала концентрация сернистого никеля Высокая концентрация солей в электролите	Откорректировать режим электролиза Откорректировать состав электролита Разбавить электролит водой до нужной концентрации
После полирования на покрытиях остаются точечные поры и мелкие риски	Электролит загрязнен взвешенными частицами, анодным шламом и пылью	Отфильтровать электролит, на аноды надеть чехлы
Осадок светлый, но местами отсутствует	Плохое обезжиривание Неправильное завешивание деталей в ванну (они экранируют друг друга)	Улучшить подготовку деталей Изменить расположение деталей в ванне
Осадок имеет желтый оттенок	Неправильное расположение анодов Высокое значение pH электролита	Распределить аноды равномерно по всей ванне Откорректировать pH
Образование питтинга	Загрязнение электролита органическими примесями Ненормальное значение pH	Проработать электролит, добавить H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> Откорректировать pH
При хранении изделий на покрытии появляются зеленые пятна	Плохая промывка или сушка деталей	Улучшить промывку холодной и горячей водой, а также сушку

Признак неполадок	Причина возникновения	Способ устранения
При хранении изделий на покрытии появляются желтые пятна	Покрытие слишком тонкое Имеются примеси железа	Увеличить время никелирования Очистить электролит от примесей железа

солей; борную кислоту и соли растворяют или фильтруют в кипящей воде.

После отстаивания растворы декантируют или фильтруют в рабочую ванну. После перемешивания и проверки кислотности ее корректируют 3%-ным раствором едкого натра в случае пониженного значения pH и 5%-ным раствором серной кислоты при повышенном значении pH.

При наличии в электролите примесей требуется проработка его до получения доброкачественных осадков никеля. Для этого ванна в течение нескольких часов работает на покрытие случайно выбранных катодов.

Органические примеси целесообразно удалять обработкой электролита активированным углем и проработкой ванны током.

Удаление железа производят при плотности тока 0,5—0,6 А/дм<sup>2</sup>, удаление солей свинца и меди — при плотности тока 0,5 А/дм<sup>2</sup>. Процесс очистки рекомендуется проводить при перемешивании и подогреве электролита до 50—55° С.

Неполадки при работе ванн никелирования. В табл. 9 приведены неполадки, наблюдаемые обычно в работе ванн никелирования, и способы их устранения.

## § 22. ЦИНКОВАНИЕ

Рецептура и режим работы ванн. Для цинкования электродов серебряно-цинковых источников тока применяют цианистый электролит. Состав электролита и режим работы ванны следующие:

окись цинка . . . . .	30—40 г/л
цианистый калий . . . . .	70—120 »
едкий натр . . . . .	45—70 »
температура электролита . . . . .	18—25° С
катодная плотность тока . . . . .	1—2 А/дм <sup>2</sup>

Приготовление электролита. Для приготовления цианистого цинкового электролита используют окись или гидроокись цинка. Последнее вещество может быть приготовлено непосредственно в гальваническом цехе из сульфата цинка путем осаждения раствором щелочи.

В отдельных сосудах готовят концентрированные водные растворы цианистого натрия и едкого натра.

К окиси (или гидроокиси) цинка, доведенной водой до пастообразного состояния, тщательно помешивая, добавляют сначала раствор цианистого натрия, а затем раствор едкого натра. Полученный раствор переливают в рабочую ванну, к нему добавляют необходимое количество воды и в течение нескольких часов прорабатывают токком.

При приготовлении и эксплуатации данного и всех других цианистых электролитов необходимо строго соблюдать правила техники безопасности, так как указанные электролиты отличаются крайней токсичностью.

Неполадки при работе ванн цинкования. Встречающиеся на практике неполадки ванн цианистого цинкования и способы их устранения приведены в табл. 10.

Таблица 10

Неполадки ванн цианистого цинкования и способы их устранения

Признак неполадок	Причины возникновения	Способ устранения
Осадок хрупкий	Электролит загрязнен органическими примесями	Проработать электролит под током
Плохая рассеивающая способность электролита	Высокая концентрация цинка Малая концентрация цианида и щелочи Высокая температура электролита	Снизить концентрацию цинка Добавить цианистый натрий и едкий натр Снизить температуру
Осадок темного цвета	Наличие в электролите примесей свинца и железа	Профильтровать электролит и проработать под током. В электролит ввести Na <sub>2</sub> S
Обильное выделение водорода на катоде; низкий выход по току	Слишком высокая плотность тока на катоде Избыток цианида или недостаток цинка в электролите	Снизить плотность тока Ввести в электролит окись или гидрат окиси цинка
Образование на анодах пленки; низкий анодный выход по току Содержание цинка в электролите быстро уменьшается	Недостаток свободного цианида в электролите Плохая растворимость анодов вследствие образования на них пленки	Добавить цианистый натрий. Увеличить поверхность анодов Увеличить анодную поверхность, зачистить аноды, добавить цианистый натрий
Содержание цинка в электролите быстро увеличивается	Низкий катодный выход по току при высоком анодном выходе	Уменьшить катодную плотность тока; прекратить добавку цианистых солей в ванну. Применять нерастворимые аноды



## § 23. КАДМИРОВАНИЕ

Рецептура и режим работы ванн. Для кадмирования электродов серебряно-цинковых источников тока применяют цианистый электролит. Состав электролита и режим работы ванны приводятся ниже:

окись кадмия . . . . .	40—55 г/л
цианистый калий . . . . .	120—160 »
сернистый натрий . . . . .	40—60 »
температура электролита . . . . .	18—25° С
плотность тока . . . . .	0,8—1,0 А/дм <sup>2</sup>

Таблица 11

Неполадки ванн цианистого кадмирования и способы их устранения

Признак неполадок	Причина возникновения	Способ устранения
Блестящие полосы на изделии. Пористость осадка	Наличие органических примесей. Наличие большого количества карбонатов	Проработать электролит под током. Охладить и отфильтровать электролит
Темные осадки на катоде при одновременном потемнении поверхности анодов	Недостаточное содержание цианидов и щелочи в электролите	Добавить щелочь и цианистый калий
Пригорелый и шероховатый осадок	Высокая плотность тока, взвешенные примеси	Снизить плотность тока. Профильтровать электролит
Хрупкий осадок и возрастание напряжения. Низкий выход по току и повышенное газовыделение на катоде	Недостаток щелочи или избыток свободного цианида Наличие в ванне примесей органического происхождения	Откорректировать электролит и привести его в соответствие с рецептом
Темный цвет осадка кадмия и пятнистость	Недостаточное содержание в электролите кадмия Наличие в электролите примесей олова, свинца, сурьмы и мышьяка	Проработать электролит током
Почернение анодов при нормальном составе электролита	Недостаток цианидов Повышенная анодная плотность тока вследствие недостаточной поверхности анода	Добавить NaCN или KCN Увеличить анодную поверхность
Чрезмерное газовыделение на катоде при нормальном качестве катодного осадка	Низкое содержание кадмия при избытке щелочи	Повысить содержание кадмия
Почернение и плохая растворимость анодов, электролит мутный, наблюдается выпадение осадков на дно ванны	Недостаточное содержание в электролите цианида	Откорректировать и профильтровать электролит, очистить аноды

Приготовление электролита. Исходным продуктом для приготовления электролита является свежесоздаденный гидрат окиси кадмия, который получают прибавлением раствора едкого натра к раствору сернистого кадмия. Для полноты осаждения раствор едкого натра берется с избытком. Полученный белый осадок гидрата окиси кадмия отстаивают, после чего проверяют полноту осаждения с помощью фенолфталеина. При полном осаждении фенолфталеин дает розовое окрашивание. После полного осаждения и отстаивания раствора с помощью сифона удаляют образующийся раствор сульфата натрия, а оставшийся осадок промывают два раза водой, сливая ее каждый раз декантацией.

Промытый осадок гидрата окиси кадмия переводят в заранее приготовленный в соответствии с рецептом раствор цианистого калия. К полученному раствору прибавляют декантированный (слитый с осадка) ранее раствор сульфата натрия, затем ванну доливают водой до рабочего объема и без предварительной проработки пускают в эксплуатацию.

Неполадки при работе ванн кадмирования. Встречающиеся на практике неполадки при работе ванн цианистого кадмирования и способы их устранения приведены в табл. 11.

## § 24. СЕРЕБРЕНИЕ

Рецептура и режим работы ванн. Для серебрения положительных электродов серебряно-цинковых источников тока применяют цианистые электролиты. Состав электролита и режим работы ванн серебрения приводятся ниже:

хлористое серебро . . . . .	35—40 г/л
цианистый калий (общий) . . . . .	55—70 »
углекислый калий . . . . .	35—38 »
температура электролита . . . . .	18—25° С
катодная плотность тока . . . . .	0,3—0,5 А/дм <sup>2</sup>

Приготовление электролита. Исходным продуктом для приготовления электролита является свежесоздаденное хлористое серебро, которое получают прибавлением раствора поваренной соли к раствору азотнокислого серебра. Для приготовления электролита требуется соответственно 46 г/л азотнокислого серебра и 16 г/л поваренной соли. Необходимое количество азотнокислого серебра и поваренной соли растворяют в отдельных сосудах в небольшом количестве воды и после отстаивания и декантации отфильтровывают от нерастворимых примесей. Постепенно при перемешивании в раствор азотнокислого серебра вливают раствор поваренной соли. Полученный белый творожистый осадок хлористого серебра отстаивают, после чего проверяют полноту осаждения добавлением нескольких миллилитров раствора поваренной соли в отдельной пробе. Если образуется осадок, надо добавить в бак раствор поваренной соли. Отсутствие осадка в пробе указывает на полноту осаждения.

Таблица 12

## Неполадки ванн серебрения и способы их устранения

Признак неполадок	Причина возникновения	Способ устранения
Шелушение и отслаивание покрытий при полировании	Неудовлетворительное амальгамирование	Проверить состав ванны амальгамирования, увеличить выдержку изделий в растворе амальгамирования
Образование черных пятен на изделиях при амальгамировании	Недостаток серебра в электролите Плохая подготовка поверхности перед амальгамированием	Добавить в электролит хлористое или цианистое серебро Улучшить подготовку перед амальгамированием
Плохая рассеивающая способность ванны (фигурные изделия покрываются плохо)	Плохая подготовка перед амальгамированием Нарушен состав раствора амальгамирования	Улучшить подготовку (обезжиривание) Откорректировать амальгамирующий раствор
Осадок рыхлый, темный или пятнистый и имеет желтоватый оттенок	Высокое содержание серебра в электролите Недостаток свободного цианида Отсутствие карбонатов	Откорректировать электролит согласно рецепту
Серебро осаждается грубыми кристаллами или дендритами	Наличие в электролите взвешенных частиц	Отфильтровать электролит
Бурное газовыделение на катоде, хрупкие осадки, интенсивное растворение анодов	Недостаток цианида Обеднение электролита серебром Повышенная плотность тока	Добавить цианистый калий Добавить хлористое или цианистое серебро Понизить плотность тока
	Слишком высокая плотность тока на катоде	Понизить катодную плотность тока
	Избыток цианида в электролите	Проработать электролит под током, добавить хлористое или цианистое серебро

После полного осаждения и отстаивания раствор с помощью сифона удаляют, а осадок промывают 2—3 раза водой, удаляя ее каждый раз декантацией. Осаждение и промывку осадка производят при красном свете. Промытый осадок хлористого серебра переводят в приготовленный в соответствии с рецептом раствор цианистого калия. При этом образуется комплексная цианистая соль серебра. Ванну доливают водой до рабочего объема и без предварительной проработки пускают в эксплуатацию.

Неполадки при работе ванн. В табл. 12 приведены встречающиеся на практике неполадки ванн серебрения и способы их устранения.

## § 25. СВИНЦЕВАНИЕ

Рецептура и режим работы ванн. На аккумуляторных заводах для свинцевания применяют борфтористоводородные и кремнефтористоводородные электролиты.

Составы применяемых электролитов и режимы работы ванн свинцевания приводятся ниже:

## Борфтористоводородный электролит

основной углекислый свинец . . . . .	120 г/л
плавиковая кислота . . . . .	120 »
борная кислота . . . . .	106 »
столярный клей . . . . .	0,1—0,5 »
температура электролита . . . . .	18—25° С
катодная плотность тока . . . . .	1—3 А/дм <sup>2</sup>

## Кремнефтористоводородный электролит

фторосиликат свинца . . . . .	90—250 г/л
кремнефтористоводородная кислота . . . . .	15—70 »
борная кислота . . . . .	5—10 »
столярный клей . . . . .	0,5—1 »
температура электролита . . . . .	18—40° С
катодная плотность тока . . . . .	1—2 А/дм <sup>2</sup>

Приготовление свинцовых электролитов. Приготовление свинцовых электролитов производят под тягой.

Для приготовления борфтористоводородного электролита в борфтористоводородную кислоту при постоянном перемешивании добавляют основной углекислый свинец, растертый в воде в густую кашу. Затем дают раствору отстояться от осевшего на дне ванны нерастворимого осадка и переливают в ванну для электролиза, а осадок выбрасывают. Ванну доливают водой до рабочего объема и вводят необходимое количество клея. Клей предварительно выдерживают в течение 1—2 суток в холодной воде, затем растворяют в горячей воде. Приготовленный электролит перед пуском в эксплуатацию прорабатывают под током в течение нескольких часов. Хороший электролит должен содержать 40—45 г/л свободной борфтористоводородной кислоты, которая способствует образованию гладких осадков и повышает электропроводность раствора.

Для приготовления кремнефтористоводородного электролита применяют кремнефтористоводородную кислоту и свинцовый порошок. Электролит готовят смешением рецептурных количеств кислоты и свинцового порошка, причем последний берется с некоторым избытком. Осадку дают отстояться, раствор переводят в ванну для электролиза, доливают водой, добавляют клей и борную кислоту. Перед пуском в эксплуатацию полученный электролит прорабатывается под током в течение нескольких часов.

Неполадки при работе ванн свинцевания. В табл. 13 приведены неполадки, встречающиеся при работе свинцовых ванн, и способы их устранения.

Таблица 13

## Неполадки свинцовых ванн и способы их устранения

Признак неполадок	Причина возникновения	Способ устранения
Крупнокристаллический осадок по всей поверхности изделия	Недостаток клея, высокая температура и пониженное содержание свободной кислоты	Добавить клей и кислоту, понизить температуру
Образование осадка из фтористого свинца на дне ванны	Недостаток борной кислоты при приготовлении борфтористоводородной кислоты	Брать больше борной кислоты для приготовления борфтористоводородной кислоты
Плохое сцепление свинца с металлом изделия	Наводороживание поверхности изделия в процессе обезжиривания и травления Недостаточно тщательная подготовка поверхности основного металла	Вместо обезжиривания и травления опескоструить детали. Нагревать изделия перед свинцеванием до 100—150° С
Неравномерность толщины осадка на отдельных участках поверхности изделия	Плохая рассеивающая способность электролита	Увеличить расстояние между электродами и применить дополнительные местные аноды
Наросты на краях изделий, значительное газовыделение на катоде во время работы ванны	Высокая катодная плотность тока Избыток свободной кислоты	Откорректировать электролит по содержанию кислоты, снизить плотность тока

## СХЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НАНЕСЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НИХ

Технологические процессы нанесения покрытий содержат три группы операций: подготовка поверхности для нанесения покрытия; процесс нанесения покрытия; обработка изделия после нанесения покрытия. Для большинства покрытий схемы технологического процесса одинаковы и зависят от назначения покрытия, характера деталей и состояния их поверхности. Ниже приведены примерные схемы технологических процессов для некоторых видов покрытий, применяемых на заводах щелочных и свинцово-кислотных аккумуляторов; указываются лишь наименование операций и их последовательность. Подробности выполнения этих операций рассматривались выше.

1. Схема технологического процесса никелирования ламельной ленты для кадмиево-никелевых и железоникелевых щелочных аккумуляторов:  
 отжиг ленты в электропечи при 280—320° С;  
 электролитическое обезжиривание в щелочном растворе;  
 очистка ленты металлическими щетками (производится в щелочном аппарате со щелочным раствором при 40—60° С);

промыть в горячей воде;  
 химическое декапирование в 5—10%-ном растворе серной кислоты;  
 промывка в холодной проточной воде;  
 никелирование;  
 промывка в ванне-уловителе электролита (раствор из этой ванны используется для доливания ванны никелирования);  
 промывка в проточной холодной воде;  
 промывка в проточной теплой воде при 35—50° С;  
 сушка в сушильном шкафу с электрообогревом при 400—500° С;  
 технический контроль качества покрытия.

2. Схема технологического процесса никелирования стальных сосудов щелочных аккумуляторов:

химическое травление в серной кислоте;  
 промывка в проточной холодной воде;  
 электрохимическое обезжиривание;  
 промывка в горячей воде;  
 очистка щетками;  
 промывка в холодной воде;  
 химическое декапирование;  
 промывка в холодной воде;  
 никелирование;  
 промывка в горячей воде;  
 сушка при температуре 60—120° С;  
 технический контроль качества покрытия.

3. Схема технологического процесса никелирования токоведущих деталей крепления щелочных аккумуляторов:

обезжиривание в бензине;  
 промывка в горячей воде;  
 электрохимическое обезжиривание;  
 промывка в горячей воде;  
 галтовка в барабане;  
 промывка в холодной проточной воде;  
 химическое декапирование;  
 промывка в холодной проточной воде;  
 никелирование;  
 промывка в холодной проточной воде;  
 промывка в горячей воде;  
 сушка при 100—120° С;  
 технический контроль качества покрытия.

4. Схема технологического процесса серебрения и цинкования электродов серебряно-цинковых источников тока.

В некоторых типах серебряно-цинковых источников тока в качестве активных материалов применяют гальванически осажденный цинк (для отрицательного электрода) и серебро (для положительного электрода). Подслоями для этих покрытий служат никель и кадмий. Изготовление электродов обоих знаков производят по одинаковой схеме:

электрохимическое обезжиривание медной основы;  
 промывка в горячей воде;  
 промывка в холодной проточной воде;  
 травление в азотной кислоте;  
 промывка в холодной проточной воде;  
 никелирование;  
 промывка в проточной холодной воде;  
 кадмирование в цианистом электролите;

промывка в ванне-уловителе электролита;  
промывка в проточной холодной воде;  
серебрение (положительных электродов) и цинкование (отрицательных электродов);

промывка в ванне-уловителе электролита;  
промывка в холодной проточной воде;  
промывка в горячей воде;  
сушка при 80—120° С;  
технический контроль качества покрытия.  
5. Схема технологического процесса серебрения токоведущих деталей крепления серебряно-цинковых источников тока:  
обезжиривание в бензине;  
сушка;

монтаж на подвески;  
электрохимическое обезжиривание;  
промывка в горячей воде;  
промывка в холодной проточной воде;  
травление в азотной кислоте;  
промывка в холодной проточной воде;  
амальгамация (обработка в растворе сулемы);  
промывка в холодной проточной воде;  
серебрение;  
промывка в ванне-уловителе электролита;  
промывка в проточной холодной воде;  
промывка в горячей воде;  
сушка;  
технический контроль качества пластины.

6. Схема технологического процесса свинцевания медных решеток отрицательных электродов свинцово-кислотных аккумуляторов:

травление в азотной кислоте плотностью 1,25—1,30 г/см<sup>3</sup>;  
промывка в холодной проточной воде;  
промывка в горячей воде;  
электрохимическое обезжиривание;  
промывка в горячей воде;  
промывка в холодной проточной воде;  
свинцевание;  
промывка в холодной проточной воде;  
промывка в горячей воде;  
сушка;  
технический контроль качества покрытия.

7. Схема технологического процесса свинцевания отрицательных решеток, изготовленных из свинцово-сурьмянистого сплава:

обработка в щелочи плотностью 1,2—1,25 г/см<sup>3</sup>;  
промывка в горячей воде;  
промывка в холодной проточной воде;  
нейтрализация в сериной кислоте плотностью 1,1—1,2 г/см<sup>3</sup>;  
промывка в холодной проточной воде;  
свинцевание;  
промывка в холодной воде;  
промывка в горячей воде;  
сушка;  
технический контроль качества покрытия.

Для нанесения электрохимических покрытий применяют следующие виды оборудования: стационарные ванны; колокольные и барабанные ванны; полуавтоматические ванны; автоматические конвейерные установки.

В указанных агрегатах в зависимости от их назначения могут применяться щелочные и кислотные электролиты.

Ванны и агрегаты со щелочными электролитами изготавливают из стали без футеровки. Ванны для щелочных цианистых электролитов рекомендуется футеровать внутри виниластом, так как это облегчает уход за ними. Указанные ванны по соображениям техники безопасности должны быть снабжены запирающейся крышкой и не иметь спускных штуцеров.

Ванны, в которых находятся кислые или слабокислые электролиты, имеют кислотоупорную футеровку либо изготавливаются из кислотостойких материалов.

## § 26. СТАЦИОНАРНЫЕ ВАННЫ

Стационарные ванны обычно представляют собой прямоугольные или круглые резервуары, сваренные из листовой несортной стали толщиной 4—5 мм. Ванны сваривают встык газовой сваркой или электросваркой. Ванны больших размеров имеют ребра жесткости или косынки для предотвращения деформаций. Сверху вдоль всех стенок ванн приваривают борта из угловой стали.

Стационарные ванны, применяемые для растворов, выделяющих вредные испарения, снабжены двусторонними секционными отсосами с дроссельными заслонками. Количество вытяжных секций принимают из расчета одна секция на 0,7—0,8 м длины ванны.

Ванны, потребляющие электрический ток (электролизеры и другие ванны, нагреваемые электричеством), устанавливают на опорных изоляторах, а остальные — на подставках из углового железа или дерева. Ванны с паровым нагревом снабжены змеевиком или барботерами\* из газовых труб. Трубы располагаются либо на дне ванны, либо у вертикальной стенки ее нерабочей стороны. Расположение змеевиков у стенки ванны предпочтительнее, так как оно упрощает периодическую очистку ванны. В кислых электролитах змеевик изготавливают из эмалированной или оцинкованной стальной трубы, либо из свинца. Применяют также змеевики из пластмассы.

Ванны анодного окисления легких сплавов, как правило, нуждаются в охлаждении. Охлаждение осуществляется с помощью водяной рубашки. Иногда нагретая отработанная вода используется для наполнения ванны горячей промывки.

Электрический ток подводят к деталям в ваннах через продольные медные или латунные штанги, установленные на бортах в специальных изоляторах. Одна пара штанг соединяется с положительным полюсом источника тока, вторая — с отрицательным. На обе пары штанг устанавливают ряд поперечных штанг, свободное перемещение которых позволяет более целесообразно использовать ванну. Применяют также штанги прямоугольного сечения.

\* Барботер — приспособление для пропуска пара или газа под давлением через слой жидкости с целью перемешивания последней.

Известно, что одним из главных средств повышения производительности гальванических ванн является применение повышенной катодной плотности тока, что в свою очередь требует перемешивания электролита, особенно у катода. Практически это осуществляется одним из следующих способов:

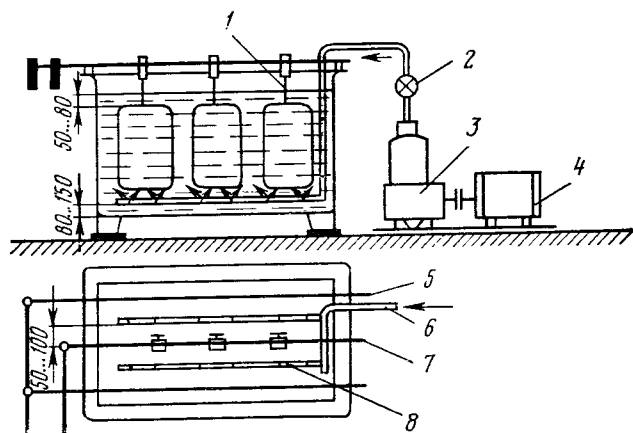


Рис. 10. Схема пневматического перемешивания электролита:

1 — изделия, на которые наносится покрытие, 2 — кран, 3 — компрессор с фильтром, 4 — мотор, 5 — анодная штанга, 6 — ввод сжатого воздуха, 7 — катодная штанга, 8 — перфорированная трубка

механически — с помощью мешалок. Данный способ, однако, удобен только для ванн небольшого размера, так как зона действия механической мешалки невелика;

пневматически — пропусканием сжатого, предварительно очищенного воздуха через перфорированные трубки из винипласта, установленные на дне ванны под катодными штангами (рис. 10).

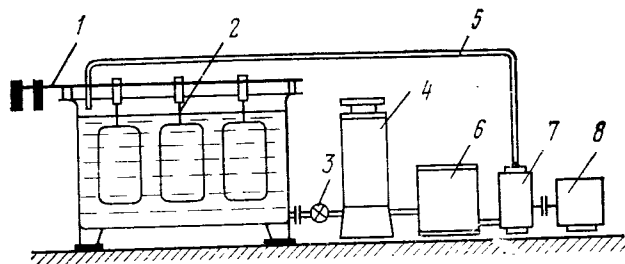


Рис. 11. Схема непрерывной циркуляции электролита: 1 — анодные и катодные штанги, 2 — покрываемые изделия, 3 — кран, 4 — фильтр, 5 — труба для подачи очищенного электролита, 6 — ячейка для очистки электролита, 7 — насос, 8 — мотор

С одного конца эти трубки закрыты, а другим концом присоединены к коллектору, выходящему через борт ванны и соединенному с компрессором;

непрерывной циркуляцией электролита — данный способ перемешивания интересен тем, что раствор, протекая через фильтр

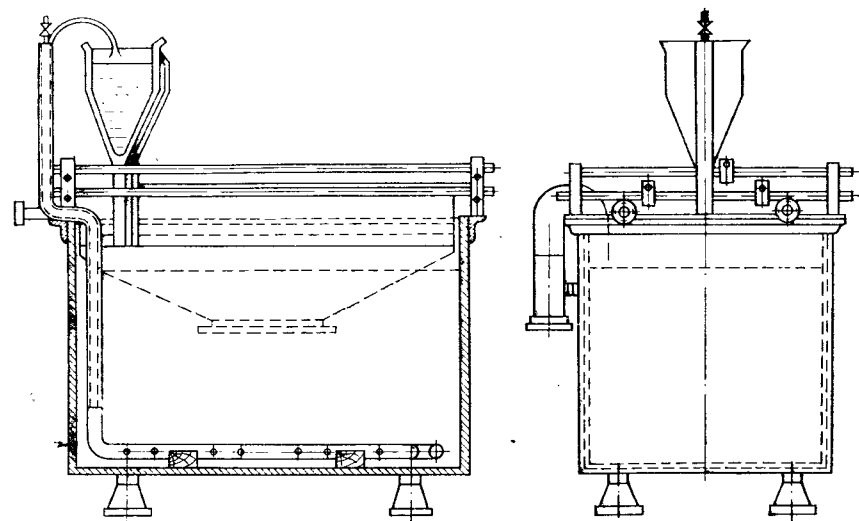


Рис. 12. Ванна с аэрофильтром

(рис. 11) или аэрофильтр (рис. 12), одновременно очищается от пыли и других механических загрязнений.

Применению тока повышенной плотности способствует также перемещение катодных штанг, которое осуществляется с помощью

Таблица 14

Основные параметры и размеры стационарных ванн

Номер ванны	Рабочий объем, л		Внутренние размеры ванн, мм		
	для процессов с перемешиванием электролита	для всех остальных процессов	длина	ширина	высота
1	60	80	500	400	500
2	120	150	600	500	600
3	280	330	800	600	800
4	360	420	1000	600	800
5	480	560	1000	800	800
6	580	670	1200	800	800
7	720	840	1500	800	800
8	1080	1200	1500	900	1000
9	1440	1640	2000	900	1000
10	1800	2000	2500	900	1000

специальных приспособлений, сообщающих катодам возвратно-поступательное движение (рис. 13). Производительность стационарных ванн при данной плотности тока можно повысить путем применения двух катодных штанг, расположенных между тремя анодными штангами. Размеры применяемых ванн приведены в табл. 14.

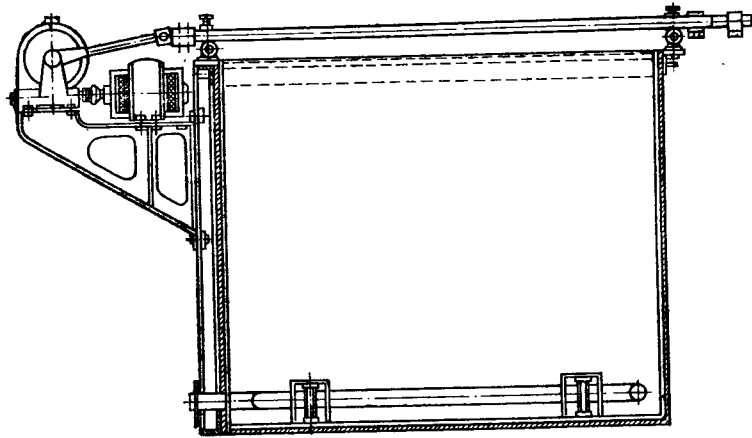


Рис. 13. Ванна с механизмом для прямолинейно-возвратного движения катодных штанг



Рис. 14. Малогабаритный колокол

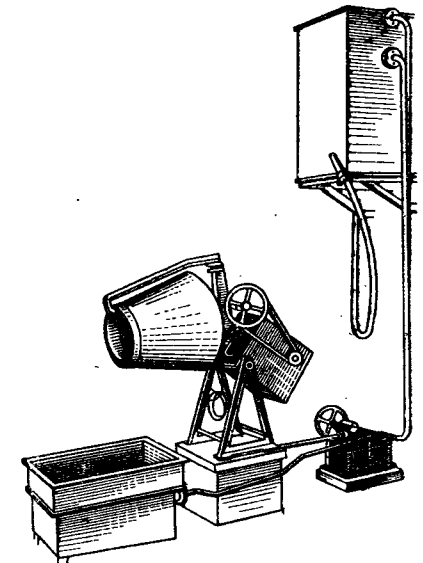


Рис. 15. Установка одиночного колокола

## § 27. КОЛОКОЛЬНЫЕ И БАРАБАННЫЕ ВАННЫ

Покрывание мелких деталей в стационарных и полуавтоматических ваннах на подвесках связано с большими трудовыми затратами. Поэтому для покрытия таких деталей при массовом производстве обычно применяют вращающиеся колокола и барабаны. На рис. 14—16 показаны различные виды колоколов.

Колокола изготовляют из непроводящих материалов: эбонита, винипласта или из гуммированной стали (в форме усеченного конуса) и устанавливают на двух чугунных стойках.

На рис. 15 показана установка для одиночного колокола, а на рис. 16—установка для группы колоколов. Группа колоколов снабжается свежим электролитом из общего резерва, куда поступает отработанный электролит после фильтрации и корректировки.

Основными достоинствами колокольных ванн является возможность наблюдения за процессом покрытия, возможность обработки весьма мелких деталей, а также простота загрузки и выгрузки покрываемых деталей.

Барабанные ванны изготовляют из винипласта, текстолита, органического стекла и других непроводящих материалов. Барабан

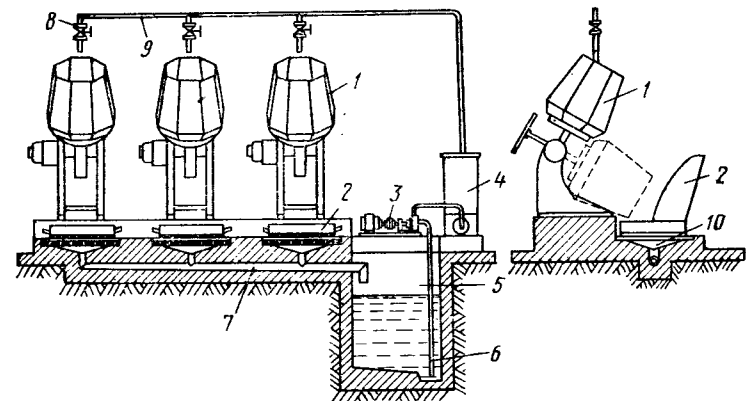


Рис. 16. Схема установки из трех колоколов с непрерывной фильтрацией электролита:

1 — корпус колокола, 2 — ящик для разгрузки деталей, 3 — насос, 4 — фильтр, 5 — колодец для сбора электролита, 6 — засасывающая труба, 7 — магистральная труба для стока электролита, 8 — кран, 9 — распределительная труба, 10 — лок для стока электролита



погружают в ванну с электролитом и поднимают из нее с помощью специального подъемника (рис. 17).

Бараны больших размеров опускают и поднимают с помощью электрического или пневматического тельфера.

Из барабана детали выгружают на сетку, установленную в ванне. На рис. 18 приведена конструкция барабана, разгружаемого через специальную воронку.

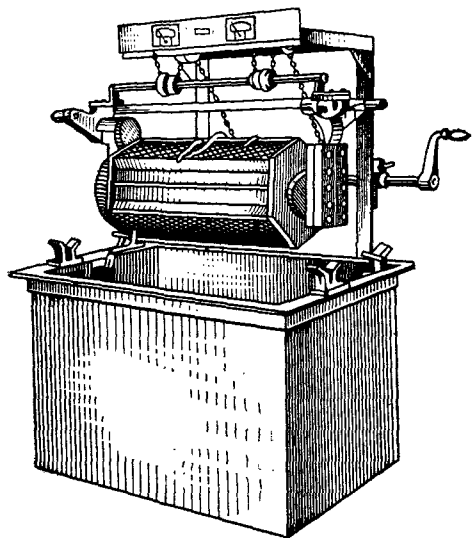


Рис. 17. Ванна с барабаном и подъемником

Вращающийся барабан опускается в стационарную ванну с электролитом и вращающийся со скоростью 5,23—10,47 рад/с (рис. 20).

Преимущество такого конструктивного оформления ванны в том, что отпадает надобность в переливании электролита при загрузке и выгрузке деталей.

#### § 28. ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЕ ВАННЫ

Полуавтоматические ванны предназначены для выполнения какой-либо одной операции, чаще всего одного какого-либо вида покрытия.

В полуавтоматических ваннах изделия перемещаются при помощи бесконечной цепи от места загрузки до места выгрузки.

На практике широко применяют три типа полуавтоматических установок: прямолинейный и овальный полуавтоматы и так называемые кольцевые ванны.

На рис. 19 показаны конструкции ручных переносных барабанов. Их изготавливают из органического стекла и снабжают небольшим приводным механизмом. Ручные барабаны могут быть использованы для покрытия мелких деталей в любой стационарной ванне с кислым и щелочным электролитом. Диаметр указанных малогабаритных барабанов не превышает 150—200 мм, а длина — 300—450 мм. Масса барабана с нагрузкой около 5—10 кг.

Для покрытия мелких деталей в гальванических цехах применяют также погружаемые колокола и качающиеся корзины. Погружаемый колокол представляет собой наклонно расположенный колокол, погру-

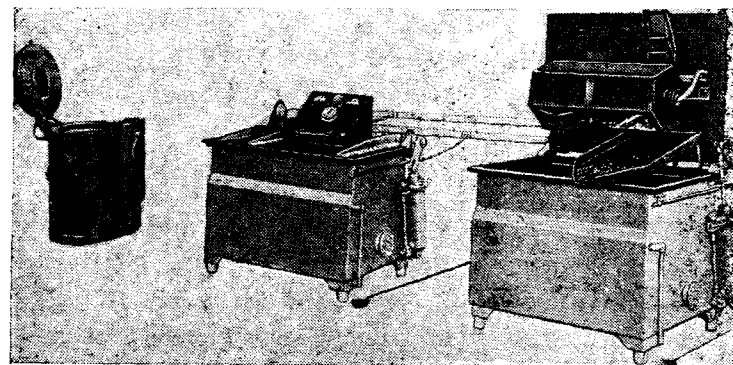


Рис. 18. Установка для гальванического покрытия мелких деталей в барабане

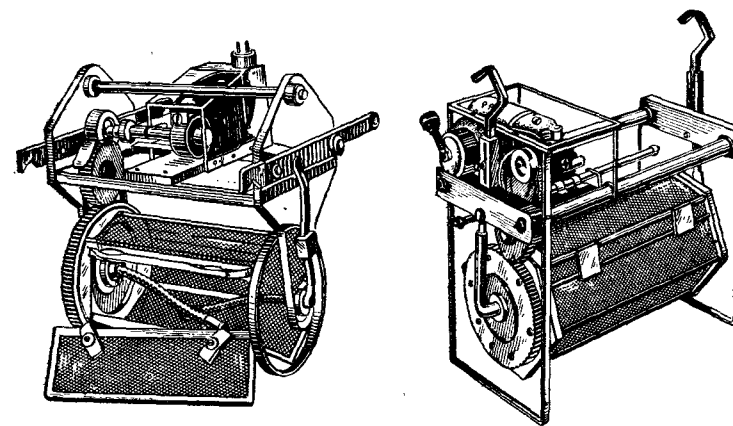


Рис. 19. Ручные переносные барабаны

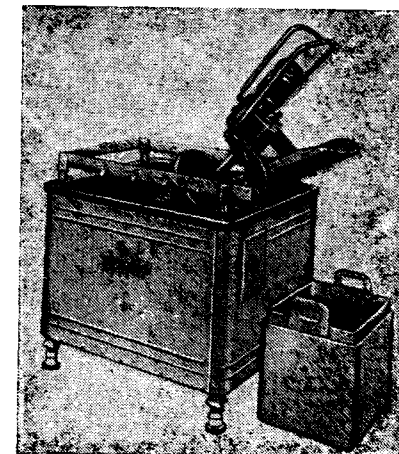


Рис. 20. Установка с одним погружаемым колоколом

Работа на прямолинейном полуавтомате производится с обоих концов: с одного изделия загружают, а с другого — выгружают.

В овальных полуавтоматах загрузка и выгрузка производится с одного конца. В соответствии с продолжительностью покрытия скорость движения цепи подбирается таким образом, чтобы изделия к моменту разгрузки успели сделать один полный оборот и прибыть на место загрузки.

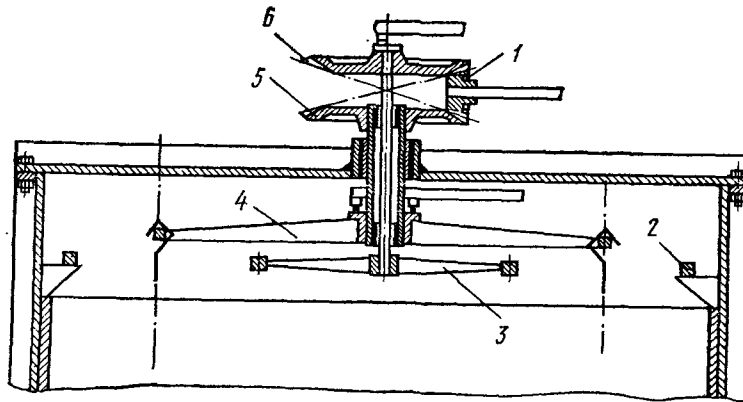


Рис. 21. Схема механизма вращения штанг в кольцевой ванне:  
1, 5, 6 — шестерни, 2 — наружное анодное кольцо, 3 — внутреннее анодное кольцо, 4 — катодное кольцо

Кольцевые полуавтоматы характеризуются тем, что катодная штанга в них изогнута в кольцо и непрерывно вращается. В кольцевых ваннах обычно наряду с катодной штангой вращается одна из анодных штанг. Пример такой установки показан на рис. 21, где вращение шестерни 1 сообщает катодной и одной из анодных штанг движение противоположного направления. Наружное анодное кольцо 2 неподвижно.

## § 29. АВТОМАТИЧЕСКИЕ КОНВЕЙЕРНЫЕ УСТАНОВКИ

В отличие от полуавтоматов автоматические конвейерные установки выполняют все операции: подготовку поверхности к покрытию, нанесение покрытия и отделку поверхности после покрытия.

Автоматические конвейерные установки довольно сложны по конструкции и дороги, поэтому применение их в цехах с небольшой производственной программой нецелесообразно. Они дают весьма удовлетворительные результаты лишь при условии большой производственной программы, ускоренных процессов нанесения покрытия и равномерного поступления изделий в гальванический цех.

В зависимости от назначения различают автоматы для покрытия деталей на подвесках (прямолинейные и овальные), автоматы

для покрытия мелких деталей (шнековые и колокольные) и автоматы для покрытия ленты и проволоки.

Для нанесения химических, а также электрохимических покрытий советскими специалистами в последнее время разработано большое число оригинальных автоматических установок, отличающихся высокой производительностью, простотой и надежностью в эксплуатации. Эти автоматы представляют собой агрегаты, которые без участия рабочего выполняют подавляющее большинство операций технологического процесса по электрохимической обработке деталей. В ходе выполнения этих операций детали, загружаемые во вращающиеся колокола или завешенные на специальные подвески, транспортируют из одной ванны в другую с помощью пульсирующего конвейера. Длина ванн для соответствующих электролитов пропорциональна продолжительности проводимых в этих ваннах операций. Благодаря этому при движении конвейера с одинаковой заданной скоростью продолжительность пребывания деталей в разных ваннах оказывается различной.

Подъем и передача подвесок из ванны в ванну осуществляется конвейерной цепью и системой кулачков, расположенных на распределительном валу. Специальные муфты обеспечивают синхронность движения конвейерной цепи с вращением распределительного вала. В соответствии с технологическим режимом могут подниматься несколько подвесок или только одна крайняя.

По данному принципу разработаны и применяются на заводах Советского Союза автоматы: АГ-2М (АГ-2) — для серебрения мелких деталей в колоколах; АГ-3 — для гальванических покрытий деталей в колоколах (рекомендуются в мелкосерийных производствах); АГ-4 — для цинкования деталей в колоколах или на подвесках; АГ-6 — для анодирования деталей на подвесках. Схема и поперечный разрез автомата АГ-2М приведены на рис. 22 и 23.

В настоящее время разработан оригинальный автомат для никелирования сосудов щелочных аккумуляторов.

Автоматы для покрытия проволоки состоят из последовательно расположенных ванн, через которые непрерывно протягивают обрабатываемую проволоку. После отделки проволоку собирают в бухты на намоточных барабанах.

По принципу работы эти автоматы делят на три вида: автоматы с вертикальным расположением проволоки в ваннах; автоматы с горизонтальным расположением проволоки в ваннах и с перегибами над бортами при переходе из ванны в ванну; прямолинейные автоматы, в которых проволока при перемещении из ванны в ванну проходит через особый глазок без перегиба.

Автоматические установки для покрытия металлической ленты сходны по конструкции с автоматами для покрытия проволоки. При покрытии ленты большей частью применяют автоматы первого типа (для широкой ленты) и третьего типа (для узкой ленты). Для никелирования стальной ленты, применяемой для изготовления ламелей щелочных аккумуляторов, разработан автомат, в состав которого кроме обычных ванн для обезжиривания, травления, про-

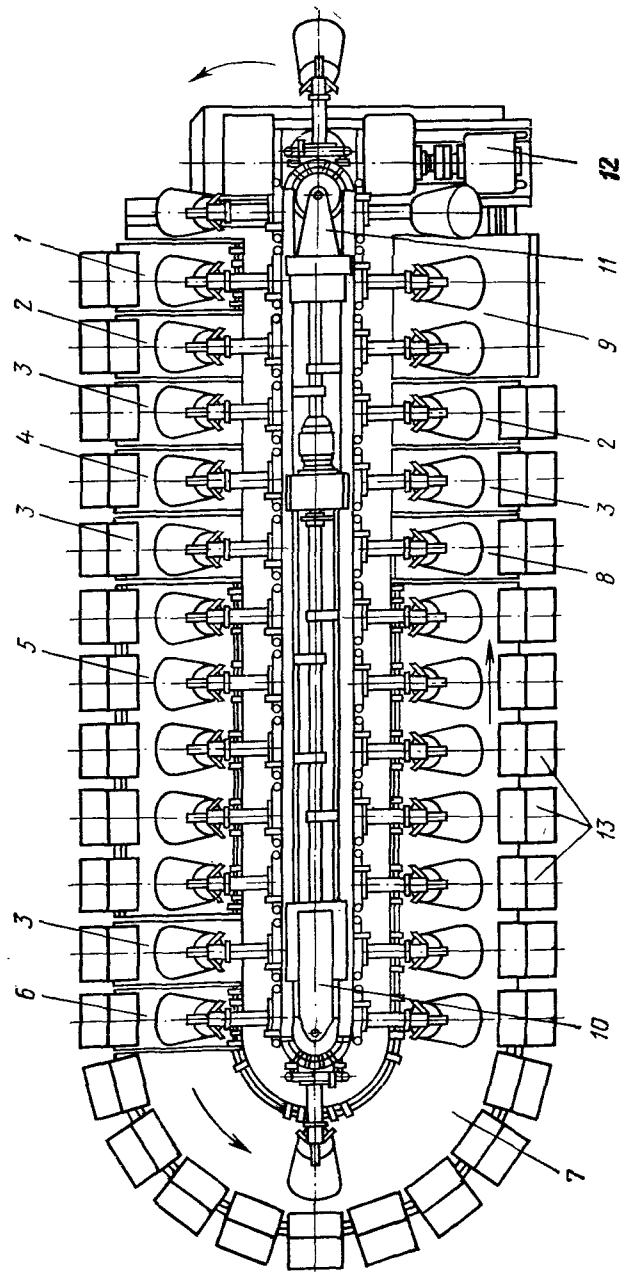


Рис. 22. Схема расположения ванн и оборудования в автомате АГ-2М:

1 — обезжиривание, 2 — горячая промывка, 3 — холодная промывка, 4 — декапирование, 5 — цинковое меднение, 6 — предварительное серебрение, 7 — основное серебрение, 8 — промывка в уловителе, 9 — сушка, 10 — натяжная станция конвейера, 11 — приводная станция конвейера, 12 — привод, 13 — бортовые отсосы

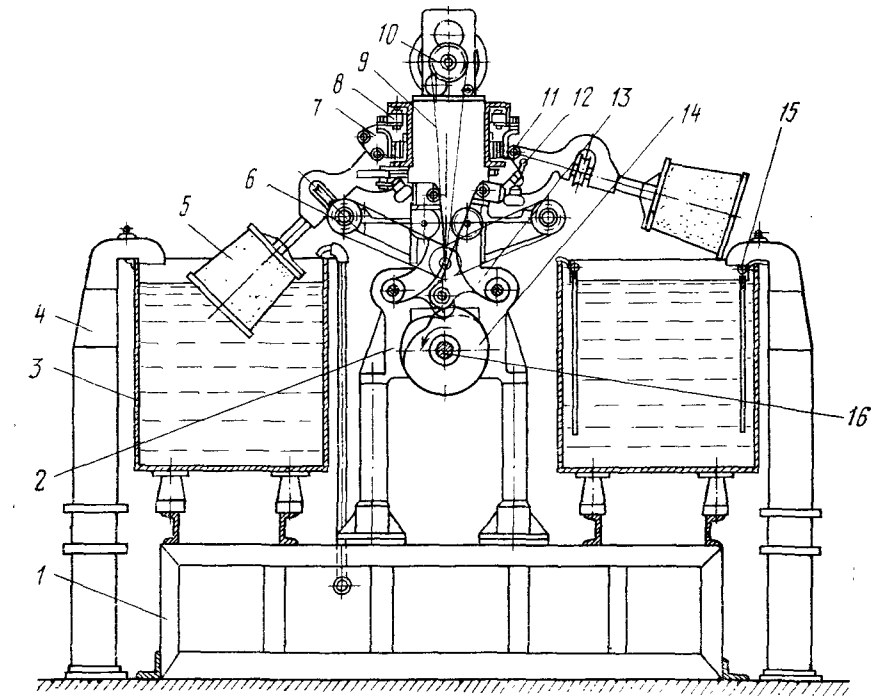


Рис. 23. Поперечный разрез автомата АГ-2М:

1 — рама, 2 — станина, 3 — ванна, 4 — бортовой отсос, 5 — колокола, 6 — червячный вал, 7 — тележка, 8 — конвейерная цепь, 9 — цепь привода колоколов, 10 — редуктор привода колоколов, 11 — катодная шина, 12 — направляющая механизма подъема колоколов, 13 — толкатель, 14 — кулак механизма подъема колоколов, 15 — анодная шина, 16 — вал механизма подъема колоколов

#### Контрольные вопросы

1. Как влияет режим электролиза (плотность тока, температура, состав электролита и его перемешивание) на качество осадка?
2. Какова технология приготовления электролита для серебрения?
3. Каково устройство кольцевых полуавтоматов?
4. Каков принцип работы автоматической конвейерной установки АГ-4 для цинкования деталей?

*Химическими источниками тока* называются устройства, с помощью которых химическая энергия пространственно разделенных окислительно-восстановительных процессов превращается в электрическую. Процесс превращения химической энергии в электрическую в химическом источнике тока называется *разрядом*.

По характеру работы все известные химические источники тока делят на две группы: первичные элементы, или первичные источники тока, и электрические аккумуляторы, или вторичные источники тока.

К группе первичных химических источников тока относят устройства, которые допускают лишь однократное использование заключенных в них активных материалов. При этом отдача электрической энергии может быть осуществлена в один непрерывный разряд или в несколько приемов (прерывистый разряд). Полностью разряженный первичный элемент к дальнейшей работе непригоден. Первичные химические источники тока, в свою очередь, делят на две группы: элементы с жидким электролитом и сухие элементы, содержащие невыливающийся электролит.

Вторичными химическими источниками тока, или электрическими аккумуляторами, называются такие источники тока, работоспособность которых после разряда может быть восстановлена путем заряда, т. е. пропусканием постоянного электрического тока через аккумулятор в направлении, противоположном тому, в котором протекал ток при разряде.

Если разряд аккумулятора вызывает превращение химической энергии в электрическую, а активные (исходные) вещества переходят в продукты разряда, то заряд аккумулятора, наоборот, превращает электрическую энергию в химическую, а продукты разряда — в первоначальные активные вещества.

Термин «аккумулятор» буквально означает накопитель, в нем электрическая энергия накапливается в виде химической энергии, с тем чтобы быть использованной впоследствии, когда это будет необходимо.

Конструктивное выполнение химических источников тока может быть самым различным, но в принципе как первичные элементы, так и аккумуляторы состоят из двух электродов противоположных знаков, разделенных слоем электролита.

В настоящее время промышленность выпускает следующие виды электрических аккумуляторов: свинцово-кислотные и щелочные (кадмий-никелевые, железоникелевые и серебряно-цинковые).

В следующих параграфах данной главы приводятся некоторые общие сведения об устройстве, принципе работы и свойствах перечисленных типов аккумуляторов.

§ 30. ОСНОВНЫЕ ЧАСТИ АККУМУЛЯТОРА

Свинцово-кислотные аккумуляторы состоят из следующих основных частей:

положительных пластин различной конструкции, в которых активным материалом, участвующим в токообразующей реакции, является двуокись свинца;

отрицательных пластин, в которых активным материалом является губчатый свинец;

электролита — раствора серной кислоты плотностью от 1,25 до 1,32 г/см<sup>3</sup>; серная кислота в электролите также является активным материалом, так как она расходуется при разряде и образуется при заряде;

сепараторов, предохраняющих аккумулятор от коротких замыканий между пластинами разного знака заряда;

аккумуляторных сосудов из кислотоупорных материалов. Переносные аккумуляторные батареи имеют сосуды с крышками. Герметичность укупорки достигается заливкой крышек специальными мастиками. Для выхода газов и доливки электролита крышки имеют съемные пробки с отверстиями;

токоведущих частей и деталей крепления: бареток, межэлементных соединений, зажимов, втулок и гаек.

Баретка служит наружным токоотводом для блока одноименных пластин аккумулятора. Она отливается в виде однородной детали из свинцового сплава или же с вплавленными в нее медными втулками или штырем; в последнем случае могут быть две разновидности: штырь целиком находится внутри тела баретки или выступает из баретки, причем выступающая часть имеет винтовую нарезку. Баретка состоит из двух частей: борна и мостика. К мостику припаивают ушки одноименных пластин, которые таким образом соединяются между собой параллельно. Борн или штырь служит общим выводным токоотводом для блока одноименных пластин.

Межэлементные соединения служат для последовательного включения аккумуляторов в батареи. Могут быть в виде однородной детали из свинцово-сурьмянистого сплава или же состоять из двух частей медной полосы, на концах которой отлиты с помощью формы свинцовые наконечники. Часто вместо медной полосы применяют медный многожильный изолированный кабель, оголенные концы которого вплавлены в свинцовый кабельный наконечник.

Зажимы обычно имеют вид кольца с отростком, которое припаивается к баретке, в отверстие отростка устанавливается болт с гайкой для крепления провода.

Свинцовые втулки из свинцово-сурьмянистого сплава служат для запрессовки их в эбонитовые или бакелитовые крышки аккумуляторов.

Гайки из свинцового сплава применяются для закрепления аккумуляторной крышки на борнах баретки или же для зажима проводника и пр.

### § 31. РАЗНОВИДНОСТИ СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Один из признаков, по которому свинцовые аккумуляторы отличаются друг от друга, — конструкция применяемых в них пластин. Конструкция выбирается с учетом условий эксплуатации аккумуляторов.

Положительные пластины — поверхностные, панцирные и намазные (пастированные), отрицательные — коробчатые и намазные.

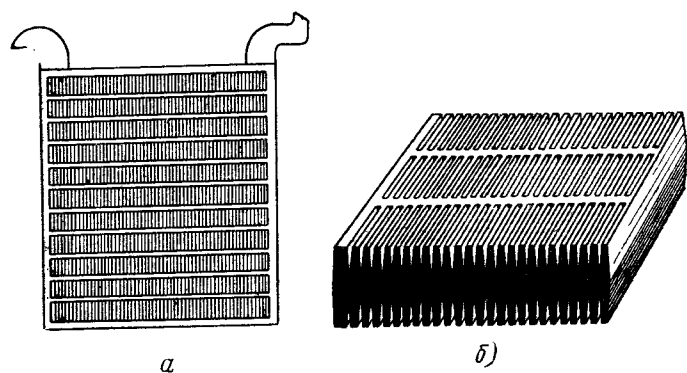


Рис. 24. Поверхностная пластина (а) и ее разрез (б)

Поверхностные пластины (рис. 24) отливают из чистого свинца. Пластины работают только за счет своего наружного слоя. Необходимый для работы активный материал на этих пластинах образуется предварительной электрохимической обработкой. Поверхностные пластины изготовляют трех типов: И-1 емкостью 36 А·ч, И-2 емкостью 72 А·ч и И-4 емкостью 144 А·ч. Срок службы поверхностных пластин достигает 10—15 лет.

Панцирные пластины (рис. 25) состоят из штыревой решетки, отливаемой из 7—8%-ного свинцово-сурьмянистого сплава, эбонитового или пластмассового панциря и окислов свинца. Панцирь хорошо пропускает электролит, но задерживает от оплывания активную массу. Решетка помещается в панцирь, куда с помощью специальных станков набивают свинцовые окислы, служащие активным материалом.

Производство панцирных пластин относится к числу весьма вредных, так как оно связано с выделением большого количества окислов свинца в виде пыли. Панцирные пластины хорошо переносят тряску и отличаются большим сроком службы (свыше 1000 зарядов-разрядов).

Намазные положительные и отрицательные пластины состоят из решеток, отлитых из 5—6%-ного свинцово-сурьмянистого сплава и из пасты, которая изготавливается из свинцового порошка и серной кислоты. Решетки имеют важное назначение — поддерживать равномерное распределение тока по всей массе активного материала. В аккумуляторах, работающих короткими режимами разряда, как правило, применяют тонкие пластины. В аккумуляторах, предназначенных для длительной эксплуатации, в которых разряды ведутся с перерывами или же растягиваются на долгие периоды, наоборот, применяют более толстые пластины.

Аккумуляторная решетка состоит из рамки, вертикальных и горизонтальных жилок, ушка, служащего для параллельного соединения путем пайки одноименных пластин в элементе, и двух ножек, которыми пластина опирается на призмы аккумуляторных сосудов. К решеткам предъявляют следующие требования: они должны быть достаточно прочными, обладать минимальной массой при максимальном объеме для пасты и способностью обеспечивать хорошую связь с активной массой.

Материал решетки, особенно для положительного электрода, должен отличаться высокой коррозионной стойкостью. Большинство аккумуляторных решеток в настоящее время изготовляют из свинцово-сурьмянистого сплава, содержащего 5—6% сурьмы и 0,2% мышьяка.

Решетки конструируют таким образом, чтобы кроме удовлетворения требований, предъявляемых к эксплуатации аккумуляторов, они были удобны в отливке, в частности, необходимо предусмотреть такой профиль жилок и ребер, который допускает легкое извлечение отлитой решетки из формы. В большинстве случаев такой профиль представляет собой ромбы, трапеции, треугольники, шестиугольники. Горизонтальные жилки чаще всего тоньше в два раза самой решетки, поэтому их можно располагать в шахматном порядке, что создает благоприятные условия для удержания активной массы в пластине. На рис. 26 приведены некоторые наиболее

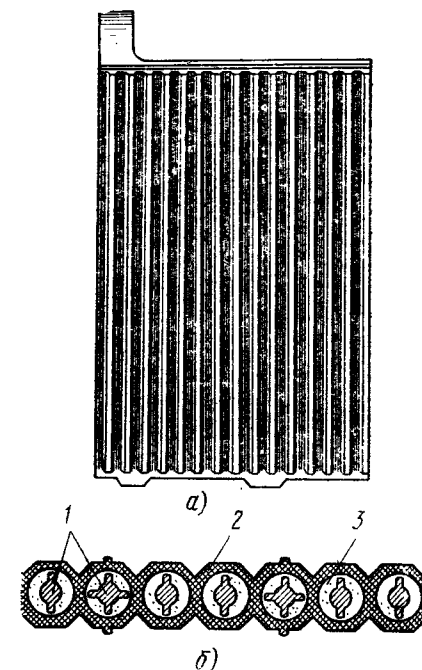


Рис. 25. Панцирная положительная пластина (а) и ее разрез (б):

1 — свинцово-сурьмянистые стержни, 2 — эбонитовый панцирь, 3 — активная масса

типичные разрезы решеток перпендикулярно к горизонтальным жилкам.

Пастированные пластины распространенных типов аккумуляторов имеют размеры 119×143 мм (без ушков и ножек). Пластины формируются в растворе серной кислоты с образованием двуокиси свинца.

Намазные положительные пластины обладают более высокими удельными характеристиками, чем поверхностные и панцирные, но уступают им по сроку службы. Срок службы намазных положительных пластин не превышает 2—3 лет по времени, а по числу циклов составляет примерно 300—400 зарядов — разрядов.

Коробчатые отрицательные пластины отличаются от намазных своей толщиной (8 мм). Пластина состоит из решетки, собранной из двух половинок и ограниченной с обеих сторон листами перфорированного свинца толщиной 0,25 мм. Внутри решеток помещается активная масса (рис. 27).

Поверхностные положительные пластины совместно с коробчатыми отрицательными пластинами применяют в стационарных аккумуляторах, собираемых в стеклянных сосудах или деревянных ящиках, выложенных рольным свинцом.

В настоящее время выпускают стационарные аккумуляторы с намазными пластинами СН. Эти аккумуляторы имеют ряд преимуществ перед аккумуляторами СК (с поверхностным положительным и коробчатым отрицательным электродами). Эти преимущества заключаются в меньшей массе и габаритах аккумуляторов при сохранении одинаковой емкости, в лучшей работоспособности при коротких режимах разряда и кратковременных разрядных импульсах большими токами, удобстве использования аккумуляторов на автоматизированных установках без постоянного обслуживания, возможности установки их в одном помещении с основным технологическим оборудованием. Аккумуляторы СН выпускают в пресованных стеклянных или эбонитовых сосудах закрытой конструкции. Аккумуляторы СН обладают большим сроком службы благодаря обвертыванию кромок положительных пластин и краев сепараторов изоляционным материалом, так называемым конвертированием пластин (рис. 28).

Панцирные пластины применяют в тяговых и электрокарных батареях, собираемых в эбонитовых баках, а намазные (положительные и отрицательные) — в стартерных аккумуляторах (для автомобилей, тракторов, мотоциклов, авиации и др.), собираемых в эбонитовых и пластмассовых баках. В табл. 15 приведены данные о некоторых стартерных батареях, а в табл. 16 — удельные характеристики некоторых свинцовых аккумуляторов.

В условном обозначении типа аккумуляторной батареи первая цифра означает число последовательно соединенных аккумуляторов в батарее, следующие буквы — назначение батареи или аккумуляторов (СТ — стартерная, А и СА — авиационная, С — стационарный аккумулятор с поверхностными пластинами, СН — стационарный аккумулятор с намазными пластинами). Число после букв

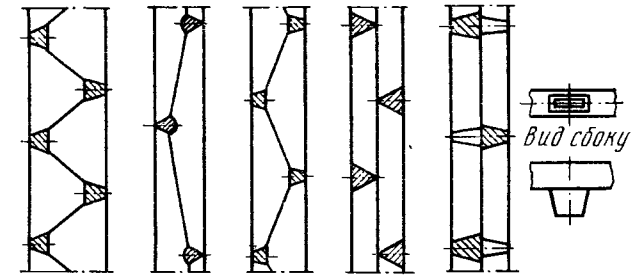


Рис. 26. Типичные разрезы решеток

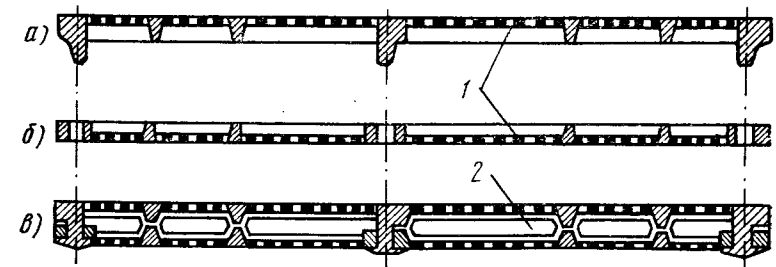


Рис. 27. Разрез коробчатой пластины:

а — штифтовая часть решетки, б — дырчатая часть решетки, в — готовая решетка; 1 — перфорированные свинцовые листы, 2 — полость для активной массы

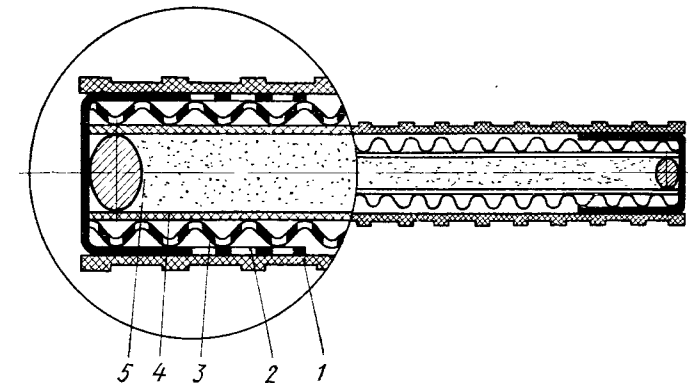


Рис. 28. Новый способ конвертовки положительного электрода СН:

1 — мипластовый сепаратор, 2 — боковой изолятор из винилпласта, 3 — гофрированный дырчатый винилпласт, 4 — стеклянный войлок, 5 — пластина



означает номинальную емкость батарей или аккумулятора. Буквы после номинальной емкости характеризуют материал моноблока (Э — эбонит, П — пластмасса асфальтопексовая) или материал сепараторов (Р — мипор, М — мипласт, С — стеклянное волокно). Более подробные сведения о свинцовых аккумуляторных батареях приведены в стандартах ГОСТ 959-0—71 — ГОСТ 959-23—71.

Таблица 15

Характеристики некоторых стартерных батарей (ГОСТ 959-0—71 — ГОСТ 959-23—71)

Тип батарей	Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость при 20-часовом режиме разряда, А·ч	Токи разрядов, А, при режиме			Масса без электролита, кг
			20-часовом	10-часовом	стартерном	
ЗСТ-80ПМ	6	80	4	7	240	15
ЗСТ-110ПМС	6	110	5,5	9,8	330	19,5
ЗСТ-150ЭМ	6	150	7,5	13,5	450	24
6СТ-60ЭМ	12	60	3,0	5,4	180	19,5
6СТ-75ЭМС	12	75	3,75	6,80	225	24
6СТ-132ЭМС	12	132	6,6	12,0	396	41
6СТ-182ЭМС	12	182	9,1	16,5	546	55,5

На рис. 29—31 приведены внешний вид и схемы устройства некоторых из этих типов батарей.

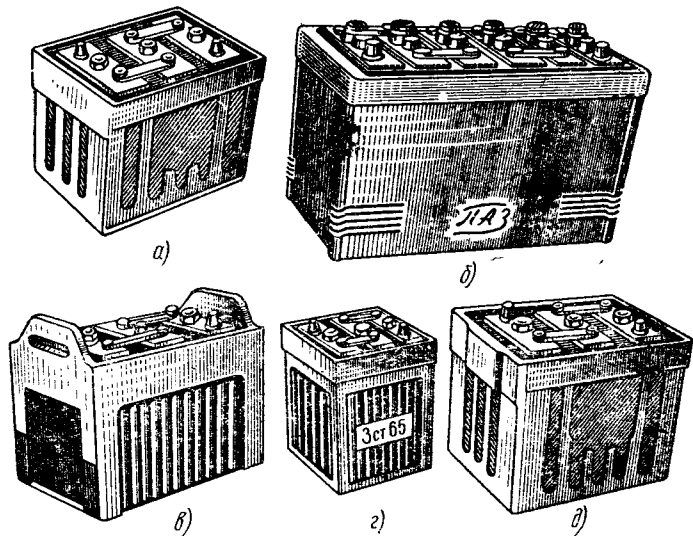


Рис. 29. Внешний вид стартерных батарей отечественного производства:  
 а — ЗСТ-95ПМС, б — 6СТ-75ЭМС, в — ЗСТ-110ПМС, г — ЗСТ-65ЭР,  
 д — ЗСТ-80ПМ

Характеристики некоторых свинцовых аккумуляторов

Наименование аккумулятора	Удельная энергия, Вт·ч/кг, при температуре и разряде			
	30° С и 10-часовым режимом	30° С и стартерным режимом	-18° С и стартерным режимом	Срок службы, год
Стартерные автомобильные . . . . .	23—30	5—7	2—6	2—3
Стартерные для дизельных машин . . . . .	26—35	3,5—6,5	2,1—3,1	2—3
Панцирные для тяги . . . . .	28	—	—	5—6
Стационарные . . . . .	10—15	—	—	10 и более

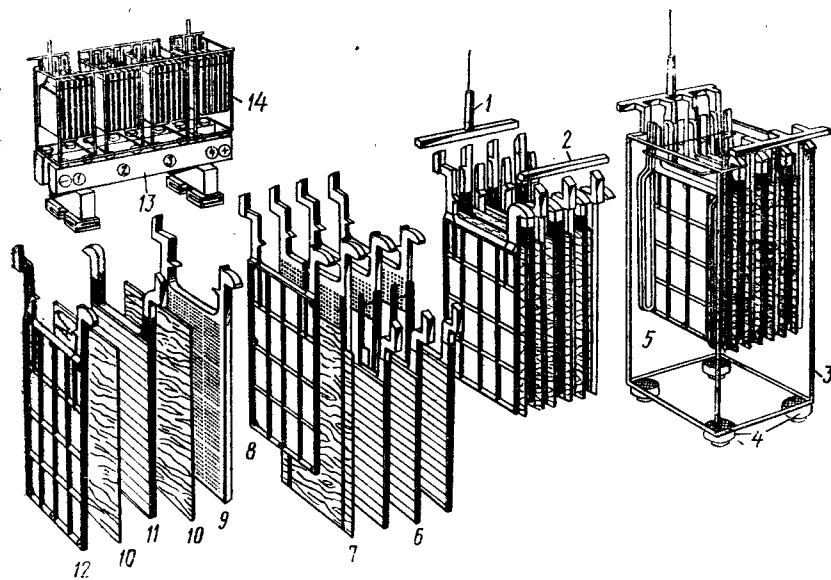


Рис. 30. Схема устройства стационарной батареи:  
 1, 2 — шины для соединения пластин одного знака, 3 — сосуд, 4 — изоляторы, 5 — блок пластин, установленный в сосуде, 6, 7, 8 — комплекты пластин и сепараторов, 9 — отрицательная пластина, 10 — сепаратор, 11 — положительная пластина, 12 — решетка, 13 — стеллаж, 14 — стационарная батарея

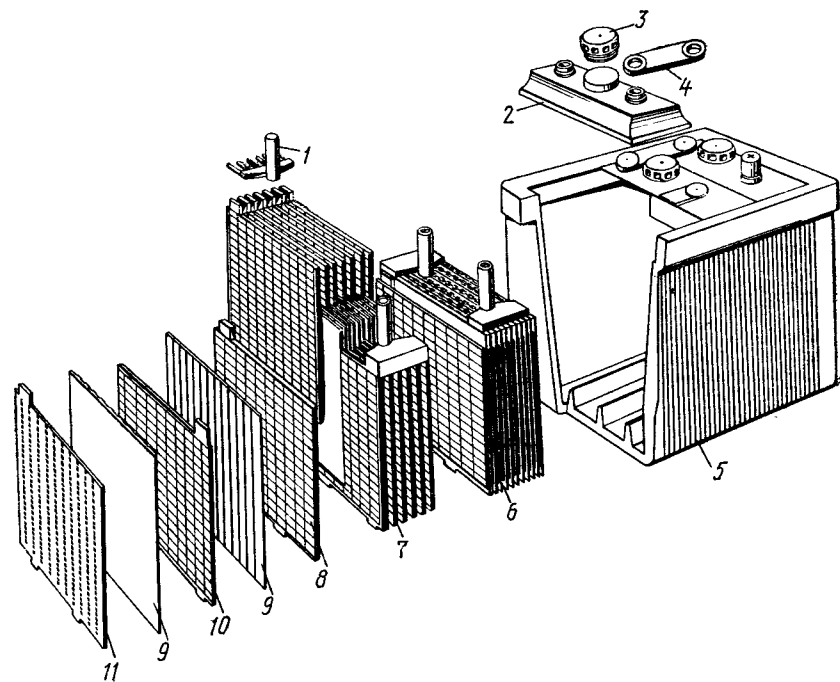


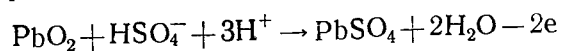
Рис. 31. Схема устройства стартерной батареи:  
 1 — баретка, 2 — крышка, 3 — пробка, 4 — межэлементное соединение, 5 — бак, 6 — блок пластин в сборе, 7 — полублоки пластин, 8 — отрицательная пластина, 9 — сепаратор, 10 — положительная пластина, 11 — решетка

### § 32. ТОКООБРАЗУЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ В СВИНЦОВОМ АККУМУЛЯТОРЕ

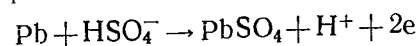
Активным веществом, вступающим в токообразующие реакции при разряде свинцового аккумулятора, являются двуокись свинца на положительном электроде, губчатый свинец на отрицательном электроде и серная кислота, применяемая в аккумуляторе в качестве электролита.

Участие этих веществ в токообразующих процессах на электродах выражается следующими уравнениями:

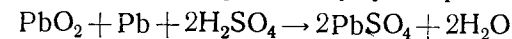
при разряде аккумулятора на положительном электроде двуокись свинца взаимодействует с серной кислотой и переходит в сульфат свинца



при разряде на отрицательном электроде свинец переходит в сульфат свинца



Складывая приведенные здесь электродные реакции, получим общее уравнение разряда аккумулятора



При заряде аккумулятора реакции на электродах и суммарная реакция протекают в противоположном направлении.

Для получения 1 А·ч электричества согласно приведенным реакциям требуется: 4,46 г двуокиси свинца, 3,87 г губчатого свинца и 3,66 г серной кислоты. В действительности расход материалов более чем в два раза больше этих теоретических коэффициентов.

Электродвижущая сила свинцового аккумулятора равна 2,04 В. Потенциал положительного электрода равен 1,685 В по водородной шкале, а потенциал отрицательного электрода — 0,356 В.

Для измерения электродных потенциалов свинцового аккумулятора в качестве вспомогательного электрода применяют кадмиевый электрод, потенциал которого в серной кислоте равен — 0,4 В по отношению к нормальному водородному электроду.

### § 33. СРОК СЛУЖБЫ СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Срок службы является важной эксплуатационной характеристикой свинцового аккумулятора. Концом срока службы считается момент, когда его емкость падает ниже некоторой оговоренной для данных аккумуляторов величины (для стартерных батарей 80%). Наиболее часто встречающимися причинами выхода из строя стартерных аккумуляторов являются: оплывание активной массы положительного электрода; короткие замыкания между электродами; коррозия решеток положительного электрода; необратимая сульфатация пластин.

Оплывание активной массы положительного электрода. Было установлено, что при попадании в положительную активную массу примеси сульфата бария (указанное вещество как полезная добавка вводится в отрицательную активную массу) аккумулятор быстро выходит из строя из-за сильного оплывания активной массы. Поэтому в производстве свинцовых аккумуляторов необходимо принимать меры, чтобы сульфат бария не попадал в активную массу положительного электрода. С этой целью приготовление активных масс и намазка положительных и отрицательных пластин производятся отдельно. Оплывание усиливается с ростом концентрации электролита при проведении разрядов при низких температурах, а также при наличии в электролите примеси солей железа.

Следовательно, работая с менее концентрированным чистым электролитом и проводя разряды при обычных температурах, можно уменьшить оплывание. Эффективным средством уменьшения оплывания активной массы является также применение наряду с мелкопористым сепаратором стеклянного войлока. Такой комбинированный сепаратор позволяет увеличить срок службы аккумулято-

ра примерно на 50%. Однако это приводит к снижению емкости аккумулятора на 10—15% вследствие увеличения внутреннего сопротивления аккумулятора.

Короткие замыкания между электродами. Эти замыкания быстро выводят аккумулятор из строя.

Причиной коротких замыканий могут быть оплывания положительной активной массы и набухание отрицательной активной массы. Короткие замыкания образуются также через сепараторы. Так, например, в конце срока службы сепаратор разрушается, в нем появляются отверстия, через которые активная масса проникает от одного электрода к другому.

При использовании в аккумуляторах химически стойких сепараторов (мипор, мипласт и др.) короткие замыкания могут образоваться по ножкам пластин, через шлам осевшей на дно положительной активной массы. Эта же масса, взмученная в электролите, оседает на краях отрицательных пластин, переходит в губчатый свинец и образует мостики вокруг сепараторов, наконец, мелкие частицы активных масс в батареях с плотной сборкой могут продавливаться через поры сепараторов и вызывать короткие замыкания по образовавшимся мостикам.

Для предотвращения перечисленных видов коротких замыканий необходимо принять следующие меры: применять там, где возможно, баки с высокими призмами; сборку блоков производить таким образом, чтобы сепараторы достаточно далеко выступали за края пластин; в аккумуляторах с плотной сборкой применять сепараторы с очень мелкими порами.

Коррозия решеток положительного электрода. Длительное применение свинцово-сурьмянистого сплава для отливки решеток (впервые был предложен 87 лет тому назад) объясняется рядом ценных свойств: он обладает достаточно высокими механическими и литейными свойствами, постоянством состава и малой окисляемостью в процессе отливки решеток, а также низкой стоимостью и недефицитностью исходных металлов — свинца и сурьмы.

Недостатком сплава является сравнительно низкая коррозионная стойкость при анодной поляризации, ограничивающая в ряде случаев срок службы аккумулятора. Коррозия решетки положительного электрода происходит вследствие постепенного окисления материала решетки и перехода его в двуокись свинца: происходит формирование решетки, в результате чего она теряет свою механическую прочность и местами разрушается. При этом резко ухудшается проводимость электрода, уменьшается емкость ниже допустимой величины и аккумулятор выходит из строя.

Механизм коррозии положительной решетки свинцового аккумулятора до конца пока не выяснен. Существует ряд предположений; одно из этих предположений коррозионную стойкость сплава связывает с его структурой.

Известно, что металлы и сплавы состоят из кристаллов. Последние образуются при застывании жидкого металла. В зависимости от условий охлаждения металла и наличия в нем некоторых доба-

вок структура металла может быть мелкокристаллической или крупнокристаллической. Установлено, что чем мельче кристаллы в металле, тем выше механическая прочность его. Поэтому при литье металлов обычно стремятся получить слитки мелкой структуры, применяя для этой цели специальные добавки — регуляторы кристаллизации (модификаторы).

Примеси, не растворимые в металле, при застывании последнего концентрируются на поверхности кристаллов (зерен) и образуют так называемые межкристаллические прослойки. Для заданного

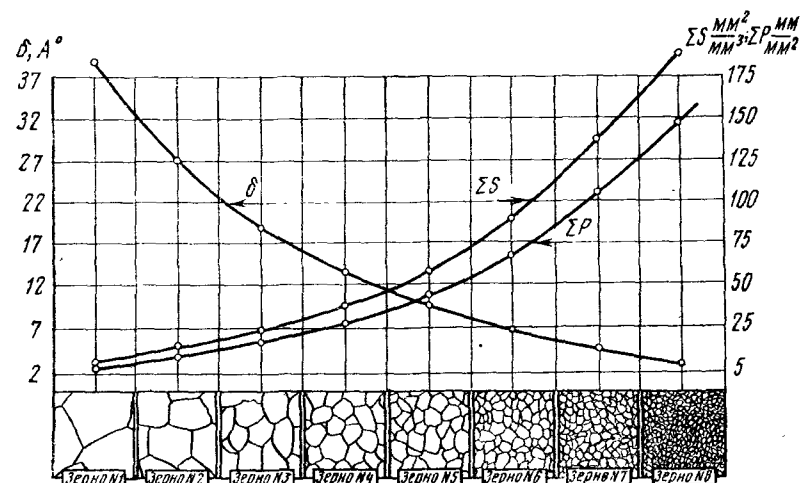


Рис. 32. Зависимость толщины межкристаллических прослоек  $\delta$ , протяженности границ  $\Sigma P$  и удельной поверхности зерен  $\Sigma S$  от структуры металла

количества примесей при крупнокристаллической структуре слитка толщина прослоек гораздо больше толщины прослоек мелкокристаллического образца. Это видно из рис. 32, где приведена зависимость толщины прослоек  $\delta$ , протяженности границ  $\Sigma P$  и удельной поверхности зерен  $\Sigma S$  от структуры металла.

Так как прослойка является тем участком, где процессы разрушения протекают более интенсивно, чем в самих зернах, то можно предположить, что чем больше толщина прослойки, т. е. чем больше величина зерен металла, тем интенсивнее должна протекать в ней коррозия. Тогда измельчение структуры металла, приводящее к уменьшению толщины прослойки, при прочих равных условиях должно увеличивать коррозионную устойчивость металла. Это происходит и потому, что продукты коррозии зерен крупнокристаллического образца не в состоянии закрыть всю поверхность металла, включая и прослойку. Последняя под действием коррозионной среды разрушается, связь между отдельными зернами нарушается и наступает коррозия всего металла.

При мелкокристаллической структуре металла продукты коррозии отдельных зерен полностью закрывают незначительную по толщине прослойку, изолируя ее от разрушающего действия среды. Чем мельче будут кристаллы сплава, тем тоньше окажутся прослойки и тем легче будет закрыть их сплошным слоем сульфата свинца или двуокиси свинца, образующихся на поверхности кристаллов сплава (рис. 33).

Таким образом, следует стремиться к тому, чтобы структура сплава в решетках была мелкокристаллической и сплав содержал

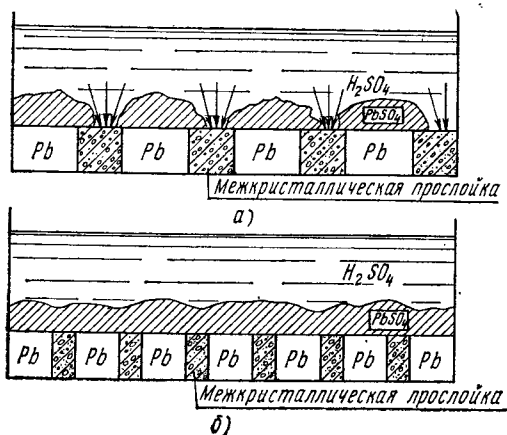


Рис. 33. Схематическое изображение коррозии крупнокристаллического (а) и мелкокристаллического (б) свинца в серной кислоте

меньше примесей, растворимых в серной кислоте. Получение более мелких кристаллов сплава достигается подбором оптимального температурного режима литья (быстрое охлаждение расплавленного металла способствует получению более мелкокристаллического сплава); добавкой к металлу модификаторов (хорошие результаты получаются от добавок к свинцово-сурьмянистому сплаву серы и серебра).

Большой интерес представляют свинцово-сурьмянисто-мышьяковистые сплавы, нашедшие широкое применение в зарубежной аккумуляторной промышленности. Мышьяковистые сплавы резко увеличивают срок службы решеток. Кроме того, поскольку добавка мышьяка вызывает заметное увеличение механических и улучшение технологических свойств сплава, имеется возможность уменьшить содержание сурьмы в сплаве, что желательно по экономическим соображениям, а также для уменьшения саморазряда и сульфатации аккумулятора. По имеющимся данным оптимальным является содержание мышьяка 0,2—0,3% в 4—5%-ном свинцово-сурьмянистом сплаве и 0,1—2% в 6—7%-ном сплаве. Условия изготовления решеток из мышьяковистых сплавов ничем не отличаются от обычных. Требуется лишь более точная регулировка температурного режима отливки.

Таким образом, следует стремиться к тому, чтобы структура сплава в решетках была мелкокристаллической и сплав содержал

меньше примесей, растворимых в серной кислоте. Получение более мелких кристаллов сплава достигается

подбором оптимального температурного режима литья (быстрое охлаждение расплавленного металла способствует получению более мелкокристаллического сплава);

добавкой к металлу модификаторов (хорошие результаты получаются от добавок к свинцово-сурьмянистому сплаву серы и серебра).

Большой интерес представляют свинцово-сурьмянисто-мышьяковистые сплавы, нашедшие широкое применение в зарубежной аккумуляторной промышленности. Мышьяковистые сплавы резко увеличивают срок службы решеток. Кроме того, поскольку добавка мышьяка вызывает заметное увеличение механических и улучшение технологических свойств сплава, имеется возможность уменьшить содержание сурьмы в сплаве, что желательно по экономическим соображениям, а также для уменьшения саморазряда и сульфатации аккумулятора. По имеющимся данным оптимальным является содержание мышьяка 0,2—0,3% в 4—5%-ном свинцово-сурьмянистом сплаве и 0,1—2% в 6—7%-ном сплаве. Условия изготовления решеток из мышьяковистых сплавов ничем не отличаются от обычных. Требуется лишь более точная регулировка температурного режима отливки.

Необратимой сульфатацией пластин понимается такое состояние их, когда они не заряжаются при пропускании нормального зарядного тока в течение нормального промежутка времени. Для отрицательного электрода необратимая сульфатация внешне проявляется наличием на поверхности сплошного слоя сульфата свинца. Активный материал таких пластин является жестким и песчаным, поверхность

пластин не дает ясной металлической черты, если по ней прочертить ножом.

Сильно сульфатированные положительные пластины можно отличить по следующим внешним признакам: активный материал таких пластин приобретает часто светлую окраску, причем появляются белые пятна сульфата свинца; поверхность пластины жесткая и шероховатая; при растирании активного материала между пальцами появляется ощущение, сходное с ощущением, получаемым при растирании песка. Вследствие сульфатации пластины теряют свою емкость и аккумулятора выходит из строя.

Указанный тип сульфатации существенно отличается от образования сульфата свинца из окислов свинца в процессе формирования пластин или из двуокиси свинца и губчатого свинца при нормальном разряде аккумулятора, что может быть вызвано: неполнотой формирования пластин; большим саморазрядом под действием различных примесей или коротких замыканий; систематическими недозарядками батареи; длительным нахождением аккумулятора в незаряженном состоянии.

В последнем случае отрицательные пластины становятся тверже и покрываются более крупными кристаллами сульфата свинца. Во избежание сульфатации пластин на практике рекомендуется избегать глубоких разрядов и недозарядов; не оставлять аккумулятор в разряженном состоянии долгое время; держать пластины под слоем электролита и хранить аккумулятор при температурах не выше 45° С.

Устранение ненормальной сульфатации пластин может быть достигнуто зарядкой аккумуляторной батареи слабым током в слабом электролите.

Одна из разновидностей сульфатации отрицательных пластин, а именно сульфатация, вызванная отравлением пластин примесями органических соединений, может быть иногда устранена сильной катодной поляризацией (заряд током порядка 100 мА/см<sup>2</sup>), при которой электрод очищается от этих примесей.

#### § 34. РАСШИРИТЕЛИ

В процессе работы свинцового аккумулятора активная масса отрицательного электрода — губчатый свинец дает усадку, т. е. поверхность свинцовой губки стремится уменьшиться. Для борьбы с этим нежелательным для практики явлением в состав активной массы отрицательного электрода добавляют специально подобранные поверхностно-активные вещества — противоусадочные средства, которые называются *расширителями*. В ряде случаев одно и то же вещество, выбранное в качестве расширителя, выполняет и другие полезные функции, например уменьшает саморазряд аккумулятора и снижает скорость газовой выделению в нем. Расширители улучшают работу свинцового аккумулятора при форсированных режимах разряда, при работе аккумуляторов в условиях холода и при использовании в аккумуляторах более концентрированного электролита.

Таблица 17

Добавки к отрицательной активной массе, применяемые для некоторых групп свинцово-кислотных аккумуляторов

Тип аккумулятора	Содержание добавок, г, на 1 кг свинцового порошка		
	сернистого бария	дубителя БНФ	сажи
	Автомобильные, тракторные, мотоциклетные, катерные, тяговые и др.	3,0—6,0	2,0—4,0
Авиацционные	8,0—9,0	2,0—4,0	2,0—2,5
Стационарные	25—30	—	—

В качестве расширителей свинцовых аккумуляторов применяют сернистый барий (ГОСТ 3158—65), сажу, дубитель БНФ, являющийся продуктом конденсации кристаллического фенола и β-нафтолсульфокислоты с формалином.

Добавки, применяемые для некоторых групп свинцово-кислотных аккумуляторов, приведены в табл. 17.

### § 35. УХОД ЗА СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫМИ АККУМУЛЯТОРАМИ

Из всего многообразия типов свинцовых аккумуляторов различного назначения здесь рассматриваются лишь автомобильные аккумуляторы, эксплуатация которых происходит в сравнительно сложных условиях.

Плотность раствора серной кислоты, заливаемого в автомобильные аккумуляторы, зависит от климатического пояса и времени года. Плотность электролита, заливаемого в стартерные батареи с сепараторами из мипора или мипласта, приведена в табл. 18. Температура электролита, заливаемого в элементы аккумуляторных батарей, не должна превышать 25° С.

Таблица 18

Плотность электролита (при 15° С), заливаемого в стартерные аккумуляторы, г/см<sup>3</sup>, в зависимости от климатического пояса и времени года

Климатический пояс	Время года	Батареи с сепараторами из мипора или мипласта	
		перед первым зарядом	в конце заряда
Крайне северные районы с температурой зимой ниже —35° С	Зима	1,280	1,310
	Лето	1,270	1,270
Северные и центральные районы с температурой зимой до —35° С	Зима	1,255	1,285
	Лето	1,240	1,270
Южные районы	Зима	1,240	1,270
	Лето	1,210	1,240

Таблица 19

Зарядный ток, А, стартерных автомобильных аккумуляторов

Заряд	Тип батареи					
	ЗСТ-65ЭР	ЗСТ-80ПМ	ЗСТ-95ПМ	ЗСТ-110ПМ	6СТ-60ЭМ	6СТ-75ЭМС
Первый . . . . .	3,5	5,0	6,0	6,5	3,5	4,5
Тренировочный . . . . .	5,0	6,5	8,0	10,0	5,0	6,0

Стеклой трубочкой диаметром 3—5 мм с соответствующими делениями проверяют уровень электролита в батареях. Затем электролит доливают с таким расчетом, чтобы его уровень был на 10—15 мм выше предохранительного щитка, установленного над сепараторами. Через 4—6 ч после заливки электролита батарею ставят на заряд. Сила тока первого и последующих (тренировочных) зарядов для каждого типа батарей указана в табл. 19.

Температура электролита перед зарядом не должна превышать 30° С. Заряд продолжается до тех пор, пока не наступит обильное газовыделение во всех элементах, а напряжение и плотность электролита не станут постоянными, сохраняя одни и те же значения на протяжении 3 ч, что служит признаком конца заряда. В процессе заряда надо следить за тем, чтобы температура электролита не поднималась выше 45° С. Продолжительность первого заряда может колебаться в пределах 25—50 ч, что зависит от продолжительности хранения батареи до пуска ее в эксплуатацию. К концу первого заряда доводят плотность электролита до нормальной величины. Для этого с помощью резиновой груши отбирают некоторое количество электролита, заменяя его дистиллированной водой. После первой зарядки батареи могут быть сданы в эксплуатацию.

Новые, не бывшие в употреблении аккумуляторные батареи, надлежит хранить в сухих помещениях с температурой воздуха выше 0° С. Батареи должны быть защищены от прямого попадания солнечных лучей, а пробки батарей плотно ввинчены, причем герметизирующие детали (уплотнительные диски и трубочки) в вентиляционных отверстиях крышки должны находиться на месте.

Батареи, частично бывшие в эксплуатации, а также полученные с заводов вместе с новыми автомобилями, при передаче на хранение следует полностью зарядить, проверить уровень электролита в них, довести его плотность до рекомендуемых значений и вернуть в крышки пробки. Указанным батареям в процессе хранения один раз в три месяца надо давать контрольно-тренировочный цикл по режиму: заряд током нормального заряда, доводка уровня электролита до нормы и разряд током по 10-часовому режиму до напряжения 1,7 В на одном из элементов. Температура электролита в начале разряда должна быть 30±2° С; полученную емкость приводят к температуре 30° С и если она оказывается меньше 90% но-

## Основные неисправности свинцовых аккумуляторов

Неисправность	Признак неисправности	Причина неисправности	Способ устранения неисправности
Сульфатация пластин	Повышенное напряжение в начале заряда и пониженное в конце его	Длительное нахождение пластин в разряженном или полуразряженном состоянии	Провести заряд слабым током в разбавленном растворе
	Незначительное повышение плотности электролита при заряде	Недоразряд Загрязнение органическими веществами	
	Быстрое повышение температуры электролита при заряде	Слишком глубокий разряд Низкий уровень электролита и высокая температура	
	Преждевременное обильное газовыделение	Доливка элементов электролитом	
Короткие замыкания в элементах	Пониженная емкость и резкое падение напряжения при разряде	—	Заменить поврежденные сепараторы Выровнять пластины и сепараторы
	Незначительное повышение плотности электролита при заряде	Повреждение сепараторов (сколы, трещины, отверстия)	
	Непрерывное уменьшение плотности электролита в процессе циклирования	Сдвиг пластины по отношению друг к другу, смещение сепараторов	
	Высокая температура электролита	Накопление шлама на дне сосуда выше опорных призм	
Повышенный саморазряд	Пониженное напряжение при заряде и разряде	Образование свинцовой губки на кромках и ножках отрицательных пластин	Очистить сосуд от шлама Удалить свинцовую губку
	Быстрая потеря емкости после полного заряда	Попадание в элемент токопроводящего предмета	
	Быстрое уменьшение плотности электролита и напряжения при бездействии батарей	Утечка тока по загрязненной поверхности батареи или через пролитый на нее электролит	
	Резкая потеря емкости после нескольких часов или суток отдыха	Загрязнение электролита примесями	
Изменение полярности батарей или отдельных элементов	Уменьшение общего напряжения батарей	Неправильное подключение батареи в зарядную цепь	Протереть поверхность батарей чистой ветошью, смоченной в растворе соды или в нашатырном спирте. Батарею сообщается 2—3 тренировочных цикла
	Резкое уменьшение емкости	Разряд слабых элементов до нуля, вследствие чего разрядный ток батареи для таких элементов становится зарядным и в них происходит перемена полярности	
Повышенный износ пластин	При разряде батарей плотность электролита быстро поднимается до нормальной величины, а при разряде пластины отдадут малую емкость	Систематический заряд батарей большими токами при повышенной температуре (выше 45°С)	Исправить подключение батарей на заряд, изъять слабые элементы
	Отсутствие напряжения на зажимах батарей и отдельных элементах при наличии напряжения на всех других элементах	Расплавление борна на отдельных элементах из-за короткого замыкания во внешней цепи или разряда батареи током, превышающим максимально допустимый	
Обрыв электрической цепи батарей			Изъять из батарей поврежденные элементы и заменить их исправными То же



минальной, то батарею с дальнейшего длительного хранения необходимо снять. Аккумуляторы, имеющие пониженную емкость и низкое напряжение, подлежат снятию с эксплуатации и осмотру в ремонтно-зарядной станции с целью выяснения возможности устранения указанных недостатков.

Причиной этих недостатков могут являться: коррозия решеток положительного электрода, оплывание положительной активной массы, необратимая сульфатация и короткие замыкания. Закономерности большинства этих явлений рассматривались выше. Аккумуляторы,

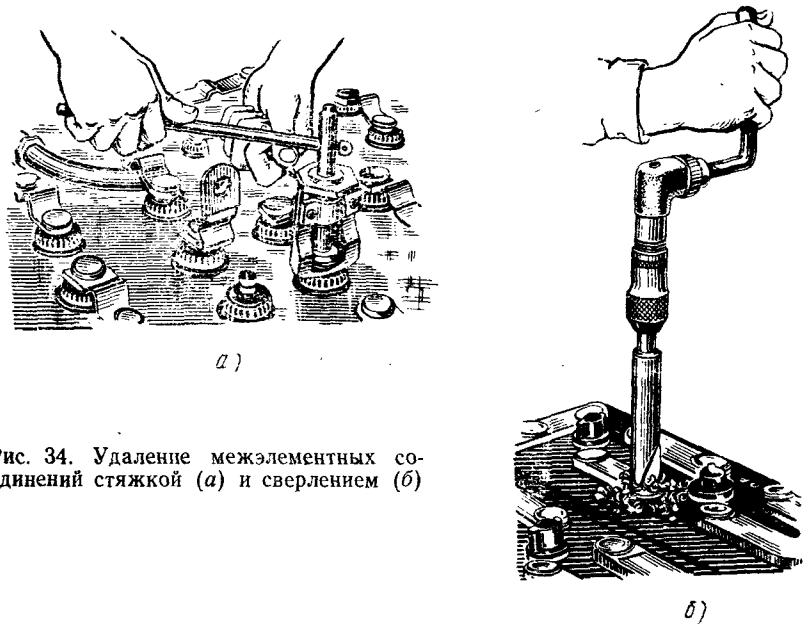


Рис. 34. Удаление межэлементных соединений стяжкой (а) и сверлением (б)

муляторы, вышедшие из строя из-за коррозии решеток или оплывания активной массы, не могут быть возвращены в эксплуатацию, так как эти неисправности не поддаются устранению. Избавиться можно лишь от неполадок, вызванных необратимой сульфатацией пластин и образованием в аккумуляторе коротких замыканий. Основные неисправности свинцовых аккумуляторов приведены в табл. 20.

Короткие замыкания устраняются заменой поврежденных сепараторов, удалением свинцовой губки на краях пластин, очисткой сосуда от шлама, выравниванием пластины и сепаратора, удалением посторонних предметов. Осуществление этих операций требует вскрытия аккумулятора.

Разборку аккумуляторов выполняют следующим образом. Стяжкой или сверлением удаляют межэлементные соединения (рис. 34). Нагретой стамеской прорезают на глубину 12—15 мм заливочную мастику между крышкой и стенками сосуда (эту операцию необходимо проводить не мешкая, так как заливочная мастика

быстро застывает). Плоскогубцами захватывают каждый полюсный вывод, и элемент вытягивают вверх из батарейного бака (рис. 35). На выходе из сосуда элемент задерживают на несколько минут, чтобы дать возможность стечь электролиту. Во избежание окисления отрицательных электродов блок не должен находиться вне сосуда больше чем 15 мин. Рекомендуется время от времени обрызгивать отрицательные электроды водой до тех пор, пока блок не будет помещен снова в бак. Вынутый блок тщательно осматривают, удаляют образовавшуюся на краях электродов губку, выявляют и устраняют короткие замыкания, а дефектные сепараторы заменяют новыми.

Для удаления сепараторов, подлежащих повторному использованию, применяют специальный экстрактор. Сепараторы же, не предназначенные для повторного использования, можно вынимать при помощи стамески.

После удаления сепараторов блоки положительных и отрицательных пластин отделяют друг от друга и замачивают в воде в течение 20 мин. После этого их вынимают из воды и помещают на полки для хранения. Электролит из сосуда выливают, а сосуд промывают сначала водопроводной, а затем дистиллированной водой.

Сборку аккумуляторов начинают с установки новых сепараторов. После установки всех сепараторов элемент помещают в сосуд, на полюсные выводы ставят уплотняющие прокладки из мягкой резины, затем вставляют крышку. Пространство между крышкой и сосудом заливают предварительно разогретой заливочной мастикой и спустя некоторое время горячей стамеской удаляют весь излишек мастики, выравнивая ее до получения гладкой поверхности. Затем устанавливают межэлементные соединения. Последние должны свободно надеваться на полюсные выводы. Пайку полюсных выводов и межэлементных соединений производят ацетилено-кислородным пламенем или электропаяльником. В собранные таким образом элементы наливают необходимое количество электролита, после чего батарею приводят в действие и испытывают.

Наиболее часто встречающимися дефектами кроме указанных в табл. 20 являются коррозия решеток, а также коробление пластин. Усиленная коррозия — результат систематических перезарядов, сокращающих срок службы пластин положительного электрода. Коробление пластин происходит как вследствие коррозионной

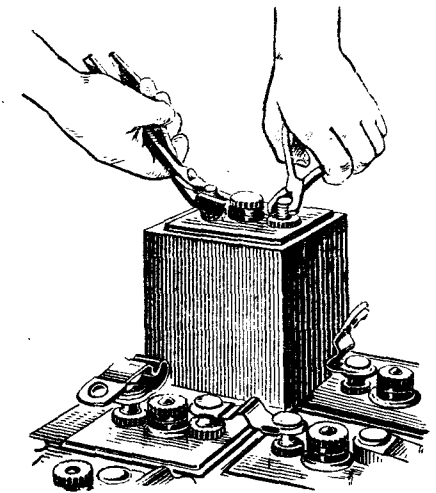


Рис. 35. Удаление элементов из батареи

деформации, так и из-за воздействия систематических недозарядов, ведущих к накоплению сульфата свинца в активной массе и к снижению концентрации электролита.

### КАДМИЕВО-НИКЕЛЕВЫЕ И ЖЕЛЕЗОНИКЕЛЕВЫЕ ЩЕЛОЧНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

#### § 36. ОСНОВНЫЕ ЧАСТИ АККУМУЛЯТОРОВ

Кадмиево-никелевые и железоникелевые щелочные аккумуляторы имеют ряд преимуществ перед свинцово-кислотными аккумуляторами: они прочнее, хорошо сохраняются при перерывах в эксплуатации и обладают более длительным сроком службы. Например, срок службы железоникелевых аккумуляторов с ламельными электродами достигает 1500 циклов заряд—разряда. Удельные электрические характеристики у ламельных щелочных аккумуляторов несколько ниже свинцово-кислотных аккумуляторов, главным образом из-за низкой э.д.с.

Наиболее распространенный тип щелочного аккумулятора с ламельными электродами состоит из следующих частей:

положительных пластин, состоящих из плоских ламелей или трубок с навитой спиралью перфорированной ленты, в которых активным материалом является гидрат закиси никеля;

отрицательных пластин, состоящих из плоских ламелей, в которых активным материалом является либо окись кадмия (в кадмиево-никелевых аккумуляторах), либо окись железа (в железоникелевых аккумуляторах);

электролита — раствора едкого кали или едкого натра в чистом виде либо с добавкой в них небольших количеств гидроокиси лития;

сепараторов — дырчатых пластин из полимерных материалов, устанавливаемых между пластинами разного знака заряда для фиксации их положения в аккумуляторе;

токоведущих частей — борнов, межэлементных соединений и других деталей крепления. Эти детали изготовляют из стали и никелируют гальваническим путем;

стального сосуда, покрытого изнутри и снаружи слоем никеля толщиной 10—15 мкм.

Ламели, в которых заключены активные массы положительных и отрицательных электродов, представляют собой плоскую коробочку, изготовленную из перфорированной и никелированной стальной ленты. Ламели изготовляют шириной 12,6 и 13,3 мм. Толщина ламелей для отрицательных пластин составляет 2,4—2,9 мм, а для положительных — 4,0—4,2 мм. Длина ламелей зависит от конструкции пластин, для которых они предназначены.

При изготовлении пластин ряд ламелей скрепляют между собой и по краям зажимают стальными ребрами. Группа собранных таким образом пластин одного знака заряда, соединенных между

собой мостиками или соединительными стержнями, образует блок электродов (рис. 36).

В положительных пластинах некоторых типов аккумуляторов вместо коробчатых ламелей применяют ламели трубчатой конструкции (рис. 37). Считают, что трубка лучше противостоит набуханию активной массы, чем плоская ламель. Указанные трубки изготовляют также из никелированной перфорированной стальной ленты, скручивая ее в виде спирали. Швы трубок загибают и сглаживают.

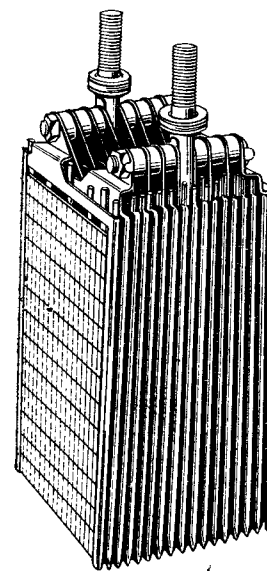


Рис. 36. Блок щелочного аккумулятора

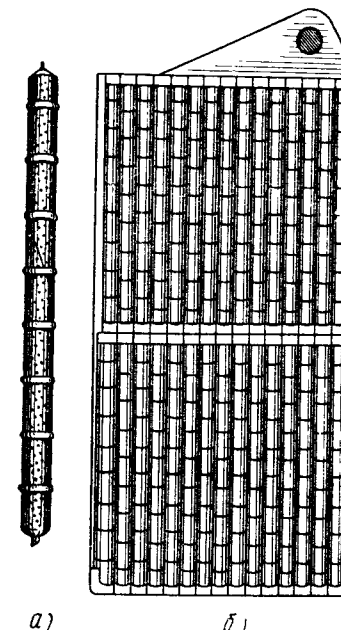


Рис. 37. Внешний вид ламели трубчатой конструкции (а) и пластины, состоящей из трубчатых ламелей (б)

При сборке пластин правые и левые спирали чередуют с целью выравнивания напряжений, которые могли бы искривить трубки. Трубки стандартизованы и имеют толщину 4,64 и 6,35 мм при длине 114 мм. Внешний вид щелочных аккумуляторов и батарей приведен на рис. 38.

#### § 37. РАЗНОВИДНОСТИ ЩЕЛОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Как уже отмечалось, щелочные аккумуляторы различаются по составу активной массы отрицательного электрода. Активная масса состоит из смеси кадмия и железа в никель-кадмиевых аккумуляторах и из железа в железоникелевых аккумуляторах. Железо-

никелевые аккумуляторы в большинстве случаев выпускают с электродами ламельной конструкции и применяют преимущественно в качестве источника тока для различных электровозов, на электрокарах, автопогрузчиках, а также для освещения железнодорожных вагонов. В последнее время освоено также изготовление железоникелевых аккумуляторов с безламельными электродами. Характеристики таких аккумуляторов на 20—30% выше обычных.

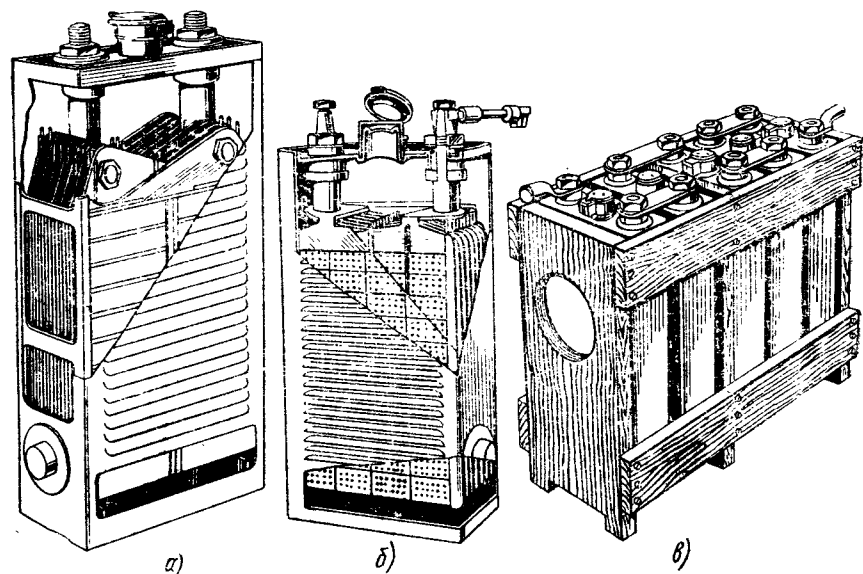


Рис. 38. Щелочные аккумуляторы со сборкой пластин с помощью соединительных стержней (а), со сборкой с помощью сварки (б) и шестивольтовая батарея (в)

К числу недостатков железоникелевых аккумуляторов относят плохую работоспособность при низких температурах и повышенную скорость саморазряда.

За последние годы важное значение приобрели сульфидные соединения, способные работать при низких температурах в железном электроде. При отсутствии сульфидных соединений резко ухудшается работоспособность при низких температурах. Установлено необходимое содержание сульфидных ионов в электроде (от 0,1 до 0,2% к железу).

В железоникелевых аккумуляторах железная активная масса берется в избытке, поэтому емкость аккумулятора ограничивается емкостью положительного электрода.

Кадмиево-никелевые аккумуляторы в зависимости от способа изготовления электродов бывают:

с ламельными электродами, в которых активная масса заключена в металлические коробочки с перфорированными стенками;

Характеристики щелочных аккумуляторов

Тип аккумулятора	Масса, кг	Номинальная емкость, А·ч	Разрядный ток (8-часовой режим $U_k=1$ В), А	Разряд 1-часовым режимом		Зарядный ток (продолжительность заряда 6 ч), А
				ток, А	напряжение в конце, В	
КН-10	0,74	10	1,25	10	0,5	2,5
КН-22	1,67	22	2,75	22	0,5	5,5
КН-45	2,72	45	5,65	45	0,5	11,25
КН-60	4,60	60	7,50	60	0,5	15
КН-100	6,50	110	12,50	100	0,5	25
ЖН-22	1,48	22	2,75	22	0,5	5,5
ЖН-45	1,40	45	5,65	45	0,5	11,25
ЖН-60	4,07	60	7,50	60	0,5	15
ЖН-100	6,05	100	12,5	100	0,5	25
ТЖН-260	18	250	31,3	—	—	62,5
ТЖН-350	27	350	43,75	350	0,5	90
ТЖН-500	30	500	62,5	—	—	125

с металлокерамическими пластинами, в которых активная масса введена в поры металлокерамической пористой пластины, полученной металлокерамическим путем (спеканием карбонильного никеля);

с фольговыми пластинами, в которых активная масса введена в поры тонкого металлического слоя из спеченного карбонильного никеля, нанесенного на никелевую фольгу;

с прессованными пластинами, в которых активная масса спрессована в тонкий брикет. Для токоподвода внутрь пластины вложена металлическая сетка или рамка;

с намазными пластинами, в которых активная масса в виде пасты намазывается на сетку, а затем подпрессовывается.

Основная масса никель-кадмиевых аккумуляторов изготавливается с ламельными электродами и в сосудах с вентиляционными пробками. Некоторое количество никель-кадмиевых аккумуляторов с электродами ламельной или безламельной конструкции изготавливают в герметизированном виде.

Никель-кадмиевые аккумуляторы применяют главным образом для питания установок связи и автономного питания приборов и установок, работающих при низких температурах. В негерметизированных никель-кадмиевых аккумуляторах емкость ограничивается отрицательным электродом. В герметизированных аккумуляторах по причинам, связанным с особенностями этих аккумуляторов, берется избыток кадмиевой массы и емкость герметизированных аккумуляторов ограничивается положительным электродом.

В табл. 21 приведены характеристики основных типов аккумуляторов с ламельными электродами, а в табл. 22 — удельные характеристики некоторых из них при двух различных режимах разряда.

Таблица 22

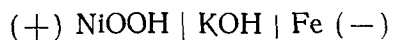
## Удельные характеристики щелочных ламельных аккумуляторов

Тип аккумулятора	Удельная мощность		Удельная энергия	
	Вт/кг	Вт/дм <sup>3</sup>	Вт·ч/кг	Вт·ч/дм <sup>3</sup>
<i>Разряд одночасовым режимом</i>				
НКН-100	13,1	28,7	13,1	28,7
ТЖН-350	10,5	26,9	10,5	26,9
<i>Разряд 10-часовым режимом</i>				
НКН-100	1,85	4,05	18,5	40,5
ТЖН-350	1,4	3,6	14	36

В условном обозначении типа щелочных аккумуляторных батарей первые цифры означают количество последовательно соединенных аккумуляторов; буквы КН или ЖН — соответственно кадмий-никелевые или железоникелевые; буквы перед обозначением КН или ЖН указывают на область применения батареи; НКН — накаливая кадмиево-никелевая батарея; Ф — фонарная; Т — тяговая; цифры после букв — номинальную емкость батарей.

## § 38. ТОКООБРАЗУЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ В ЩЕЛОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРАХ

В основе обычных щелочных аккумуляторов лежат следующие электрохимические системы



Активные массы электродных материалов записаны в состоянии заряда. Теория указанных типов щелочных аккумуляторов складывается из теории действия окисноникелевого, кадмиевого и железного электродов.

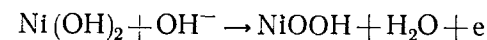
Токообразующие процессы на окисноникелевом электроде. Окисноникелевый (положительный) электрод обычных щелочных аккумуляторов изготовляют из гидрата закиси никеля  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  в смеси с графитом, который является добавкой, улучшающей проводимость электрода.

Гидрат закиси никеля в процессе заряда переходит в соединение  $\text{NiOOH}$ , имеющее определенное кристаллическое строение (так называемая  $\beta$ -форма). Разряженный электрод состоит из гидрата закиси никеля.

Следует отметить, что обогащение материала электрода кислородом при заряде и обеднение при разряде происходят в твердой

фазе непосредственно в тех местах, где частицы гидрата закиси никеля контактируют с графитом.

Процесс заряда окисноникелевого электрода поддерживается ионами  $\text{OH}^-$ , которые, отнимая у зерен гидрата закиси никеля протон, переводят его в  $\text{NiOOH}$



Это и есть реакция заряда окисноникелевого электрода, которая при разряде данного электрода протекает в обратном направлении.

В технической литературе обсуждается природа образующихся при работе окисноникелевого электрода твердых фаз. По новым представлениям заряженный электрод состоит из твердого раствора  $\beta - \text{NiOOH}$  в  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  или из соединения  $\text{NiO}_x \cdot y\text{H}_2\text{O} \cdot z\text{KOH}$ . При оценке этих результатов следует, однако, учитывать, что они базируются на одних лишь данных рентгенографического метода, возможности которого применительно к окисноникелевому электроду ограничены, в частности из-за близости линий  $\beta - \text{NiOOH}$  и  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ .

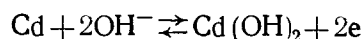
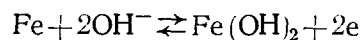
Окисноникелевый электрод весьма чувствителен к действию примесей. На работу электрода вредное действие оказывают железо, магний и алюминий. Влияние указанных примесей сказывается в заметном снижении емкости электрода. Поэтому содержание этих примесей в активной массе по возможности должно быть уменьшено. Желательно, чтобы для каждого из этих элементов оно не превышало 0,035% (по отношению к никелю).

Большое значение для нормальной работы окисноникелевого электрода имеет чистота графита: снижение зольности графита до 0,14% увеличивает емкость электрода на 25—30%. Принято считать, что зольность графита не должна быть более 1%.

К числу добавок, улучшающих работу положительного электрода, относятся соли лития, бария, кобальта и марганца. При наличии в аккумуляторе ионов лития последние, адсорбируясь на зернах активной массы, препятствуют их укрупнению и срачиванию, т. е. сохраняют массу в высокодисперсном состоянии, делая ее более работоспособной как при обычных, так и при повышенных температурах. Введение в активную массу солей бария и кобальта повышает коэффициент использования никеля и увеличивает срок службы электрода. Активирующее действие ионов бария на окисноникелевый электрод проявляется в диспергировании активной массы, облегчении процесса накопления активного кислорода при заряде и более полном использовании его при разряде. Оптимальное содержание бария в электроде составляет 2% по отношению к никелю.

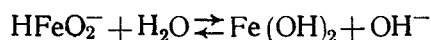
Уменьшение емкости окисноникелевого электрода при хранении происходит вследствие постепенной потери кислорода. Особенно интенсивно отдача кислорода идет в течение первых суток по окончании заряда, что связано с разложением высших окислов никеля. В дальнейшем скорость саморазряда окисноникелевого электрода уменьшается.

Токообразующие процессы на железном и кадмиевом электродах. Для процессов заряда ( $\leftarrow$ ) и разряда ( $\rightarrow$ ) железного и кадмиевого электродов были предложены уравнения

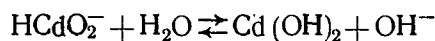


Как показывают реакции, в заряженном состоянии активные массы состоят из чистых металлов, а в разряженном состоянии — из гидроксидов этих металлов. Впоследствии было доказано, что процессы заряда и разряда отрицательных электродов протекают с участием анионов железа и кадмия, количества которых в концентрированных растворах щелочи достаточны для проведения этих электрохимических процессов.

В соответствии с этим представлением электродные реакции для железа и кадмия должны быть записаны следующим образом: для железного электрода



для кадмиевого электрода



Как следует из приведенных реакций, зарядный процесс для железного и кадмиевого электродов протекает одинаково, т. е. через образование анионов этих металлов, восстанавливающихся на катоде до металла. Однако ход зарядных кривых для железного и кадмиевого электродов различен.

Кривая заряда кадмиевого электрода имеет две четко выраженные потенциальные площадки. Первая из них отвечает восстановлению гидроксида кадмия до металлического кадмия и мало отличается от стандартного потенциала кадмия. Вторая площадка заметно отличается от первой (примерно на величину, равную перенапряжению выделения водорода на кадмий). Поэтому выделение водорода при заряде кадмиевого электрода начинается лишь в самом конце зарядного процесса, т. е. после того, как вся активная масса превратится в губчатый кадмий. По этой же причине почти весь зарядный ток расходуется на основной процесс и лишь незначительная его часть — на выделение водорода.

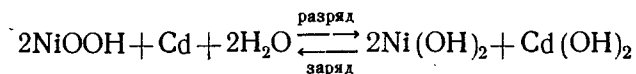
На железном электроде, хотя его стандартный потенциал мало отличается от кадмия, соотношение потенциалов выделения металла и водорода иное: восстановление оксидов железа происходит с большим перенапряжением (около 0,25 В в начале заряда); водородное перенапряжение на железе, наоборот, мало. Поэтому одновременно с восстановлением железа почти с самого начала заряда

происходит разряд ионов водорода. В ходе заряда доля тока, расходуемая на выделение водорода, растет, а доля тока, идущая на восстановление железа, падает. Кривая заряда железного электрода не имеет четко разграниченных областей, отвечающих каждому из электродных процессов, а использование тока оказывается небольшим (порядка 70%).

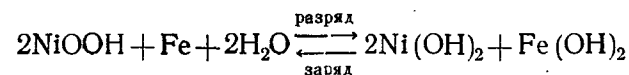
Для кадмиевого электрода наиболее вредными примесями являются соли таллия и кальция, а для железного электрода — соли марганца, алюминия и кальция. Вредные примеси укрупняют кристаллы активных масс и сокращают истинную поверхность электродов. Следствие этих изменений — заметное уменьшение технологической емкости электродов. Активирующей добавкой для железного и кадмиевого электродов являются окислы никеля; сера и мышьяк оказывают активирующее действие на железный электрод. Перечисленные примеси, наоборот, улучшают работу электродов: облегчают зарядный процесс и увеличивают глубину анодного окисления электрода при разряде. Эти изменения приводят к заметному увеличению емкости электродов. Соляровое масло оказывает стабилизирующее действие на кадмиевый электрод. Стабилизация емкости электрода в присутствии солярового масла происходит в результате диспергирования кадмиевой губки. Эффективная концентрация этой добавки равна 8% к массе кадмия.

Таким образом, исходя из описанных выше электродных реакций, можно записать суммарные токообразующие реакции, протекающие в щелочных аккумуляторах:

в кадмиево-никелевых аккумуляторах



в железоникелевых аккумуляторах



Электродвижущая сила кадмиево-никелевых аккумуляторов равна 1,36 В, а железоникелевых — 1,40 В.

Главными недостатками железоникелевых аккумуляторов является большой саморазряд при обычных температурах и быстрая пассивация отрицательного электрода при низких температурах. Указанные недостатки препятствуют полной замене ими более дорогого кадмиево-никелевого аккумулятора.

В отличие от свинцовых аккумуляторов увеличение разрядного тока относительно мало сказывается на емкости щелочных аккумуляторов, но зато резко снижает среднее разрядное напряжение — разрядные кривые делаются менее пологими.

Общие сведения. Герметичные аккумуляторы в отличие от обычных не требуют на протяжении всего срока службы доливки или корректировки электролита, могут заряжаться в закрытом состоянии и допускают эксплуатацию при любом положении в пространстве. Эти аккумуляторы в процессе заряда и разряда не выделяют газов или паров, поэтому могут непосредственно монтироваться в приборах и аппаратах, как и другие электротехнические детали, путем пайки, сварки или зажима гибких проводников под гайку. Конструкция герметичных аккумуляторов обеспечивает их высокую вибро- и ударостойкость.

В настоящее время в герметичном исполнении выпускают только щелочные кадмиево-никелевые аккумуляторы. Для того чтобы осуществить полную герметизацию кадмиево-никелевого аккумулятора, необходимо устранить газовыделение при заряде или обеспечить поглощение выделяющихся газов внутри аккумуляторов.

Для аккумуляторов этого типа характерно сравнительно низкое зарядное напряжение (1,35—1,45 В), мало изменяющееся в процессе заряда. Это объясняется тем, что емкость их отрицательного электрода, как правило, значительно превышает емкость положительного, вследствие чего к моменту полного заряда положительного электрода отрицательный электрод остается частично недозаряженным и содержит еще некоторое количество окислов кадмия, препятствующих повышению потенциала (а следовательно, и повышению напряжения аккумуляторов) и выделению водорода. Конструкция аккумулятора обеспечивает достаточно быстрое поглощение кислорода, выделяющегося при заряде на положительном электроде, активной массой отрицательного электрода. Этот процесс ведет к непрерывной регенерации окислов кадмия на отрицательном электроде и препятствует выделению на нем водорода. Непрерывное окисление кадмиевого электрода газообразным кислородом позволяет сообщать герметичным аккумуляторам такого типа значительные перезаряды или даже эксплуатировать их в режиме непрерывного подзаряда слабым током.

Достаточно быстрое протекание процесса поглощения кислорода при заряде можно осуществить, обеспечив сравнительно свободный доступ газа к поверхности электродов. Это достигается резким снижением количества электролита в аккумуляторе и применением тканевой сепарации. В ряде случаев принимают специальные меры: вводят дополнительные электроды, способствующие газопоглощению, увеличивают открытую поверхность кадмиевого электрода, максимально уменьшают расстояние между положительным и отрицательным электродами и т. п.

Применение малого количества электролита и тканевой сепарации позволяет осуществить плотную сборку, чем достигается достаточно низкое внутреннее сопротивление в герметичных аккумуляторах.

Электрохимические процессы, протекающие на электродах герметичных аккумуляторов, не отличаются от процессов, протекающих в негерметичных аккумуляторах.

Герметичные аккумуляторы на номинальное напряжение 1,25 В предназначены для использования в качестве источника питания в электрических схемах с потреблением тока, численно не превышающим 0,1—0,2 номинальной емкости аккумулятора. При разряде аккумуляторов большими токами отдаваемая емкость несколько меньше номинальной.

Эти аккумуляторы надежно работают при температурах от 0 до +45° С. Они могут найти широкое применение в качестве источника питания в переносных осветительных приборах и радиоаппаратуре. Возможность эксплуатации аккумуляторов в режиме непрерывного подзаряда малым током с питанием от сети переменного тока через малогабаритный выпрямитель обеспечивает им широкое применение в системах аварийного освещения.

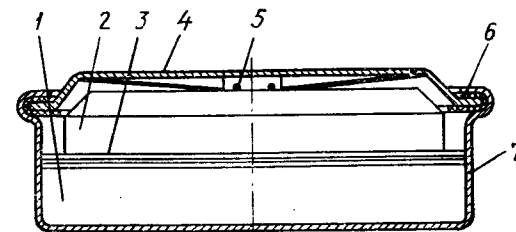


Рис. 39. Герметичный аккумулятор Д-0,06:  
1 — положительный электрод, 2 — отрицательный электрод, 3 — сепаратор, 4 — крышка, 5 — пружина, 6 — изоляционная прокладка, 7 — сосуд (корпус)

Малогобаритные аккумуляторы применяют для питания электрических схем портативных слуховых аппаратов, карманных фонарей, транзисторных радиоприемников и других приборов.

По форме герметичные аккумуляторы бывают дисковые, цилиндрические и прямоугольного сечения. В герметичных аккумуляторах используют металлокерамические, фольговые или ламельные электроды. Ниже описаны наиболее распространенные типы герметичных аккумуляторов малых и средних габаритов.

Дисковые аккумуляторы. Дисковые малогабаритные герметичные аккумуляторы изготовляют следующих типов: Д-0,06, Д-01 и Д-0,2. В обозначении буква Д означает форму аккумулятора (дисковая), число — его номинальную емкость в ампер-часах при 10-часовом режиме разряда.

Аккумуляторы указанных типов конструктивно отличаются только габаритными размерами. Устройство дисковых аккумуляторов показано на рис. 39, на котором в качестве примера приведен разрез аккумулятора Д-0,06. Аккумулятор смонтирован в стальном никелированном сосуде 7 круглой формы с небольшим кольцевым заплечиком.

Стальная никелированная крышка 4 с изоляционной прокладкой 6, опирающаяся на заплечики, герметически скреплена (завальцована) с корпусом. Внутри корпуса помещены положительный и отрицательный электроды 1 и 2, сепаратор 3 и пружина 5.



Электроды представляют собой брикеты из положительной и отрицательной активной массы, запрессованные в никелевую сетку толщиной 0,2 мм. В аккумуляторе Д-0,2 отрицательный электрод безламельный.

Пластинчатая пружина 5 имеет толщину 0,2 мм и служит для обеспечения механического и электрического контактов отрицательного электрода 2 с крышкой 4 и положительного электрода 1 с корпусом 7.

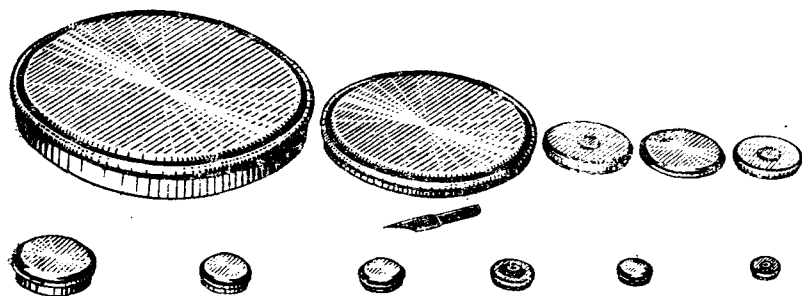


Рис. 40. Внешний вид дисковых аккумуляторов

Изоляционная прокладка 6 изготовлена из винипластовой пленки толщиной 0,4 мм и предназначена для изоляции крышки, являющейся отрицательным выводом аккумулятора, от корпуса, служащего положительным выводом. Кроме того, изоляционная прокладка обеспечивает герметизацию аккумулятора.

Характеристики герметичных аккумуляторов дисковой формы приведены в табл. 23. Общий вид этих аккумуляторов показан на рис. 40.

Таблица 23

Характеристики герметичных аккумуляторов дисковой формы

Тип аккумулятора	Масса, г	Номинальная емкость, А·ч	Зарядный ток, МА	Ток разряда при различных режимах, мА			Удельная энергия	
				10-часовом	3-часовом	1-часовом	Вт·ч/кг	Вт·ч/дм <sup>3</sup>
Д-0,06	3,6	0,06	6	6	20	60	20	70
Д-0,1	4,9	0,1	10	10	33	100	20	65
Д-0,2	14,2	0,2	25	20	65	200	17	75

Цилиндрические аккумуляторы. Герметичные аккумуляторы цилиндрической формы ЦНК-0,2, ЦНК-0,45 и ЦНК-0,85 предназначены для питания транзисторной аппаратуры.

В обозначении буква Ц означает форму аккумуляторов (цилиндрическая), НК — электрохимическую систему (никель-кадмиевая),

число — номинальную емкость аккумулятора в ампер-часах при 10-часовом режиме разряда.

Аккумуляторы конструктивно отличаются друг от друга лишь габаритными размерами. Устройство этих аккумуляторов приведено на рис. 41, на котором в качестве примера показан разрез аккумулятора ЦНК-0,85.

Аккумулятор выполняют в виде цилиндрического корпуса, в котором смонтированы все детали: положительный блок с сепараторами, пластмассовое дно 8 и кольцо 4. Стальной корпус 10 аккумулятора имеет кольцевые канавки, при помощи которых обеспечивается необходимое газовое пространство. Положительный блок с сепарацией состоит из двух положительных электродов 6, имеющих форму полуцилиндра, положительного вывода 1, пластмассовой крышки 2 и капронового сепаратора.

Электроды представляют собой брикеты из активной массы, запрессованной в никелевую сетку толщиной 0,2 мм. Отрицательные электроды 7 выполняют в виде трех одинаковых сегментов, наружный диаметр которых сопрягается с кольцевыми впадинами корпуса, а внутренний — с сепаратором, надетым на положительные электроды. Винипластовое кольцо 4 ограничивает перемещение отрицательных электродов 7 в сторону крышки 2, что предотвращает замыкание отрицательных электродов с положительными через нижнюю часть положительного вывода 1.

Положительный вывод аккумулятора вмонтирован в крышку, а отрицательным выводом служит корпус. В аккумуляторе ЦНК-0,45 отрицательным выводом, кроме того, служит дно аккумулятора, представляющее собой металлический кружок, вставленный с наружной стороны пластмассового дна при закатке аккумулятора.

Характеристики цилиндрических аккумуляторов приведены в табл. 24, их разрядные кривые приведены на рис. 42.

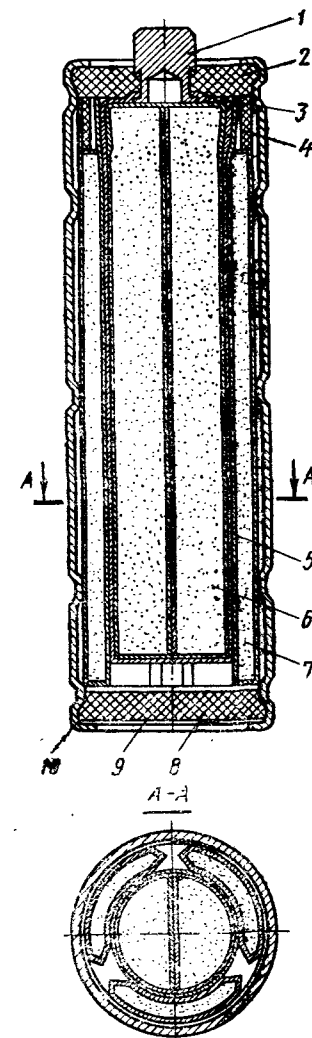


Рис. 41. Герметичный аккумулятор ЦНК-0,85:

1 — положительный вывод, 2 — крышка, 3 — колпачок, 4 — кольцо, 5 — сепаратор, 6 — положительный электрод, 7 — отрицательный электрод, 8 — дно, 9 — отрицательный вывод, 10 — корпус

Характеристики герметичных аккумуляторов цилиндрической формы

Тип аккумулятора	Масса, кг	Номинальная емкость, А·ч	Зарядный ток, мА	Ток разряда при различных режимах, мА			Удельная энергия	
				10-часовом	3-часовом	1-часовом	Вт·ч/кг	Вт·ч/дм³
ЦНК-0,2	0,015	0,2	20	20	65	200	17	62
ЦНК-0,45	0,021	0,45	45	45	150	450	26	76
ЦНК-0,85	0,041	0,85	85	85	280	850	25	70

Аккумуляторы прямоугольной формы. Герметичные аккумуляторы прямоугольной формы обозначают индексом КНГ, что означает кадмиево-никелевый герметичный. Указанные аккумуляторы изготавливаются промышленностью емкостью от 5,5

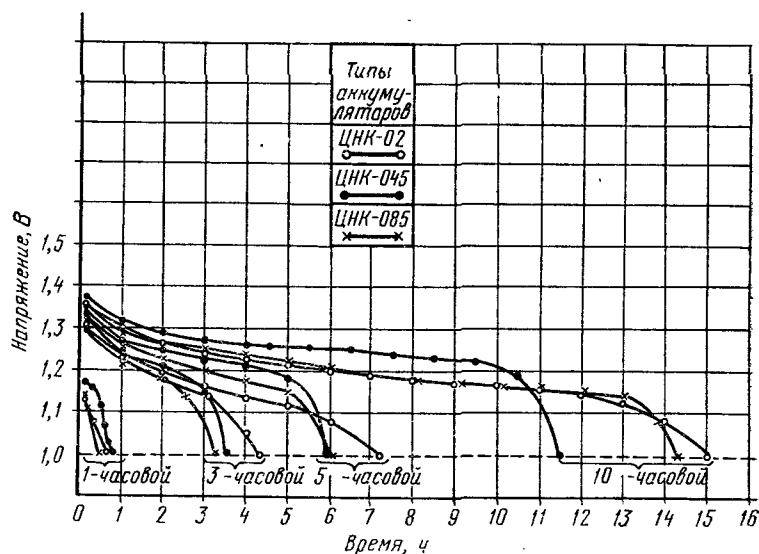


Рис. 42. Разрядные кривые герметичных аккумуляторов цилиндрической формы

до 50 А·ч с безламельными электродами. В качестве сепарации применяют щелочестойкую хлориновую ткань. Электролитом (как и во всех герметичных аккумуляторах) служит раствор едкого кали с добавкой едкого лития.

Аккумуляторы собираются в железных сосудах, окрашенных нитроземалью (рис. 43). Отрицательный полюс аккумулятора выводится на корпус, а положительный — через резиновое уплотнение на изолированный от корпуса выводной контакт. Придонное пространство некоторых типов аккумуляторов заполняется активирован-

Характеристики герметичных аккумуляторов КНГ

Тип аккумулятора	Масса, кг	Номинальная емкость, А·ч	Зарядный ток, А	Ток разряда при различных режимах, мА			Удельная энергия	
				10-часовом	3-часовом	1-часовом	Вт·ч/кг	Вт·ч/дм³
КНГ-5,5	0,35	5,5	0,55	0,55	1,8	5,5	15,7	45,1
КНГ-7,5	0,45	7,5	0,75	0,75	2,5	7,5	16,7	46,3
КНГ-10	0,55	10	1,0	1,0	3,0	10,0	18,2	51,0
КНГ-28	1,50	28	2,8	2,8	9,0	18,0	18,7	52,6
КНГ-50	2,90	50	5,0	5,0	16,5	50,0	17,3	50,4

ным углем, чем обеспечивается интенсивное поглощение газа и низкое давление внутри аккумулятора в процессе эксплуатации. Характеристики аккумуляторов КНГ приведены в табл. 25.

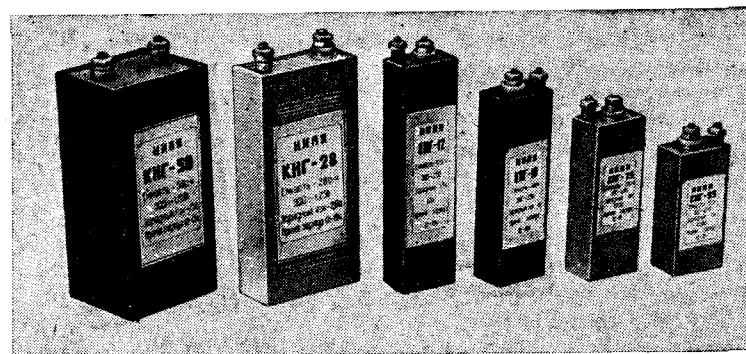


Рис. 43. Внешний вид аккумуляторов КНГ

#### § 40. УХОД ЗА ЩЕЛОЧНЫМИ АККУМУЛЯТОРАМИ

Новые или хранившиеся в сухом виде аккумуляторы заливают электролитом с таким расчетом, чтобы уровень его после двухчасовой пропитки был выше пластин на 5—12 мм.

После того как установлен нормальный уровень электролита, аккумуляторы включают на заряд, который производят в две ступени: сначала током, равным  $Q:4$ , в течение 6 ч, а затем током, равным  $Q:8$ , в течение того же времени, где  $Q$  — емкость в ампер-часах. Разряд аккумулятора осуществляется током второй ступени в течение 4 ч. Указанным режимом производят 2—3 цикла, после чего аккумуляторы могут быть пущены в эксплуатацию.

Основные неисправности щелочных аккумуляторов

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения неисправности
Потеря емкости	Длительная работа на электролите из едкого кали или едкого натра; накопление углекислых солей	Сменить электролит
	Пониженный уровень электролита; обнажение части пластин Систематический недозаряд	Проверить исправность пробки и уплотняющих колец Довести уровень электролита до нормы, произвести усиленный заряд
Повышенный саморазряд	Короткие замыкания Утечка тока Наличие в электролите вредных примесей	Произвести один или несколько усиленных зарядов Удалить сор, имеющийся между элементами, очистить от пыли и грязи и привести в порядок изоляторы
	Короткие замыкания Утечка тока	Осмотреть и очистить аккумуляторы Привести в порядок изоляторы
Отсутствие напряжения на батарее	Примеси в электролите Отсутствие контакта в соединениях между элементами батареи	Сменить электролит Найти место повреждения и восстановить контакт
	Отсутствие электролита в одном из элементов	Залить элемент электролитом
Быстрое образование ползучих солей	Поломка штыря, соединяющего пластины с полюсным зажимом Плохая смазка вазелином, слишком высокий уровень или повышенная плотность электролита, слабость гаек у болтов электродов	Заменить элемент Обновить смазку вазелином Откорректировать плотность электролита и довести его уровень до нормы
	Дефектная приварка крышки Малая плотность электролита Избыток углекислого калия в электролите	Подтянуть болты электродов Отдать аккумулятор в ремонтную мастерскую Перейти на зимний электролит Сменить электролит
Аккумулятор не работает при низких температурах; замерзание электролита	Понижение емкости в жаркое время	Производить заряд в ночное время и по возможности в прохладном месте Заменить электролит составным, а при его отсутствии — едким натром
	Электролит из раствора едкого кали	

Аккумуляторы, хранившиеся с электролитом не более одного года, вводятся в эксплуатацию без смены электролита, при более длительном хранении последний подлежит замене. Ввод в действие указанных аккумуляторов осуществляют описанным способом.

При нормальном заряде в процессе эксплуатации аккумулятору сообщают не менее 150% его номинальной емкости. Температура при заряде не должна превышать 30°С для едкого кали, 40°С для едкого натра и 45°С для составного электролита. В случае превышения указанной температуры необходимо прервать процесс заряда и дать аккумулятору остыть. Заряд аккумулятора при температуре ниже -10°С (до -30°С) производится нормальной силой тока в течение 7 ч. При более низких температурах аккумулятор перед зарядом необходимо утеплить, закрыв его войлоком или брезентом. Заряд, как правило, производится при открытых крышках батарейных ящиков и вывернутых пробках.

Один раз в месяц или через 10—12 циклов аккумуляторы заряжают по режиму, аналогичному режиму приведения в действие.

Систематические недозаряды губят аккумулятор. Форсированные заряды также нежелательны и должны производиться лишь в случае крайней необходимости. Такие заряды производятся по режиму током  $Q : 2$  в течение 2,5 ч и током  $Q : 4$  в течение 2 ч. Разряд щелочного аккумулятора в процессе эксплуатации может производиться до конечного напряжения: при 8-часовом и более длительном режиме разряда — до 1,1 В, при 5-часовом режиме разряда — не менее чем до 0,8 В, наконец, при 1-часовом режиме разряда — не менее чем до 0,5 В.

Через каждые 50—60 циклов, но не реже одного раза в год, рекомендуется производить контрольные электрические испытания с проверкой емкости каждого аккумулятора в батарее. Элементы, отдающие меньше 80% номинальной емкости, подлежат замене новыми.

В процессе эксплуатации перед каждым зарядом следует проверить и при необходимости откорректировать уровень электролита, используя для этой цели дистиллированную или дождевую воду.

Если аккумулятор работает круглый год в неизменных температурных условиях, смену составного электролита производят через каждые 100 циклов, но не реже одного раза в год. Менять электролит раньше указанного срока можно при заметном снижении емкости, если восстановить ее перезарядками не удается.

При переводе на длительное (более 1 года) хранение аккумулятор, находящийся в эксплуатации, разряжают до 1,0 В током по нормальному 8-часовому режиму, выливают электролит и, не промывая аккумулятор, плотно закрывают его пробкой.

Аккумуляторы, периодически (сроком от 2 мес. до 1 года) бездействующие, можно хранить с электролитом в разряженном или полуразряженном состоянии. Не бывшие в эксплуатации аккумуляторы выпускаются заводом-изготовителем готовыми для хранения. Аккумуляторы и батареи должны храниться в чистоте, в сухом, вентилируемом помещении с температурой от 15 до 25°С.

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения неисправности
Выделение пены из аккумуляторов	Наличие в электролите примесей органических соединений	Сменить электролит
Чрезмерный нагрев зажимов	Плохие контакты, слишком сильный ток, недостаток электролита (уровень его ниже уровня пластин) Короткие замыкания между пластинами	Зачистить контакты, Снизить ток Откорректировать уровень электролита Отдать аккумулятор в ремонтную мастерскую

### ЩЕЛОЧНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ С ОКИСНО-СЕРЕБРЯНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ

#### § 41. СЕРЕБРЯНО-ЦИНКОВЫЙ АККУМУЛЯТОР (СЦА)

Третьим типом щелочных аккумуляторов, получившим распространение за последние 15—20 лет, являются аккумуляторы, в которых электродами служат цинк и полуокись серебра.

Впоследствии был применен пористый (намазной) цинковый электрод, работающий в ограниченном объеме электролита.

Преимущества такого электрода заключаются в том, что образующиеся при разряде окись и гидроокись цинка не в состоянии раствориться в малом объеме щелочи. В виде нерастворимых продуктов они отлагаются в порах электрода, не вызывая, однако, пассивации намазного электрода, поскольку последний обладает огромной истинной поверхностью. Применение пористого цинкового электрода, работающего в ограниченном объеме электролита, привело одновременно к заметному уменьшению скорости саморазряда цинка. Исключительно важную роль в создании серебряно-цинкового аккумулятора имел выбор материала сепараторов, который должен был удовлетворять следующим требованиям:

обладать высокой стойкостью в щелочи при обычных и повышенных температурах;

быть устойчивым по отношению к такому сильному окислителю, каким является окись серебра;

набухать в электролите, увеличивая в два-три раза свою толщину (набухание сепаратора, уплотняя сборку, препятствует оплыванию активной массы отрицательного электрода);

препятствовать переносу коллоидных частиц серебра к противоположным электродам.

Лучше других удовлетворяет этим требованиям гидратцеллюлозная пленка (целлофан).

Таким образом, ранее отмеченные трудности были устранены применением цинковых электродов, минимального количества элек-

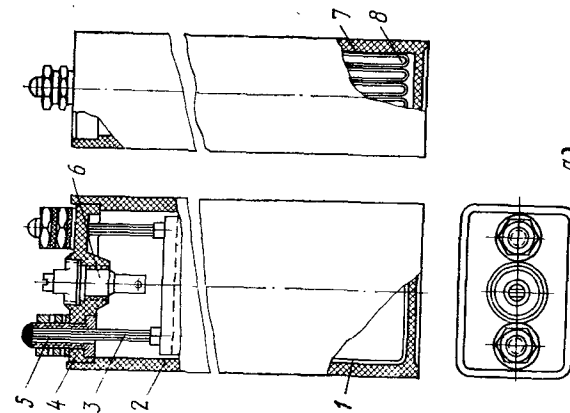
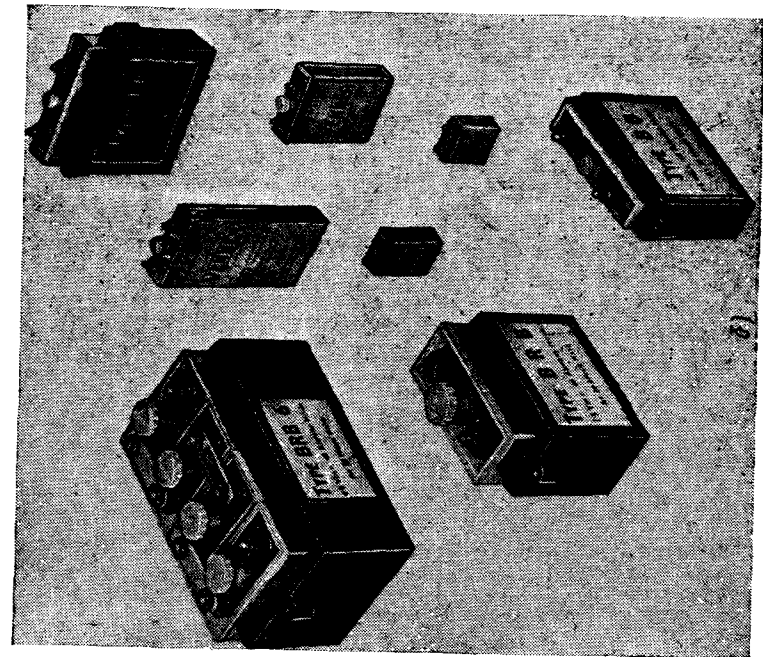


Рис. 44. Схема устройства серебряно-цинкового аккумулятора (а) и внешний вид некоторых серебряно-цинковых батарей (б):  
1 — электролитный пакет, 2 — бачок, 3 — токоотводы, 4 — крышка, 5 — сепары, 6 — клапан, 7 — сепарация, 8 — пластины

тролита и набухающих диафрагм, надежно разделяющих электродные пространства. Все это вместе взятое открыло путь для создания современных серебряно-цинковых аккумуляторов.

Схема устройства серебряно-цинкового аккумулятора показана на рис. 44. Электроды аккумулятора изготавливают в виде тонких пористых пластин 8 и отделяют друг от друга пленочной сепарацией 7. Пластины имеют проволочные токоотводы 3. Электродный пакет 1 помещается в литой пластмассовый бачок 2 с герметично

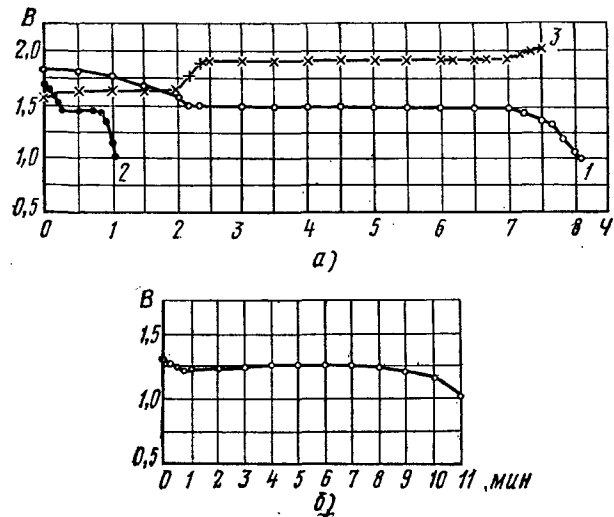
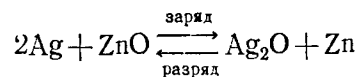


Рис. 45. Зарядные и разрядные кривые серебряно-цинковых аккумуляторов:  
а — разряд токами 3А (1) и 20А (2), заряд током 3А (3),  
б — разряд током 100 А

приклеенной крышкой 4. На крышке находятся борны — полые болты 5, к которым изнутри подведены токоотводы от электродов. В центре крышки расположен газовыделяющий клапан 6. Электролитом служит раствор едкого кали плотностью 1,4 г/см<sup>3</sup> с растворенной в нем до насыщения окисью цинка.

На одной из сторон аккумуляторного бачка нанесены две красные черты, указывающие предельные границы уровня электролита в работающем аккумуляторе.

Основная химическая реакция, протекающая при заряде и разряде серебряно-цинкового аккумулятора, выражается уравнением



При заряде частично образуется и окись двухвалентного серебра (AgO). Последнее обстоятельство обуславливает ступенчатое изменение кривой напряжения при заряде и разряде аккумулятора (рис. 45). Участки более высокого напряжения при заряде и раз-

ряде аккумулятора соответствуют восстановлению или окислению двухвалентного серебра. Этот участок мало заметен при больших токах разряда (кривая 2).

Как показывает кривая 1, при небольших токах разряда на протяжении примерно 80% времени работы источника тока напряжение очень устойчиво и соответствует восстановлению одновалентного серебра. В конце разряда напряжение резко падает. Э.д.с. полностью заряженного аккумулятора равна 1,82—1,86 В.

Характеристики некоторых типов серебряно-цинковых аккумуляторов приведены в табл. 27.

Таблица 27

Характеристики серебряно-цинковых аккумуляторов

Тип аккумулятора	Масса с электролитом, кг	Номинальная емкость при 10-часовом разряде, А·ч	Ток 5-минутного разряда, А
СЦ-0,5	0,024	0,85	2
СЦ-1,5	0,035	1,8	3,5
СЦ-3	0,095	4,5	35
СЦ-5	0,160	7,5	60
СЦ-12	0,195	14	80
СЦ-15	0,245	16,5	95
СЦ-18	0,300	20	120
СЦ-25	0,470	27	150
СЦ-40	0,720	45	180
СЦ-45	0,760	50	200
СЦ-50	0,840	55	250
СЦ-70	1,350	80	400
СЦ-100	1,600	100	600
СЦ-120	1,900	130	650

Удельные характеристики серебряно-цинковых аккумуляторов в несколько раз превышают достигнутые у свинцовых и никель-кадмиевых аккумуляторов (табл. 28). Преимуществом данных аккумуляторов является постоянство напряжения при разряде их большими токами. Отдача по энергии достигает 85%, а по току близка к 100%. Саморазряд серебряно-цинковых аккумуляторов незначителен.

К недостаткам серебряно-цинковых аккумуляторов относят дороговизну и дефицитность исходных материалов (серебра), малый срок службы, плохую работу при низких температурах.

Серебряно-цинковые аккумуляторы применяют в военной технике, в кинескопных и телевизионных камерах, радио- и звуковой аппаратуре и в тех особых случаях, когда незначительная масса и объем аккумулятора являются решающими.

Для приведения в рабочее состояние аккумуляторов и батарей, не залитых электролитом, необходимо произвести внешний осмотр аккумуляторов на отсутствие повреждений и коррозии металличе-

Удельные характеристики некоторых типов аккумуляторов

Наименование аккумулятора	Режим разряда	Удельная емкость, А·ч/кг	Удельная энергия, Вт·ч/кг	Удельная мощность, Вт/кг
Свинцовые стартерные	5-минутный	3,2—4,1	5,4—7	54—90
	1-часовой	9—12,5	18—25	18—25
	10-часовой	11—12,9	22—25	2,1—2,6
Кадмиево-никелевые безламельные	5-минутный	21	16,4	197
	1-часовой	23	27,3	27,3
	10-часовой	23	29	2,9
Серебряно-цинковые	5-минутный	19—31	25—41	300—500
	1-часовой	41—73	60—106	60—106
	10-часовой	65—100	100—150	10—15

ских частей, залить аккумуляторы электролитом (насыщенный окисью цинка раствор едкого кали плотностью 1,4 г/см<sup>3</sup>), провести формировочные зарядно-разрядные и контрольные циклы и рабочий заряд аккумуляторов.

При внешнем осмотре аккумуляторов проверяют целостность бачка и крышки, исправность токоотводов и газывыводящих клапанов, уровень электролита; в сухих, не залитых электролитом аккумуляторах проверяют отсутствие короткого замыкания между электродами.

После заливки электролита вольтметром устанавливают наличие э.д.с. у каждого аккумулятора. Для ускорения заливки и пропитки электродов аккумуляторы с открытыми заливочными отверстиями помещают в барокамеру, давление в которой несколько раз на 5—7 мин снижается от 2 до 8 кПа (15—60 мм рт. ст.) и постепенно повышается до атмосферного. Залитые электролитом аккумуляторы подвергают формировке. Последняя заключается в проведении двух нормальных циклов заряда—разряда. Полноту заряда контролируют либо по времени (емкости), либо по напряжению аккумулятора. Напряжение заряженного аккумулятора должно находиться в пределах от 2 до 2,1 В. Через час после окончания заряда проверяют э.д.с. аккумулятора, которая должна быть в пределах 1,82—1,88 В. После каждого заряда производят разряд аккумулятора определенным током до напряжения 0,6—1,25 В. Залитые электролитом аккумуляторы должны храниться в разряженном виде при 5—10°С, так как при этих температурах лучше сохраняется целлофан.

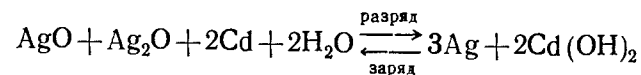
Температура при заряде не должна превышать 60°С. При разряде и низких температурах емкость аккумулятора резко уменьшается, так при —20°С она падает до 50%.

Снижается также среднее разрядное напряжение. Поэтому часто батареи, работающие при отрицательных температурах, подвергают обогреву.

## § 42. СЕРЕБРЯНО-КАДМИЕВЫЙ АККУМУЛЯТОР (СКА)

Начиная с пятидесятых годов были разработаны аккумуляторы, основанные на электрохимической системе: окислы серебра—щелочь—кадмий. В этих аккумуляторах по существу сохранены те же конструктивные принципы, которые были использованы при разработке СЦА: отсутствие тяжелой токоведущей основы, применение электродов, состоящих из прессованных или спеченных активных масс, применение пленочной сепарации и, наконец, плотная сборка элемента. Электролитом в аккумуляторах служит 35—40%-ный раствор едкого кали.

Токообразующие реакции при заряде и разряде СКА могут быть представлены уравнением



Серебряно-кадмиевые аккумуляторы характеризуются большим сроком службы по сравнению с СЦ аккумуляторами, большей практической удельной энергией по сравнению с НК аккумуляторами. Высокий срок службы СК аккумуляторов, вероятно, обусловлен ничтожно малой растворимостью окиси кадмия в электролите (~0,017 г/л), что на несколько порядков уступает растворимости окиси цинка. В соответствии с этим у кадмия заметно слабее выражена тенденция к дендритообразованию и в СК аккумуляторах не наблюдается случаев возникновения внутренних коротких замыканий. Несмотря на это, срок службы СК по сравнению со сроком службы НК небольшой и ограничивается недостаточной химической стойкостью гидратцеллюлозной пленки. Увеличение числа слоев сепараторов заметно повышает срок службы, но при этом уменьшается удельная весовая энергия. Поэтому для дальнейшего увеличения срока службы СК аккумуляторов необходимо создать новые более стойкие пленочные сепараторы.

Важным преимуществом СК аккумуляторов является малая скорость саморазряда и отсутствие газовыделения при хранении как в заряженном, так и в разряженном состоянии. Это позволяет создать герметичную конструкцию СК. Вместе с тем создание СК аккумуляторов герметичной конструкции связано со значительными трудностями, обусловленными тем, что наличие в аккумуляторе газонепроницаемой пленочной сепарации затрудняет доступ выделяющегося при перезаряде кислорода к активной массе отрицательного электрода. Однако эти трудности были обойдены выбором соответствующих режимов заряда. Серебряно-кадмиевые аккумуляторы герметичной конструкции выпускают как у нас, так и за рубежом. Поскольку потенциал кадмиевого электрода на 0,45 В положительнее потенциала цинкового электрода, то э.д.с. СЦ аккумуляторов на такую же величину больше э.д.с. СК аккумуляторов.



Форма зарядных и разрядных кривых аккумуляторов обеих систем одинакова и обусловлена серебряным электродом. В табл. 29 приведены сравнительные данные трех различных типов щелочных аккумуляторов с отрицательными электродами из кадмия и цинка и положительными электродами из гидрата окиси никеля и окислов серебра.

Таблица 29

Характеристики аккумуляторов со щелочным электролитом

Тип аккумулятора	Потеря емкости в течение 3 мес., %	Удельная энергия		Э. д. с., В	Разрядное напряжение, В, при режимах		Срок службы	
		Вт·ч/кг	Вт·ч/л		длительном	1-часовом	циклы	месяцы
НК	До 30	25—30	100	1,45	1,20	1,0	10000—1500	40—50
СК	0—5	75	160	1,40	1,08	0,8—0,9	300—500	15—18
СЦ	5—10	100	220	1,86	1,50	1,25—1,30	50—100	15—18

Предложены различные методы изготовления электродов для СК аккумуляторов. В частности, электроды для герметичных аккумуляторов емкостью 1,5 А·ч (СК-1,5) изготавливают следующим образом: серебряный порошок прессуется на каркасы из серебряной проволоки, затем производится спекание электродов в печи, т. е. предлагается та же технология, что и при изготовлении окисно-серебряного электрода для СЦА.

Отрицательный электрод готовится прессованием окиси кадмия или металлического кадмия на сетчатый или проволочный каркас. Аккумулятор СК-1,5 при средних режимах разряда имеет следующие удельные характеристики: 46 Вт·ч/кг и 80 Вт·ч/л. Срок службы этих аккумуляторов при добавлении в отрицательную активную массу 5% медного порошка заметно увеличивается и достигает 300 циклов.

За рубежом в настоящее время разрабатываются цилиндрические герметичные СК аккумуляторы для применения в ракетах и спутниках. Электроды этих аккумуляторов имеют вид фольги, свернутой в рулон. Аккумуляторы, собранные в прочных стальных сосудах, выдерживают значительное давление. Удельная энергия этих аккумуляторов при 1—5- и 20-часовом режиме разряда составляет 57, 62 и 67 Вт·ч/кг соответственно и примерно вдвое превышает удельную энергию герметичных НК аккумуляторов аналогичной конструкции. Важной особенностью новых аккумуляторов является то, что они могут хорошо работать и при коротких режимах разряда.

Емкость при 10-минутном режиме разряда ниже емкости при 4-часовом разряде всего на 5%, а удельная энергия — на 20%. Это ставит под сомнение предположение о непригодности СК аккумуляторов для жестких режимов работы.

#### Контрольные вопросы

1. Назовите основные части свинцовых аккумуляторов.
2. Назовите основные разновидности щелочных аккумуляторов.
3. Расскажите о механизме токообразующих процессов в свинцовом аккумуляторе.
4. Какие токообразующие реакции протекают в щелочных аккумуляторах типа ЖН и НК?
5. В чем преимущества и недостатки серебряно-цинковых аккумуляторов по сравнению со свинцовыми и щелочными аккумуляторами?

## Глава IV. ВАЖНЕЙШИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АККУМУЛЯТОРОВ

Электродвижущая сила. *Электродвижущей силой* (э.д.с.)  $E$  аккумулятора называется разность его электродных потенциалов при разомкнутой цепи, т. е. при отсутствии тока в цепи:

$$E = \varphi_+ - \varphi_-, \quad (35)$$

где  $\varphi_+$  и  $\varphi_-$  — соответственно равновесные потенциалы положительного и отрицательного электродов.

Величину э.д.с. измеряют вольтметром с большим внутренним сопротивлением или потенциометром. Э. д. с. батареи  $E_b$ , состоящей из  $n$  источников тока, соединенных последовательно, равна сумме э.д.с. отдельных аккумуляторов

$$E_b = nE. \quad (36)$$

Внутреннее сопротивление. *Внутренним сопротивлением аккумулятора*  $r$  называется сопротивление, оказываемое им при прохождении внутри него постоянного тока

$$r = r_0 + r_n. \quad (37)$$

Первое из этих слагаемых  $r_0$  называется омическим сопротивлением и представляет собой сумму сопротивлений электродов и электролита. Появление второго слагаемого  $r_n$  обусловлено изменением электродных потенциалов при прохождении тока. Поэтому оно называется *сопротивлением поляризации*. Величина его зависит от силы тока.

В процессе разряда аккумулятора внутреннее сопротивление увеличивается, так как обе его составляющие  $r_0$  и  $r_n$  возрастают из-за изменения состава электролита и электродов (главным образом поверхностного слоя). Величина внутреннего сопротивления зависит также от размеров и конструкции аккумулятора: чем больше размеры аккумулятора и чем меньше расстояние между пластинами, тем меньше его внутреннее сопротивление. Значения  $r$

при разряде и заряде аккумулятора выражаются формулами

$$r_p = \frac{E - u_p}{I_p}; \quad (38)$$

$$r_3 = \frac{u_3 - E}{I_3}, \quad (39)$$

где  $u_3$  — зарядное напряжение;  $u_p$  — разрядное напряжение;  $E$  — э.д.с.,  $I$  — ток.

Разрядное и зарядное напряжения. Разрядное ( $u_p$ ) и зарядное ( $u_3$ ) напряжения связаны с э.д.с. аккумулятора  $E$  уравнениями

$$u_p = E - r_p I_p, \quad (40)$$

$$u_3 = E + r_3 I_3. \quad (41)$$

Средние значения напряжения аккумулятора при заряде и разряде могут быть определены как средние арифметические из ряда значений напряжения, измеренных через равные интервалы времени.

Емкость, энергия и отдача. Емкость аккумулятора представляет собой меру электрохимических реакций, происходящих в аккумуляторе, и выражается в ампер-часах. Различают зарядную и разрядную емкость аккумуляторов.

Емкостью при заряде  $Q_3$  называют количество электричества, которое требуется израсходовать при заряде аккумулятора в данных условиях. Значение  $Q_3$  при постоянной силе тока находят умножением зарядного тока на продолжительность заряда

$$Q_3 = I_3 T_3. \quad (42)$$

Разрядной емкостью  $Q_p$  называется то количество электричества, которое может быть получено от аккумулятора при данных условиях работы, т. е. при данной температуре, данных величинах разрядного тока и конечного разрядного напряжения. Разрядную емкость при постоянной силе тока находят умножением силы тока на продолжительность разряда:

$$Q_p = I_p T_p. \quad (43)$$

Емкость аккумулятора зависит от количества заложенных в него активных материалов и степени их использования. Использование активных материалов тем лучше, чем слабее ток разряда и чем выше температура электролита. Увеличение температуры имеет некоторый предел, выше которого нормальной работе аккумулятора препятствуют побочные явления.

Кроме указанных емкостей существует *номинальная* или *гарантированная емкость*. Номинальной называется минимально допустимая емкость источника тока, которую тот должен отдавать в режиме работы, указанном заводом-изготовителем (нормальный ре-

жим). Фактическая емкость источника тока обычно на 10—20% превосходит величину его номинальной емкости.

Разрядная емкость аккумулятора зависит от температуры и плотности тока.

Для вычисления емкости при различных температурах пользуются уравнением

$$Q_{t_1} = \frac{Q_{t_2}}{1 + \alpha(t_2 - t_1)}, \quad (44)$$

где  $Q_{t_1}$  — емкость, найденная при  $t_1$ ;  $Q_{t_2}$  — емкость, рассчитанная при  $t_2$ ;  $\alpha$  — температурный коэффициент емкости, равный 0,007—0,008 для аккумуляторов с толстыми пластинами и 0,01 — для аккумуляторов с тонкими пластинами.

Для определения емкости при других плотностях тока применяется формула Пейкерта

$$I^z T = k, \quad (45)$$

где  $I$  — разрядный ток, А;  $T$  — время разряда, ч;  $z$  и  $k$  — постоянные.

Значения  $z$  и  $k$  определяются следующим образом. Для двух различных режимов, для которых токи и продолжительность разряда соответственно равны  $I_1, T_1$  и  $I_2, T_2$ , очевидно, можно записать

$$I_1^z T_1 = I_2^z T_2 = k$$

или после логарифмирования

$$z = \frac{\lg T_2 - \lg T_1}{\lg I_1 - \lg I_2}.$$

Постоянная  $k$  может быть определена из предыдущего уравнения. Зная  $k$  для данного аккумулятора и  $z$  для всех аккумуляторов аналогичного типа, можно вычислить емкость при любой другой силе тока. Величина  $z$  колеблется для различных типов свинцовых аккумуляторов в пределах от 1,35 до 1,72, причем для стационарных типов она равна 1,35.

Если обозначить через  $Q_1$  известную емкость аккумулятора при разряде током  $I_1$  в течение  $T$ , то искомую емкость  $Q_2$  при разряде током  $I_2$  можно определить по формуле Пейкерта следующим образом

$$Q_2 = Q_1 \left( \frac{I_1}{I_2} \right)^{z-1}. \quad (46)$$

Энергия аккумулятора  $W$  выражается произведением его емкости на среднее напряжение

$$W_p = Q_p \bar{U}_p; \quad (47)$$

$$W_3 = Q_3 \bar{U}_3. \quad (48)$$

Для аккумуляторов различают величины отдачи по емкости  $\eta_e$ , по энергии  $\eta_w$  и по напряжению  $\eta_u$ .

Значения этих величин при постоянной силе тока находят по формулам

$$\eta_Q = \frac{I_p T_p}{I_3 T_3} = \frac{Q_p}{Q_3}; \quad (49)$$

$$\eta_W = \frac{Q_p \mu_p}{Q_3 T_3} = \frac{W_p}{W_3}; \quad (50)$$

$$\eta_u = \frac{\bar{U}_p}{\bar{U}_3}. \quad (51)$$

При равенстве и постоянстве зарядного и разрядного токов можно показать, что

$$\eta_W = \eta_Q \eta_u. \quad (52)$$

Для сравнения различных типов аккумуляторов пользуются удельными величинами: емкостью, энергией или мощностью, отнесенными к единице массы или объема источника тока.

Удельную емкость выражают в ампер-часах на 1 кг или на 1 л, удельную энергию — в ватт-часах на 1 кг или 1 л, удельную мощность — в ваттах на 1 кг или 1 л.

Саморазряд и срок службы. *Саморазрядом* называется бесполезная самопроизвольная потеря емкости аккумулятора при разомкнутой внешней цепи. Этот процесс вызван главным образом взаимодействием активных масс электродов и электролита. Саморазряд  $C$  обычно выражается в процентах потери емкости за сутки.

$$C = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1 t} \cdot 100, \quad (53)$$

где  $Q_1$  и  $Q_2$  — емкости аккумулятора до и после хранения;  $t$  — продолжительность хранения в сутках.

В тех случаях, когда саморазряд сопровождается заметным выделением газов на электродах, что имеет место, например, в случае саморазряда отрицательного электрода свинцового аккумулятора скорость саморазряда может быть определена измерением объема газа, выделившегося за определенное время. Расчет скорости саморазряда для каждого из электродов производится согласно формулам

$$C_+ = \frac{V_0}{0,209Qt} \cdot 100, \quad (54)$$

$$C_- = \frac{V_0}{0,418Qt} \cdot 100, \quad (55)$$

где  $V_0$  — объем выделившегося газа при нормальных условиях; 0,209 и 0,418 — объемы кислорода и водорода, выделившиеся при саморазряде, равном 1 А·ч.

Для аккумуляторов важной эксплуатационной характеристикой является также срок их службы. Срок службы выражают либо во

времени, в течение которого аккумулятор пригоден для разрядов и зарядов, либо числом циклов заряда и разряда, в течение которых аккумулятор способен отдавать емкость не ниже предусмотренной для данного типа.

#### Контрольные вопросы

1. Из каких слагаемых состоит полное внутреннее сопротивление аккумулятора?
2. Напишите формулы внутреннего сопротивления при заряде и разряде аккумулятора.
3. Напишите формулы зарядного и разрядного напряжения аккумулятора.
4. Каково соотношение фактической и номинальной емкостей аккумулятора?
5. Чем вызван саморазряд аккумулятора? В каких единицах он выражается?

## Глава V. СЕПАРАТОРЫ, БАКИ И ЗАЛИВОЧНАЯ МАСТИКА

### § 43. СЕПАРАТОРЫ ДЛЯ СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

**Назначение микропористых сепараторов и требования, предъявляемые к ним.** В современных свинцовых аккумуляторах применяют микропористые сепараторы, которые предохраняют пластины разного знака от коротких замыканий, фиксируют расстояние между пластинами для предупреждения их сдвига при тряске аккумулятора и создают необходимый запас электролита в междуэлектродном пространстве и у электродов, обеспечивая высокую электропроводность.

Качество сепараторов существенно влияет на работу аккумулятора. Так, их омическое сопротивление определяет величину емкости аккумуляторов при разряде короткими режимами. Сепараторы изменяя условия доступа кислоты к электродам, могут усилить или наоборот, замедлить оплывание активной массы положительных пластин и скорость сульфатации отрицательных пластин, тем самым оказывая заметное влияние на срок службы аккумуляторов.

К микропористым сепараторам предъявляются следующие требования:

- высокая химическая стойкость;
- достаточная механическая прочность и эластичность;
- возможно малое значение относительного электросопротивления (см. сноску к табл. 30);
- постоянство свойств и минимальная гигроскопичность при длительном хранении;
- способность быстро пропитываться электролитом;
- доступность и дешевизна исходного сырья и простота изготовления.

Если учесть все эти обстоятельства, то нельзя не отметить, что число сепараторов, нашедших практическое применение, относи-

тельно невелико. В Советском Союзе применяют сепараторы из мипора, мипласта, пластипора и поровинила.

**Технология изготовления сепараторов.** М и п о р (микропористый эбонит) для сепараторов в настоящее время выпускают двух видов: из ревертекса и так называемый ПН. Сырьем для обоих типов является натуральный каучук.

Ревертекс представляет собой консервированный латекс — млечный сок каучуковых растений. Это дефицитный материал.

Мипор ПН готовят, смешивая натуральный каучук сортов «Креп» или «Смокед-Щит» с силикагелем и серой и подвергая смесь вулканизации.

Ребристый мипор можно изготовить двумя способами. По первому способу сначала готовят гладкий толстый лист, в котором фрезой выбирают канавки между ребрами. Главный недостаток этого способа — большие потери каучука в виде стружки. В результате ребристый мипор обходится в несколько раз дороже гладкого.

По второму способу на гладком тонком листе мипора выдавливаются штампом круглые или овальные выступы — бугорки, заменяющие ребра. Этот способ является более рациональным, так как позволяет избежать потерь дефицитного сырья.

Мипор наилучшим образом удовлетворяет большинству из перечисленных выше требований. Он особенно хорош в тех случаях, когда необходима надежная защита от коротких замыканий. Использование мипора позволило разработать ряд новых конструкций аккумуляторов с уменьшенным расстоянием между электродами и большим сроком службы.

Недостатками мипора являются относительно малая скорость пропитки электролитом, дефицитность сырья, а также то, что выпуск очень тонких сепараторов (0,2—0,3 мм) из мипора до настоящего времени не освоен.

Мипор применяют для аккумуляторов легковых автомобилей и самолетов.

**М и п л а с т** — микропористый полихлорвинил, полученный методом спекания. Этот сепаратор мгновенно пропитывается электролитом, обладает удовлетворительной механической прочностью, весьма высокой химической стойкостью. Сепараторы из мипласта изготовляют в широком ассортименте, в том числе и толщиной 0,2—0,3 мм; исходное сырье для мипласта (полихлорвиниловая смола) менее дефицитно. Все это делает мипласт наиболее перспективным материалом для изготовления сепараторов.

Производство сепараторов из мипласта состоит из следующих операций: сушки смолы, отсева включений, формовки сепараторов, спекания и охлаждения сепараторной полосы, снятия сепараторов с форм, резки полосы на отдельные сепараторы, их промывки, обработки поверхностно-активными веществами, сушки, разбраковки исправления брака, упаковки.

Ниже даются краткие пояснения к отдельным операциям механизированного потока.

**Назначение сушки** — придать смоле сыпучесть, удалить влагу и отогнать летучие вещества. Сушка необходима, так как влажная смола плохо укладывается на форму или ленту и при спекании дает трещины. Но чрезмерная сушка вредна, поскольку вызывает спекание отдельных частиц смолы, что также затрудняет укладку ее на ленту. Пересушенную смолу необходимо некоторое время выдерживать, дать ей время набрать влагу и снова приобрести сыпучесть. Оптимальный режим сушки: 90—100° С в течение 1 ч.

**Отсев включений** производят для удаления случайных примесей — соринок. Последние надежно задерживаются на сите № 015 при просеве через него исходной смолы.

**Формовка сепараторов** возможна либо вручную в стальных формах, либо на ленточной машине. В последнем случае смолу настилают на гладкую никелевую ленту, а ребра выдавливают валиком. Усадка смолы в процессе формовки составляет около 20%. Поэтому глубина форм должна быть на 20% больше заданной толщины сепараторов.

**Спекание сепараторов** производят при 215—230° С в течение 6—12 мин в зависимости от толщины листов. При слишком высокой температуре спекания смола с поверхности обугливается, в то время как внутренний слой ее еще не успевает спечься. Кроме того смола слишком быстро размягчается и иногда вместо пористого сепаратора получается сплошной сплавленный лист. Наконец, при слишком высокой температуре спекания бывает трудно обеспечить равномерность нагрева по всей площади листа. Спекание при чрезмерно низкой температуре необоснованно удлиняет процесс и снижает прочность сепараторов.

**Снятие сепараторов с форм** должно производиться только после охлаждения последней до 60° С. Для ускорения оборота форм применяют искусственное охлаждение — кладут формы на охлаждаемую стальную плиту. Благодаря этому длительность охлаждения сокращается до 2—3 мин.

При непрерывном изготовлении сепараторов их снятие со стальной ленты значительно облегчается по сравнению с ручными формами.

**Промывка сепараторов и обработка их поверхностно-активными веществами.** В процессе спекания происходит незначительное разложение полихлорвиниловой смолы, в результате чего в сепараторах появляются растворимые соединения хлора. Между тем содержание хлора в мипласте по техническим условиям не должно превышать 0,002%. Поэтому изготовленные сепараторы приходится промывать теплой водой в течение 2—4 ч.

Ребристые сепараторы, подлежащие промывке, можно укладывать без разделителей, гладкие же надо помещать в специальные каркасы, облегчающие циркуляцию воды.

При промывке одновременно с хлором из сепараторов частично вымывается и эмульгатор, обеспечивающий их хорошее смачивание. Для восполнения этой потери рекомендуется промытые сепараторы погружать на полчаса в раствор сульфанола (0,5 г на 1 л воды)

после чего направлять сепараторы на сушку. Такая обработка сообщает мипласту мгновенную смачиваемость.

Сушку сепараторов производят в сушилке с циркуляцией воздуха, нагретого до 50—60° С. Выдерживание сухих сепараторов на воздухе показало, что влажность составляет 0,5—1% влаги от массы сепаратора. Такое количество влаги для аккумуляторов совершенно безвредно (мипор в тех же условиях набирает 1—1,5% влаги).

При разбраковке сепараторов определяют: размер сепараторов и соответствие их чертежам, электрическое сопротивление, механическую прочность, наличие слишком крупных пор и загрязнений, полноту отмывки от хлора.

Исправлению подлежат три вида забракованных сепараторов:

у слишком толстых сепараторов наждачной бумагой снимают излишнюю толщину;

недостаточно отмытые сепараторы промывают повторно;

при наличии отдельных мельчайших отверстий их заливают мастикой, состоящей из ди-

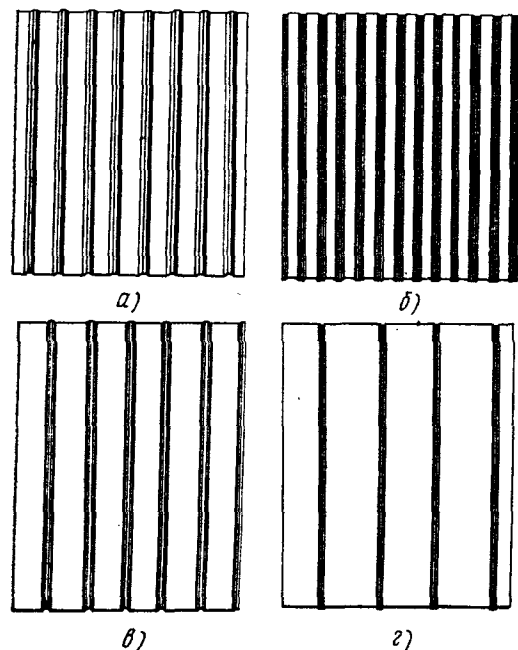


Рис. 46. Микропористые сепараторы:  
а — мипласт, б — мипор, в — асбокартон, з — порвинил (порвиг)

хлорэтана (50 мл), бензола (50 мл), 10 г битума № 5 и 10 г перхлорвинилового смолы.

В настоящее время мипластовые сепараторы применяют в стартерных и некоторых других типах аккумуляторов. Однако следует иметь в виду, что использование очень тонкого мипласта возможно только в аккумуляторах с небольшим сроком службы, так как такие тонкие сепараторы не защищают от коротких замыканий.

Внешний вид некоторых микропористых сепараторов показан на рис. 46.

Новый дешевый вид микропористого сепаратора был получен из смеси древесной массы с кислотостойким антифилиновым асбестом — асбодревесный сепараторный картон. Разработаны два варианта проклейки картона (латексом синтетического каучука СКС-30 и фенолформальдегидной смолой С-1) и способ нанесения на асбо-

картон ребер из смолы С-1 с наполнителем. Указанные сепараторы найдут широкое применение в массовых типах аккумуляторов, где сейчас используют более дорогие сорта сепараторов.

Из микропористых сепараторов, разработанных в последние годы, следует упомянуть о пластипоре и поровиниле.

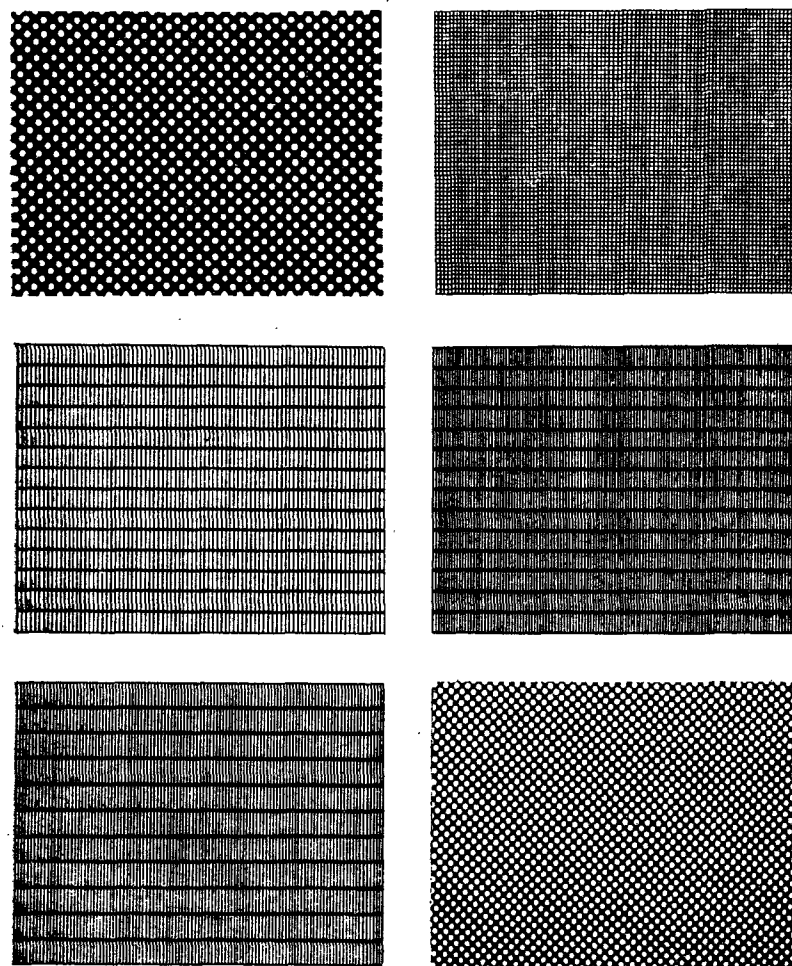


Рис. 47. Сепараторы из перфорированного винилпласта и перфорированного щелевидного збонита

Пластипор — новый сепаратор из перхлорвинилового смолы. Он отличается высокой объемной пористостью, что позволяет увеличить запас электролита в аккумуляторах, и при использовании в

аккумуляторах улучшает их показатели по сравнению со сборкой с существующими серийными сепараторами.

**Порovinил** — новый сепаратор из микропористого полихлорвинила. Отличается высокой объемной пористостью и большой эластичностью. Может быть получен в различных вариантах, отличающихся по диаметру пор и эластичности.

В свинцовом аккумуляторе применяют также сепараторы из волнистого перфорированного винипласта, перфорированного и прорезного эбонита и стеклянного войлока. Внешний вид некоторых из этих сепараторов показан на рис. 47.

Первые два используются в комбинации с различными микропористыми сепараторами и служат для фиксирования расстояния между электродами, для облегчения доступа кислоты к положительному электроду. Стекловолокнистые сепараторы применяются в основном для предохранения от оплывания положительной активной массы. Одновременно эти сепараторы служат как бы резервуаром для электролита. Однако в них легко удерживаются и газовые пузыри, что нежелательно по многим причинам. Физико-химические свойства наиболее распространенных сепараторов приведены в табл. 30.

Таблица 30

Физико-химические показатели различных сепараторов

Показатель	Мипор		Минпласт
	ПН	ревертексный	
Относительное электросопротивление *	4,5**	4,5**	4***
Скорость пропитки, ч	3—6	3—6	Мгновенно
Сопротивление разрыву, кгс/см <sup>2</sup>	>15	>15	>20
Объемная пористость, %	50—66	50—55	45—55
Максимальный диаметр пор, мкм	3—6	6—10	35—50
Средний диаметр пор, мкм	0,3	—	8—12
Влажность по ТУ, %	<5	<5	<5
Изменения под действием сериной кислоты	Стоек	Стоек	Стоек
Изменения под действием окислителей	Разрушается	Разрушается	Стоек

\* Отношение электрического сопротивления сепараторов, пропитанных каким-либо раствором электролита, к сопротивлению эквивалентного (по толщине и сечению) слоя того же электролита.

\*\* Измерено спустя 24 ч после пропитки.

\*\*\* Измерено спустя 1 ч после пропитки.

#### § 44. СЕПАРАТОРЫ ДЛЯ ЩЕЛОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Большинство обычных щелочных аккумуляторов выпускают в ламельном исполнении, в котором сепараторы выполняют только одну функцию: фиксируют расстояние между электродами.

Для этой цели применяют следующие виды сепараторов: волнистый винипласт, гладкие дырчатые планшеты из винипласта с ребрами, литые полистироловые рамки.

Волнистый винипласт как сепаратор для щелочных аккумуляторов имеет ряд преимуществ перед эбонитовыми палочками, винипластовые листы прочны и эластичны. Применение сепаратора из волнистого винипласта позволяет механизировать процесс сборки аккумуляторов.

Недостатком этого сепаратора является то, что он несколько больше экранирует поверхность электродных пластин, чем эбонитовые палочки.

Производство волнистого перфорированного винипласта состоит из следующих основных операций: получение каландрированной (прокатка с одновременной калибровкой) винипластовой пленки толщиной 0,2—0,4 мм; перфорация пленки на пробивном штампе непрерывного действия; гофрирование пленки путем пропускания ее между двумя подогреваемыми профилированными вальками.

Ниже приведены некоторые показатели гофрированного винипласта: толщина пленки — 0,45 мм; высота волны — 1,8—2,0 мм, шаг волны — 4—5 мм; степень открытия — 55%; диаметр отверстия — 2,8 мм; шаг между центрами отверстий — 3,1 мм; масса 1 м<sup>2</sup> — 277 г.

Гладкие дырчатые планшеты из винипласта с ребрами, нанесенными с одной стороны, применяют в щелочных аккумуляторах некоторых заводов.

Такие сепараторы характеризуются следующими данными: толщина пленки — 0,4 мм, толщина с ребром — 0,95 мм, диаметр отверстий — 2,5 мм, шаг между центрами отверстий — 3,4 мм, шаг между рядами — 3,0 мм, расстояние между осями ребер — 12 мм, степень открытия — 47—50%.

Электрические характеристики аккумуляторов, собранных с гладкими дырчатыми планшетами, заметно хуже характеристик аккумуляторов, собранных с эбонитовыми палочками или волнистым винипластом.

Литые полистироловые рамки, применяемые в качестве сепараторов в некоторых типах щелочных аккумуляторов ламельной конструкции, имеют ряд преимуществ перед другими видами сепараторов: рамки мало препятствуют прохождению тока, они легко укладываются в сепараторный зазор при сборке аккумулятора и позволяют механизировать сборку, расход материала на рамки меньше, чем на сепараторы из волнистого винипласта. Недостатком рамок из полистирола является их хрупкость.

Принципиально рамочные сепараторы могут быть отлиты из других менее хрупких щелочестойких смол, например полиэтилена, полистирола, полиамидных смол и др.

В аккумуляторах с безламельными электродами в качестве сепараторов применяют: капрон, хлориновую ткань, фильтр-материал ФПП-15 (на основе перхлорвинилового волокна), щелочестойкие сорта бумаги (бумага № 4) и другие материалы.

Одной из первых тканей, примененной в щелочных аккумуляторах с безламельными электродами, была полихлорвиниловая ткань, но благодаря большой толщине (0,6—0,9 мм) она не может быть использована в других аккумуляторах. Кроме того, как показали исследования, эти ткани не могут работать при температуре выше 40° С, так как наблюдается большая усадка и увеличение относительного электросопротивления (см. сноску к табл. 30).

Срок службы аккумуляторов с этими тканями и прессованными электродами не превышает 300—350 циклов вследствие значительного размера пор в материале (180—200 мкм). Во время эксплуатации аккумуляторов порошок активной массы проходит через поры и происходит вымывание активной массы или замыкание пластин за счет прорастания активной массы.

Большинство этих тканей (в один или два слоя) можно использовать лишь в аккумуляторах с металлокерамическими электродами (например, капроновые ткани с жилкой, капроновая уплотненная ткань, капроновая ткань с ворсом, хлориновая ткань, хлориновая ткань с ворсом). В аккумуляторах с прессованными электродами эти ткани применяют лишь в сочетании с другим сепаратором (пленкой, бумагой), обладающим размерами пор не более 2—3 мкм.

Испытания ворсистых тканей в аккумуляторах с металлокерамическими электродами (например, с железоникелевыми) дали удовлетворительные результаты на стартерных режимах. Но эти ткани очень дорогие и не могут быть использованы для серийного выпуска аккумуляторов промышленностью. Ценным материалом для изготовления микропористых сепараторов химических источников тока является диафрагма ФП. Этот материал, например ФПП-15, прессуют под давлением от  $10^7$  до  $4 \cdot 10^7$  Па и обрабатывают смачивателем ОП-7, ОП-10. В готовом виде микропористый сепаратор ФП представляет собой слоистый сепаратор, состоящий из капроновых или хлориновых тканей, щелочестойких бумаг и гидрофильных щелочестойких пленок.

Сепараторы на основе ФПП-15 испытывались в аккумуляторах и дали положительные результаты. Из щелочестойких бумаг нашла применение Д-4, которая способна впитывать 950—1000% (по массе) электролита. Основной недостаток этой бумаги — неравномерность по толщине (колебание толщины от 25 до 40 мкм в одном рулоне).

#### § 45. БАКИ (МОНОБЛОКИ) И ЗАЛИВОЧНАЯ МАСТИКА ДЛЯ СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Бак (рис. 48) для свинцовых аккумуляторов изготавливают из эбонита и пластмассы (асфальтобитума, асфальтопечковых композиций), крышки сосудов — из эбонита и фенолита, а пробки для заливочных отверстий — из полистирола, полиэтилена, полихлорвинила, фенолита и эбонита. Изготовленные из первых трех материалов пробки

имеют незначительную массу и в механическом отношении не уступают пробкам из эбонита или фенолита.

Для связывания крышки со стенками бака применяют специальную заливочную мастику или карбинольный клей. Особенно важное значение имеет способ уплотнения тех мест, где полюсные выводы выходят из крышки. Наиболее удачные способы уплотнения этих мест показаны на рис. 49.

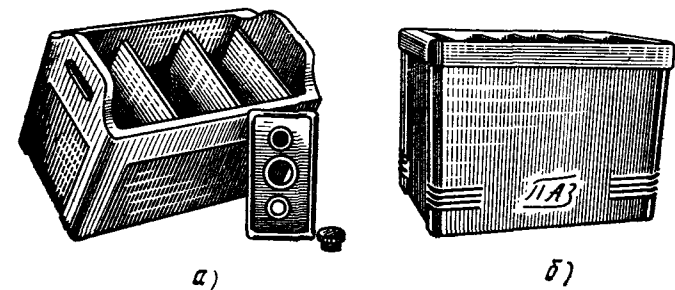


Рис. 48. Моноблок для 6-вольтовой (а) и 12-вольтовой (б) батарей

Комплект каждого типа моноблока состоит из корпуса моноблока, крышек, пробок, уплотнительных колец и прокладок. В ряде случаев в комплект входят кислотостойкие вставки.

Корпус моноблока изготавливают из асфальтопечковой или асфальтобитумной массы с одновременной запрессовкой вставок, выполненных из полихлорвинила, полистирола или другой кислотостойкой пластмассы. Указанные вставки увеличивают срок службы моноблоков. Для сборки некоторых типов 12-вольтовых батарей применяют эбонитовые баки, собранные в батарейный ящик. Для легко-

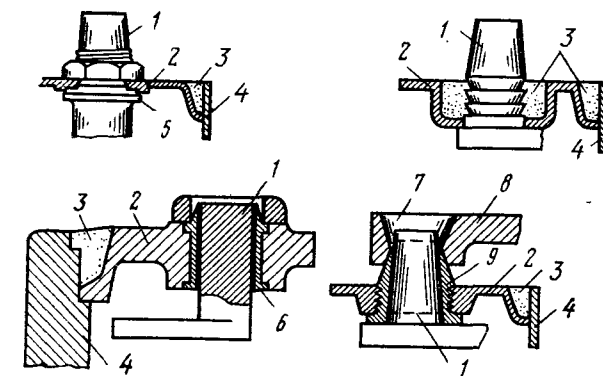


Рис. 49. Способы уплотнения полюсных выводов:  
1 — вывод, 2 — крышка, 3 — компаундное уплотнение, 4 — эбонитовый сосуд, 5 — резиновая прокладка, 6 — втулка, 7 — место припайки соединительной шины к выводу и фланцу, 8 — соединительная шина, 9 — свинцовый фланец



вых автомобилей батареи собирают в эбонитовые моноблоки. Сосуды из эбонита имеют большой срок службы и более высокую теплостойкость по сравнению с сосудами, изготовленными из асфальтопечковой массы. Стенки и перегородки корпуса моноблока должны быть герметичными и выдерживать электрическое напряжение 10 000 В.

Моноблок должен обеспечивать нормальную работу батареи в пределах температур от  $-35$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ .

Завод-поставщик гарантирует следующие сроки хранения моноблоков:

- со дня его изготовления в несобранном виде — 1 год;
- в собранном виде (в составе аккумуляторной батареи) — 2 года;
- в условиях нормальной эксплуатации (без ремонта батарей и смены деталей) в автомобиле — 2 года.

Сосуды (баки) для обычных щелочных аккумуляторов изготовляют из листовой стали. Стальные сосуды никелируют. Для производства серебряно-цинковых и серебряно-кадмиевых аккумуляторов применяют баки, выполненные из пластических масс. Указанные баки изготовляют на литьевых машинах.

Заливочная мастика связывает крышку со стенками аккумуляторного бака и препятствует вытеканию электролита. Различают мастики марок БР-20, БРТ-1 и ЭП-10. Составы указанных мастик (в процентах) приводятся ниже.

Мастика БР-20 (применяется при сборке стартерных батарей)	
Полуфабрикат . . . . .	76—84
Масло МТ-16П (ГОСТ 6360—58) . . . . .	24—16
Состав полуфабриката:	
регенерат шинный (ГОСТ 3350—68) . . . . .	28—40
битум нефтяной (ТУ 38.101.402—75) . . . . .	72—60
Мастика БРТ (применяется при сборке батарей общего назначения)	
Полуфабрикат . . . . .	73—77
Масло МТ-16П . . . . .	27—23
Состав полуфабриката:	
регенерат бутиловый (ТУ 28—71) . . . . .	25,0—33,3
битум нефтяной . . . . .	75—66,7
Мастика ЭП-10 (применяется при сборке батарей, устанавливаемых на гусеничных машинах)	
Полуфабрикат . . . . .	75—79
Масло МТ-16П . . . . .	25—21
Состав полуфабриката:	
регенерат шинный . . . . .	27—29
битум нефтяной . . . . .	60—66
Термоэластопласт ДСТ-30 (ТУ 38.403.20—72) . . . . .	6—11
Неозон «Д» (ГОСТ 39—66) . . . . .	1

Для приготовления мастики в стальной котел загружают рецептурное количество масла, включают обогрев и мешалку, затем небольшими порциями загружают заранее приготовленный полуфабрикат. Варка длится 3—4 ч после полного расплавления полуфаб-

риката. Готовую мастику разливают в железные противни, на дно которых уложено полотно, пропитанное маслом.

#### Контрольные вопросы

1. Какие функции выполняют микропористые сепараторы в свинцовом аккумуляторе и какие требования к ним предъявляют?
2. Расскажите о технологии получения мипласт-сепаратора.
3. Назовите основные физико-химические показатели мипора и мипласта.
4. Какие требования предъявляют к сепараторам для щелочных и серебряно-цинковых аккумуляторов? Назовите основные виды сепараторов для этих аккумуляторов.

## Глава VI. ЭЛЕКТРОЛИТ

### § 46. ЭЛЕКТРОЛИТ ДЛЯ СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Электролитом в свинцовом аккумуляторе служит серная кислота, применяемая в виде водных растворов, концентрация которых зависит от технических требований, предъявляемых к аккумулятору, и от условий, в которых аккумулятор эксплуатируется. Попытки заменить серную кислоту другими электролитами успеха не имели вследствие ухудшения электрических характеристик и других свойств аккумулятора. Разного рода примеси и добавки к электролиту также себя не оправдали. Эти примеси, как правило, ухудшали работу аккумулятора, в лучшем случае они были безвредными.

Допустимое содержание примесей в готовом электролите (в г/л) не должно превышать: марганца — 0,001; железа — 0,01; мышьяка — 0,001; хлора — 0,001; меди — 0,01; уксусной кислоты — 0,065.

Электролит требуемой концентрации может быть изготовлен из кислоты плотностью 1,84 г/см<sup>3</sup> или из предварительно приготовленного и охлажденного до комнатной температуры раствора кислоты плотностью 1,4 г/см<sup>3</sup>. Последний предпочтительнее крепкой кислоты, так как на охлаждение изготовленного из него электролита требуется меньше времени. В зависимости от плотности приготовляемого электролита промежуточный раствор надо разбавить дистиллированной водой в следующих пропорциях (табл. 31).

Таблица 31

#### Приготовление электролита

Плотность электролита при 25° С, г/см <sup>3</sup>	Количество промежуточного раствора, л	Количество воды, л
1,060	140	875
1,120	277	755
1,240	573	484
1,260	625	439
1,265	640	420
1,285	685	379

Таблица 32

## Приготовление растворов серной кислоты по объему \*

$d, \text{ г/см}^3$	$v$	$d, \text{ г/см}^3$	$v$	$d, \text{ г/см}^3$	$v$	$d, \text{ г/см}^3$	$v$
1,01	0,8	1,19	20	1,37	53,6	1,55	117,8
1,02	1,6	1,20	21,5	1,38	56,0	1,56	121,3
1,03	2,6	1,21	23,0	1,39	58,7	1,57	128,8
1,04	3,6	1,22	24,4	1,40	61,3	1,58	134,9
1,05	4,4	1,23	25,9	1,41	64,2	1,59	140,9
1,06	5,3	1,24	27,6	1,42	66,9	1,60	148,1
1,07	6,3	1,25	29,2	1,43	70,1	1,61	155,1
1,08	7,2	1,26	30,9	1,44	73,0	1,62	162,5
1,09	8,2	1,27	32,6	1,45	76,4	1,63	171,0
1,10	9,3	1,28	34,4	1,46	79,9	1,64	179,3
1,11	10,5	1,29	36,2	1,47	83,5	1,65	189,0
1,12	11,5	1,30	38,1	1,48	86,9	1,66	198,5
1,13	12,6	1,31	40,3	1,49	90,5	1,67	208,6
1,14	13,8	1,32	42,2	1,50	94,9	1,68	220,5
1,15	14,9	1,33	44,3	1,51	98,8	1,69	233,3
1,16	16,1	1,34	46,6	1,52	103,2	1,70	247,2
1,17	17,5	1,35	48,7	1,53	107,9	1,71	262,3
1,18	18,8	1,36	51,3	1,54	112,8	1,72	278,8

\*  $d$  — заданная плотность раствора при 15° С;  $v$  — количество миллилитров  $\text{H}_2\text{SO}_4$  плотностью 1,84 г/см<sup>3</sup>, которое должно быть прибавлено к 100 мл воды, чтобы получить раствор заданной плотности.

Таблица 33

## Приготовление растворов серной кислоты по массе \*

$d, \text{ г/см}^3$	$p$	$d, \text{ г/см}^3$	$p$	$d, \text{ г/см}^3$	$p$	$d, \text{ г/см}^3$	$p$
1,01	1,4	1,19	35,0	1,37	88,3	1,55	179,3
1,02	3,0	1,20	37,4	1,38	91,9	1,56	186,5
1,03	4,6	1,21	39,7	1,39	96,1	1,57	194,1
1,04	6,3	1,22	42,1	1,40	100,0	1,58	201,0
1,05	7,9	1,23	44,5	1,41	104,1	1,59	209,9
1,06	9,5	1,24	47,1	1,42	108,3	1,60	218,5
1,07	11,2	1,25	49,7	1,43	112,8	1,61	226,8
1,08	13,0	1,26	52,4	1,44	117,4	1,62	236,7
1,09	14,8	1,27	53,7	1,45	121,7	1,63	247,2
1,10	16,7	1,28	58,4	1,46	126,7	1,64	257,1
1,11	18,6	1,29	61,3	1,47	132,0	1,65	269,0
1,12	20,5	1,30	64,2	1,48	137,0	1,66	280,2
1,13	22,4	1,31	67,5	1,49	142,1	1,67	292,2
1,14	24,4	1,32	70,7	1,50	148,1	1,68	306,5
1,15	26,4	1,33	73,9	1,51	153,8	1,69	320,2
1,16	28,4	1,34	77,3	1,52	159,7	1,70	336,7
1,17	30,6	1,35	80,8	1,53	166,0	1,71	352,5
1,18	32,8	1,36	84,5	1,54	172,5	1,72	371,7

\*  $d$  — заданная плотность раствора при 15° С;  $p$  — количество серной кислоты плотностью 1,84 г/см<sup>3</sup>, которое должно быть прибавлено к 100 частям воды, чтобы получить раствор заданной плотности.

В табл. 32 и 33 приведены данные, необходимые для составления растворов серной кислоты различной плотности. Схема установки для разведения электролита и набор аппаратуры для заливки батарей показаны на рис. 50.

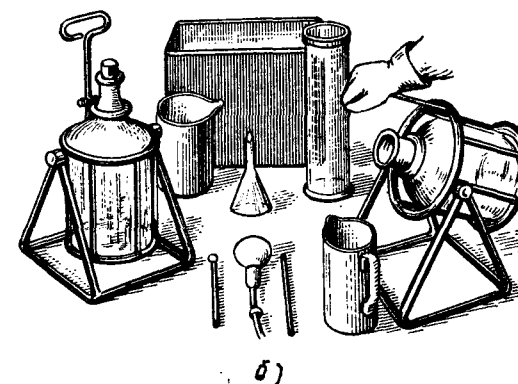
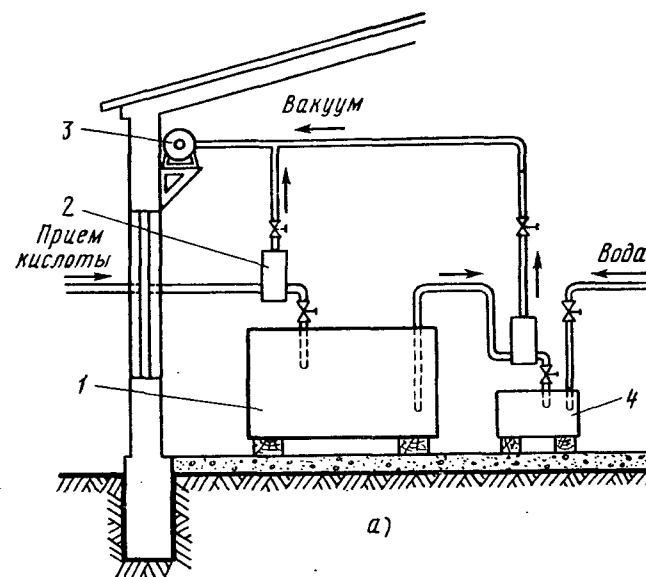


Рис. 50. Схема установки для разведения электролита (а) и набор аппаратуры для заливки батарей (б):

1 — бак для крепкой кислоты, 2 — закрытый резервуар для перекачки крепкой кислоты, 3 — вакуумный насос, 4 — бак для разведения электролита

В серебряно-цинковых щелочных аккумуляторах применяют растворы едкого кали плотностью 1,4 г/см<sup>3</sup>.

В обычных же щелочных кадмиево-никелевых и железоникелевых аккумуляторах в качестве электролита в зависимости от температурных условий их эксплуатации применяют либо растворы едкого кали, либо растворы едкого натра.

В зависимости от температуры в обычных щелочных аккумуляторах используют следующие электролиты плотностью, г/см<sup>3</sup>:

- при  $-25 \div -40^\circ \text{C}$  — раствор едкого кали 1,27;
- при  $-15 \div -25^\circ \text{C}$  — раствор едкого кали 1,25;
- при  $-15 \div +35^\circ \text{C}$  — раствор едкого кали 1,19—1,21 с добавкой 5 г/л едкого лития;
- при  $15 \div 35^\circ \text{C}$  — раствор едкого натра 1,18—1,20 с добавкой 5 г/л едкого лития;
- при  $40 \div 60^\circ \text{C}$  — раствор едкого натра 1,17—1,19 с добавкой 10—15 г/л едкого лития.

Как видно из приведенных данных, в аккумуляторах, работающих при низких температурах, применяют растворы едкого кали, так как они замерзают при значительно более низких температурах, чем растворы едкого натра.

В области более высоких температур предпочтителен электролит из раствора едкого натра, поскольку применение при этих температурах раствора едкого кали приводит к сокращению срока службы аккумулятора из-за укрупнения структуры активной массы положительного электрода.

Введение гидроокиси лития в электролит щелочного аккумулятора увеличивает емкость и срок службы аккумулятора при обычных температурах и удлиняет рабочий интервал в сторону высоких температур. Это полезное действие, однако, наблюдается лишь при умеренных концентрациях едкого лития в электролите, превышение которых, наоборот, приводит к ухудшению свойств аккумулятора. Установлено, что при большой концентрации едкого лития в электролите он может образовывать с массой положительного электрода электрохимически инертное соединение  $\text{LiNiO}_2$ , от чего емкость электрода падает.

Для приготовления электролитов, применяемых в щелочных аккумуляторах, используют щелочи, технические условия на которые приведены в ГОСТ 9285—69 (едкое кали); ГОСТ 2263—71 (едкий натр); ГОСТ 8595—57 (едкий литий).

Электролиты для щелочных аккумуляторов в процессе работы поглощают углекислый газ из воздуха и переходят в карбонаты. Наличие в электролите карбонатов в больших количествах вызывает возрастание удельного сопротивления электролита и уменьшение емкости аккумулятора. Замечено также, что отрицательные электроды перестают принимать заряд. Максимально допустимое содержание карбонатов — 50 г/л электролита.

Для уменьшения скорости накопления карбонатов в электролите последний должен быть по возможности изолирован от воздуха.

С этой целью аккумуляторы снабжают клапанными пробками, пропускающими газы изнутри аккумулятора наружу, но не пропускающими воздух в аккумулятор. Кроме того, в ряде случаев на поверхность электролита наливают тонкий слой вазелинового масла.

Приготовление рабочих электролитов для заливки щелочных аккумуляторов производят разбавлением концентрированных растворов щелочи. Для растворов едкого кали используют данные табл. 34.

Таблица 34

Приготовление электролита разбавлением концентрированных растворов КОН

Плотность раствора щелочи при $25^\circ \text{C}$ , г/см <sup>3</sup>	Количество воды, мл, добавляемое к 1 л концентрированного раствора для получения электролита плотностью, г/см <sup>3</sup>					
	1,19	1,20	1,21	1,25	1,26	1,27
1,22	156,7	95,9	45,8	—	—	—
1,23	207,2	144,0	91,6	—	—	—
1,24	267,4	200,8	145,9	—	—	—
1,25	313,3	244,5	187,4	—	—	—
1,26	368,6	296,9	237,5	42,2	—	—
1,27	419,3	344,8	283,3	80,8	36,9	—
1,30	580,7	487,7	429,2	203,8	154,9	113,8
1,357	916	815	733	460	401	352
1,410	1217	1102	1006	690	623	565
1,453	1492	1362	1254	901	825	761
1,483	1686	1546	1430	1050	968	899
1,530	1998	1842	1714	1291	1199	1122
1,563	2222	2055	1917	1463	1365	1282
1,597	2463	2284	2136	1653	1544	1455
1,615	2594	2409	2255	1750	1642	1549
1,634	2753	2559	2399	1873	1760	1664

Контрольные вопросы

1. Назовите допустимые количества примесей в электролите свинцового аккумулятора.
2. Каков состав электролита для обычных и герметичных щелочных аккумуляторов, работающих при низких и умеренных температурах?
3. Как готовят электролит для свинцового и щелочного аккумуляторов?

Глава VII. ЛИТЕЙНОЕ ДЕЛО  
НА АККУМУЛЯТОРНЫХ ЗАВОДАХ

Большинство свинцовых аккумуляторов с намазными электродами в настоящее время изготавливают по порошковой технологии. Схема такого производства показана на рис. 51.

В литейном цехе завода из свинца и сурьмы изготавливают 3—6%-ные сплавы для отливки из них деталей крепления и 6—8%-ные сплавы для отливки аккумуляторных решеток.

Отдельно из чистого свинца отливают шарики, которые затем превращаются в мельницах в свинцовый порошок. Из порошков различной степени окисленности готовят пасты для положительных и отрицательных пластин. В обоих случаях для приготовления паст употребляют серную кислоту. При приготовлении пасты для отрицательных пластин применяют также расширитель, назначение которого рассматривалось в гл. III. Аккумуляторные решетки и приготовленные пасты поступают в намазочный цех, где производят намазку пластин (нанесение пасты на решетку). Намазаные пластины уплотняются под давлением и после сушки поступают в цех формировки. Здесь осуществляется перевод пасты в активную массу. Отформированные пластины снова сушатся, затем, после разборки сдвоенных пластин на одиночные, поступают на сборку. Сюда же подают детали для крепления, отлитые в литейном цехе, сепараторы, а также водород для пайки.

Собранные аккумуляторы вставляют в батарейные сосуды, производят припайку межэлементных соединений и выводов, а затем батарею герметизируют специальной мастикой. Изготовленные таким образом свинцово-кислотные аккумуляторные батареи поступают в отделение контроля готовой продукции.

Еще сравнительно недавно производство свинцовых аккумуляторов принадлежало к числу наиболее вредных и тяжелых производств, где большинство операций производилось вручную. Вследствие этого обслуживающий персонал находился в непосредственном контакте со свинцом и его соединениями, оказывающими весьма вредное влияние на организм.

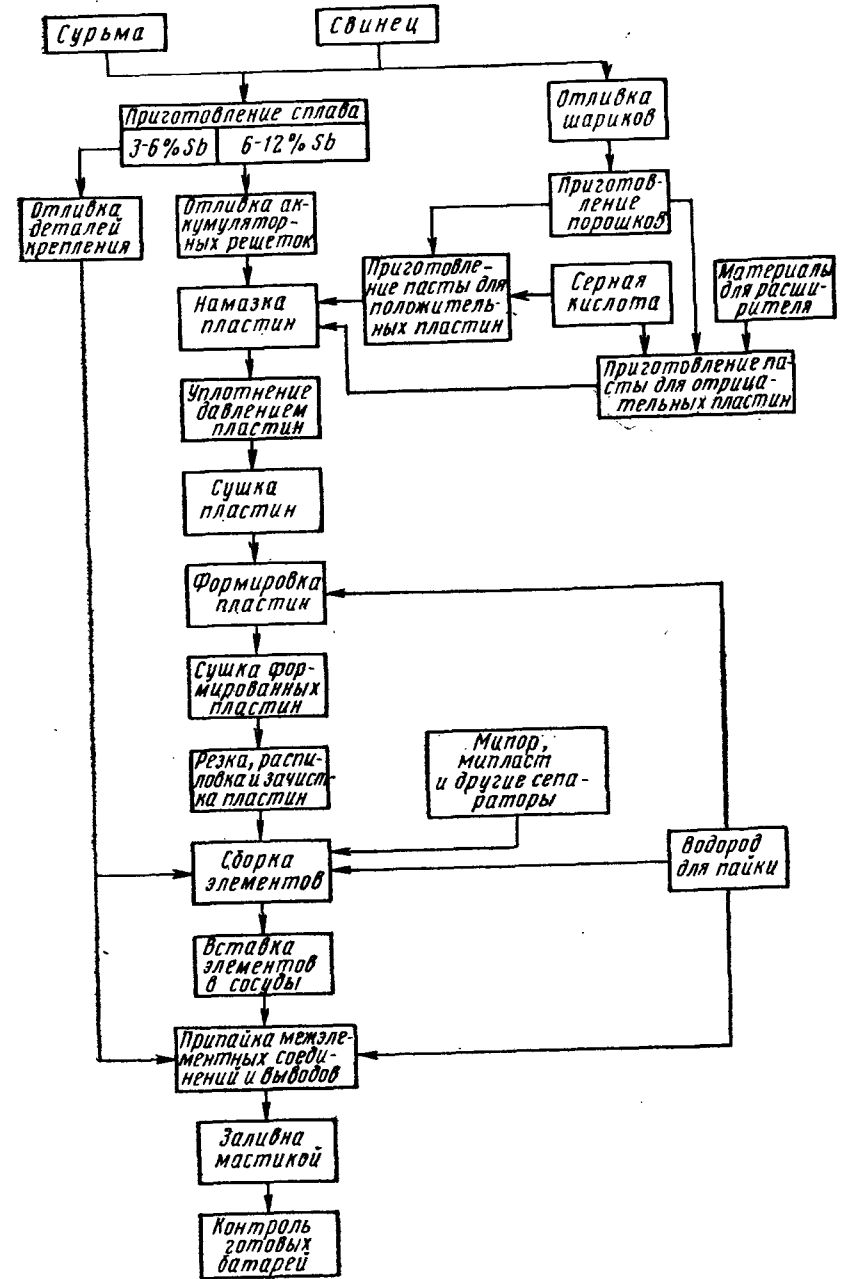


Рис. 51. Схема производства свинцовых аккумуляторов по порошковой технологии

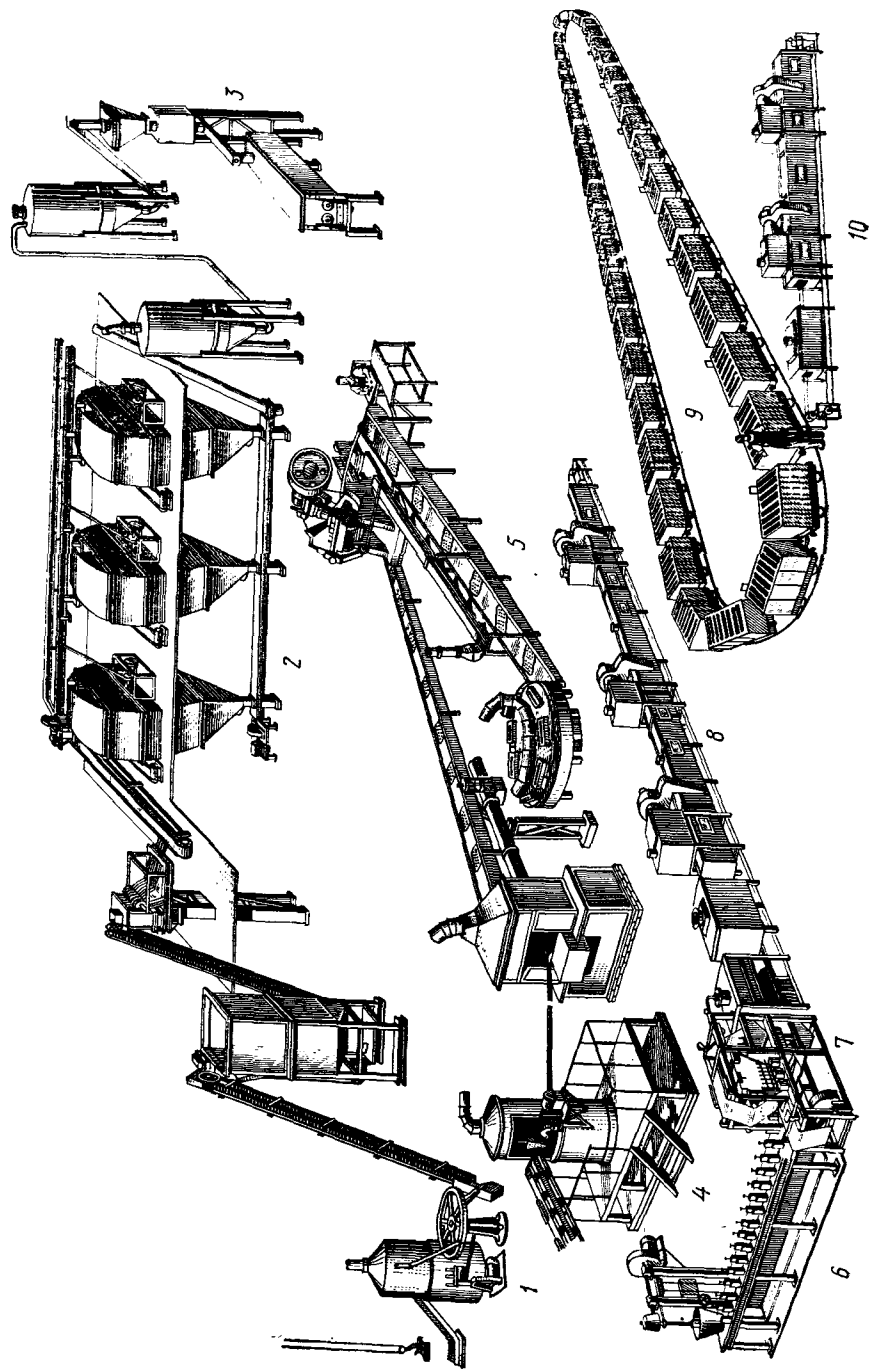


Рис. 52. Механизированная поточная линия по производству свинцово-кислотных аккумуляторов: 1 — отливка свинцовых шариков, 2 — получение свинцового порошка, 3 — изготовление пасты, 4 — изготовление намазки пластин, 5 — прокатка пластин, 6 — прокатка пластин, 7 — прокатка пластин, 8 — сушка свеженамазанных пластин, 9 — формирование пластин, 10 — сушка отформированных пластин

сплава, 5 — отливки решеток, 10 — сушка отформированных

Прежде всего была установлена возможность резкого сокращения продолжительности некоторых операций, например «старения» решеток и сушки пластин, а также унифицированы рецептуры и режимы изготовления полупродуктов. Благодаря этому были устранены причины, которые препятствовали переводу производства на поток с комплексной механизацией всех основных процессов.

Разработаны и изготовлены механизмы, агрегаты и узлы поточной линии по производству стартерных аккумуляторов с почти полной механизацией и автоматизацией всех основных процессов. Примерная схема поточной механизированной линии по изготовлению свинцово-кислотных аккумуляторных батарей с намазными пластинами показана на рис. 52. Как видно из рисунка, весь технологический процесс состоит из пяти основных участков:

- отливки свинцовых шариков, получения свинцового порошка и изготовления пасты;
- приготовления сплава, отливки решеток и деталей крепления;
- намазки, прокатки, карбонизации и сушки пластин;
- формировки и сушки формированных пластин;
- сборки аккумуляторов (участок сборки на рис. 52 не показан).

#### § 48. ОСНОВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

В литейных цехах изготавливают аккумуляторные решетки, свинцовые шарики, детали крепления, поверхностные пластины и формационные прутки.

Аккумуляторные решетки и детали крепления отливают из свинцово-сурьмянистых сплавов. Для приготовления этих сплавов применяют свинец марок С<sub>0</sub>, С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub> и С<sub>3</sub> (ГОСТ 3778—74), сурьму марок Су<sub>0</sub>, Су<sub>1</sub>, Су<sub>2</sub> (ГОСТ 1089—73), сурьму марки Су<sub>3</sub> (ТУ48-14-15—75), сурьмянистый свинец ССуА (ГОСТ 1292—74), сплавы из производственных возвратов (отходы).

Химические составы свинца, сурьмы и вторичного сплава (сурьмянистого свинца), применяемого для отливки решеток и деталей крепления, приводятся в соответствующих стандартах.

Поверхностные пластины, а также свинцовые шарики, из которых в специальных мельницах изготавливают специальные порошки, отливают из чистого свинца марок С<sub>0</sub> и С<sub>1</sub>. Применение для отливки большинства аккумуляторных деталей свинцово-сурьмянистого сплава обусловлено тем, что данный сплав обладает достаточно

высокой механической прочностью и коррозионной стойкостью. Кроме того, свинцово-сурьмянистые сплавы обладают отличными литейными свойствами; из них довольно легко отливаются решетки ажурной конструкции.

В аккумуляторной промышленности для отливки решеток положительного электрода стартерных батарей вместо обычного свинцово-сурьмянистого сплава применяют сплав, легированный мышьяком. В настоящее время этот сплав изготавливают централизованным путем и поставляют на аккумуляторные заводы. Такой сплав отличается более высокой коррозионной устойчивостью и применяется в аккумуляторах, где срок службы источника тока ограничивается преждевременным разрушением решетки положительного электрода.

К числу вспомогательных материалов литейного цеха относят материалы, применяемые для покрытия внутренней поверхности литейной формы и облегчающие литье: ацетиленовая сажа, пробковая мука, тальк и другие шлакообразующие добавки, используемые при переработке отходов свинца и свинцово-сурьмянистых сплавов; известь, сода, плавиковый шпат и др.

#### § 49. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВОК ИЗ СВИНЦОВО-СУРЬМЯНИСТЫХ СПЛАВОВ

**Приготовление сплава.** Сплавы готовят в котлах с электрообогревом. Могут быть применены и другие виды обогрева, например газовый или нефтяной. Котлы снабжены механической мешалкой, вращающейся со скоростью приблизительно 42—52 рад/с.

Загрузку свинца и сурьмы в котел производят с помощью загрузочного транспортера.

При выборе свинца и сурьмы различных марок для составления сплава в зависимости от назначения последнего используют данные из табл. 35.

Таблица 35

Марки исходных металлов, применяемых для отливки решеток и деталей аккумуляторов различных типов

Наименование изделия и тип аккумулятора	Марка свинца	Марка сурьмы	Марка вторичного сплава
Решетки, детали и паяльные прутки для больших типов . . . . .	C <sub>0</sub> , C <sub>1</sub>	Cy <sub>0</sub> , Cy <sub>1</sub>	—
Решетки автомобильных и других типов аккумуляторов . . . . .	C <sub>0</sub> , C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub>	Cy <sub>0</sub> , Cy <sub>1</sub> Cy <sub>2</sub> , Cy <sub>3</sub>	CCyA
Мелкие детали, паяльные прутки и формационные прутки . . . . .	C <sub>0</sub> , C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub>	Cy <sub>0</sub> , Cy <sub>1</sub> Cy <sub>2</sub> , Cy <sub>3</sub>	CCyA

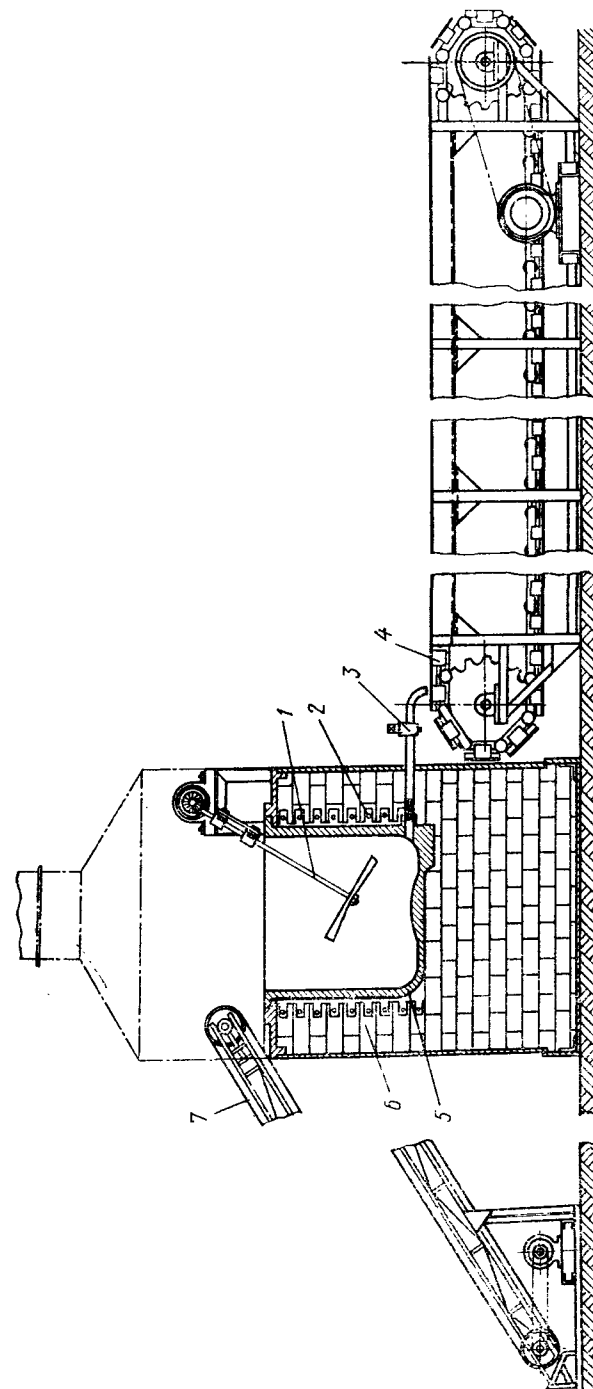


Рис. 53. Электропечь для приготовления сплава: 1 — мешалка, 2 — электроподогрев, 3 — кран, 4 — разливочный транспортер, 5 — котел, 6 — электропечь, 7 — загрузочный транспортер

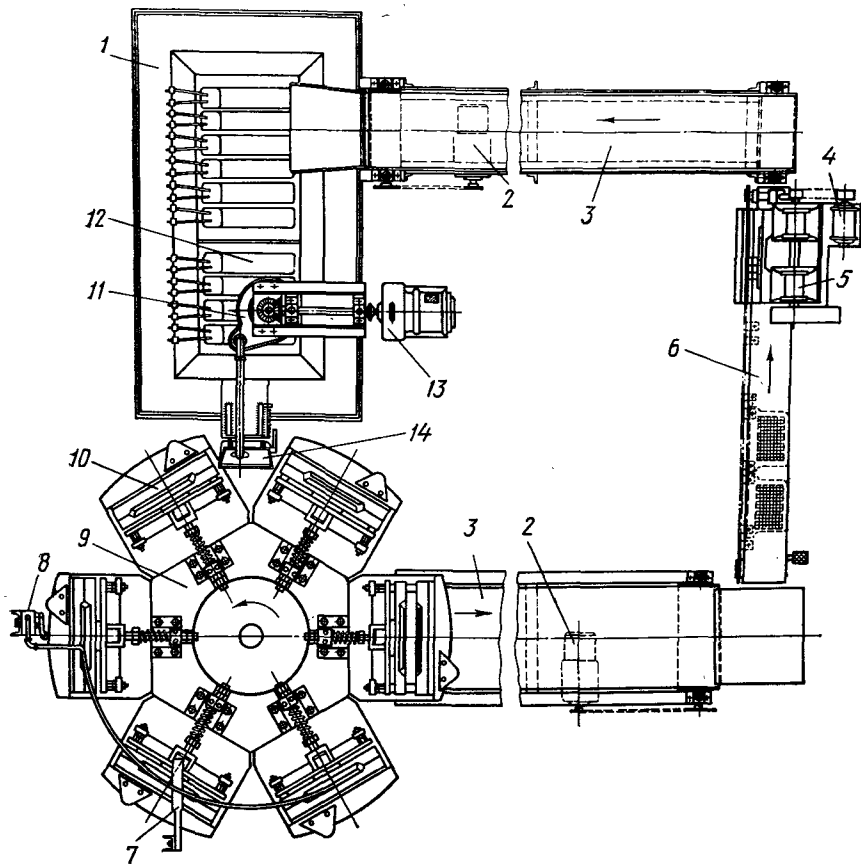


Рис. 54. План установки по отливке решеток больших и малых типов:  
 1 — печь, 2 — двигатель с редуктором, 3 — ленточный транспортер, 4 — двигатель, 5 — обрубочный пресс, 6 — цепной транспортер, 7 — металлическая щетка, 8 — водяной клапан, 9 — карусель, 10 — литейная форма, 11 — насос, 12 — электронагреватель, 13 — электродвигатель, 14 — сливной ковш

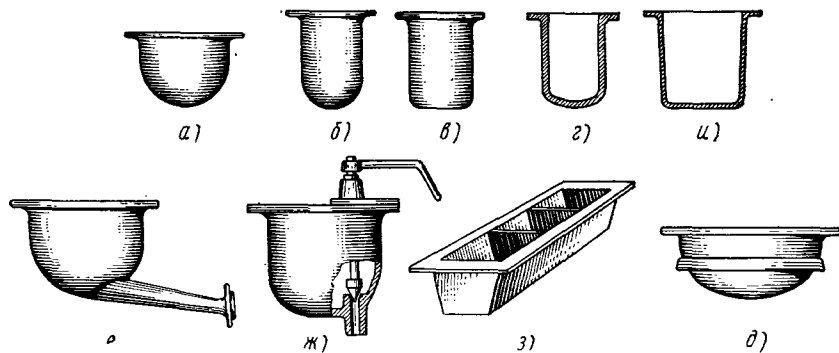


Рис. 55. Различные виды котлов для приготовления сплава

Сначала в котел загружают свинец и нагревают до  $400^{\circ}\text{C}$ . Спустя 15 мин после начала плавления с поверхности свинца снимают нерастворимый слой окислов, температуру доводят до  $450\text{—}500^{\circ}\text{C}$  и в котел загружают необходимое количество сурьмы. Затем через 15—20 мин снова снимают с поверхности слой окислов, после

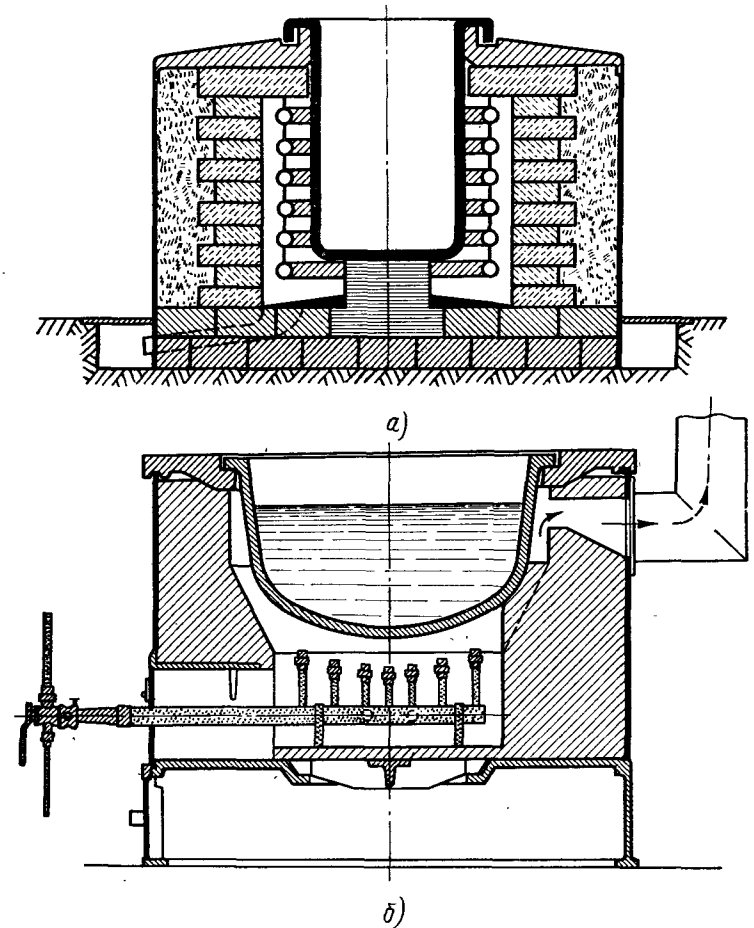


Рис. 56. Нагрев котлов с помощью электричества (а) и газа (б)

чего производят определение состава сплава путем отбора пробы и определения температуры ее кристаллизации. В случае необходимости состав сплава корректируется добавлением в него сурьмы или свинца в нужном количестве. Если сплав готовят из свинца марки  $\text{C}_0$  и сурьмы марки  $\text{C}_{\text{У}0}$ , в него добавляют эбонит в количестве  $0,1\%$  к массе сплава. Указанная добавка (благодаря наличию в ней серы) вызывает измельчение структуры сплава, что, в частности, существенно улучшает литейные свойства сплава и устраня-



ет брак по трещинам. Готовый сплав выпускают из нижней части котла 5 в изложницы, установленные на транспортной ленте (рис. 53), и маркируют либо передают по трубам в разливочные (промежуточные) котлы установок по отливке решеток малых типов на литейных автоматах (рис. 54) или решеток больших типов на специальных литейных машинах.

Отливка решеток и деталей крепления. В состав установок по отливке решеток малых типов входят: котел, круговой транспортер с шестью — восемью литейными формами, ленточный и цепной транспортеры для подачи отливок на обрубку, пресс для обрубки литников и прибылей, ленточный транспортер для подачи скрапа обратно в котел на переплавку.

Литейные печи (котлы) изготовляют из стали. Обычно применяют литые котлы, но с успехом могут использоваться и котлы, изготовленные из листовой стали или котельного железа путем сварки. Сталь для указанных котлов должна содержать не менее 2% общего углерода, приблизительно 0,5% углерода и 2% марганца и кремния в отдельности.

На практике встречаются

котлы различной конструкции. Некоторые из них показаны на рис. 55. Котлы (рис. 55, а—г) с малой поверхностью и, следовательно, малой скоростью окисления металла удобны для отливки решеток и приготовления сплава в небольших количествах. Остальные конструкции применяют для рафинирования свинца. Большая поверхность соприкосновения расплавленного металла с воздухом способствует быстрому окислению удаляемых при рафинировании примесей.

Нагрев разливочных котлов может быть осуществлен с помощью электричества (рис. 56, а), газа (рис. 56, б), нефти, твердого топлива. Лучшим является электрический нагрев.

Формы, применяемые для отливки аккумуляторных решеток, представляют собой две массивные стальные плиты, на внутренних соприкасающихся друг с другом поверхностях которых методом фрезерования нанесено модельное изображение отливаемой решетки. Рабочие поверхности формы снабжаются также каналами (рис. 57) для быстрого удаления воздуха из формы при заливке сплава. Для лучшего заполнения сплавом большинство форм требует до-

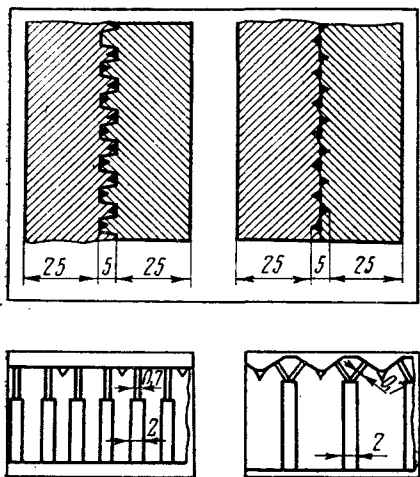


Рис. 57. Разрезы литейных форм для различных конструкций с каналами для удаления воздуха

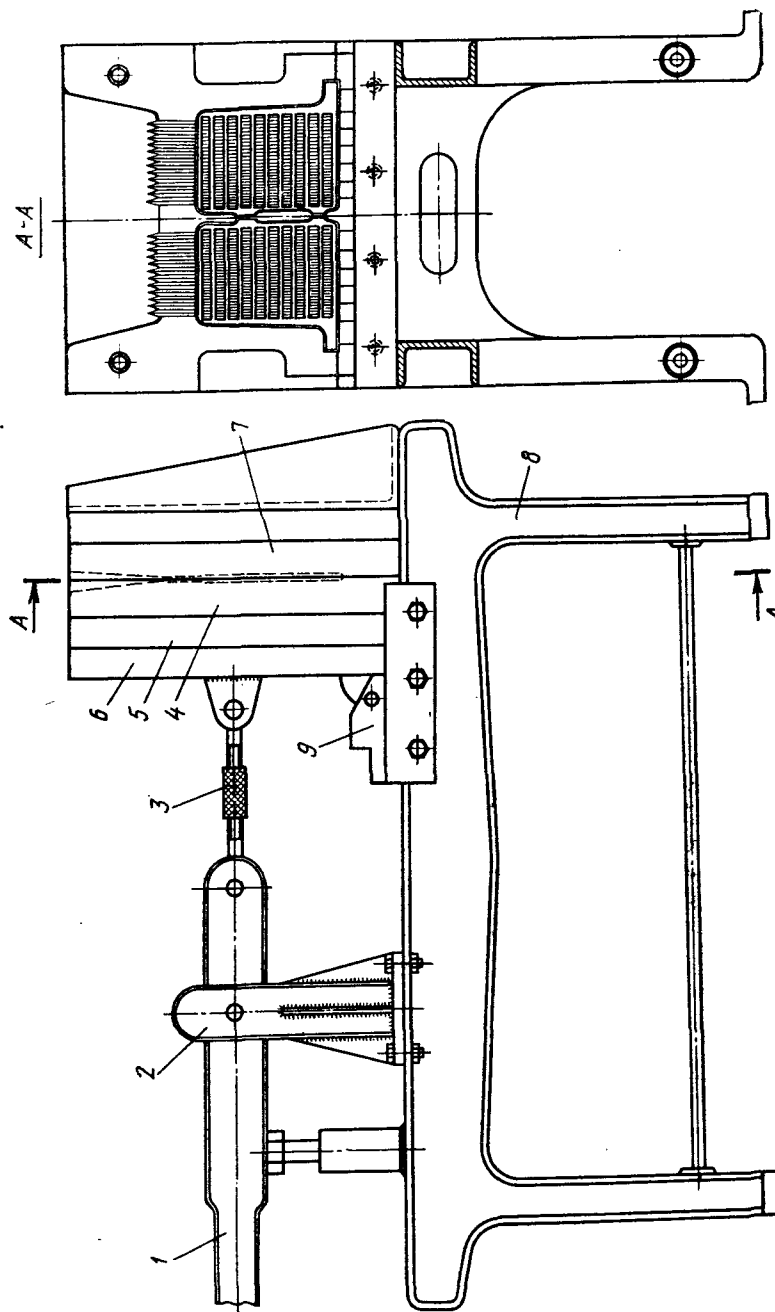


Рис. 58. Станок для отливки решеток вручную:

1 — рукоятка, 2 — стойка, 3 — регулировочный винт, 4 — подвижная часть формы, 5 — неподвижная часть формы, 6 — электроннагреватель, 7 — неподвижная часть формы, 8 — станна, 9 — каретка

полнительного нагрева, осуществляемого обычно с помощью газовых горелок или электронагревательных элементов, вмонтированных в корпус формы. Для отливки решеток массовых типов обычно применяют многоместные формы, т. е. формы, позволяющие отливать одновременно несколько решеток.

Литейные формы в зависимости от метода отливки устанавливают на автоматах или станках, обслуживаемых вручную.

Для отливки решеток, не имеющих массового выпуска, литейные формы устанавливают на станках, обслуживаемых вручную. На рис. 58 показан такой станок, состоящий из станины 8, подвижной и неподвижной стоек 2 и 6 для закрепления литейных полуформ механизма зажима. Подвижная часть формы центрируется цилиндрическими направляющими и прижимается к неподвижной части системой «ломающихся» рычагов при развороте рукоятки вниз до упора. Для плотного стыкования обеих половин формы стяжка между рукояткой 1 и подвижной частью формы 4 имеет резьбовую регулировку. Заливку формы осуществляют вручную через литниковую воронку, откуда сплав растекается во внутреннюю полость формы. После затвердевания сплава подвижная часть формы отводится и извлекается отливка.

Отливку решеток массовых типов производят в многоместных формах на литейных автоматах карусельного типа. Схема одного из таких автоматов на восемь позиций для литья сдвоенных решеток показана на рис. 59. На станине смонтирована подвижная карусель 1, на которой с помощью кронштейна 13 крепятся литейные формы. Неподвижная часть формы 11 жестко крепится на кронштейне и в ней закреплены два направляющих штыря 14. На эти штыри навешивается подвижная часть формы 10 и перемещается по ним от неподвижного копира (улитки) 2. По профилю копира обкатывается ролик, закрепленный на двухплечем рычаге 3, который разворачивается вокруг оси 4, вмонтированной в кронштейн 5. В головке двухплечий рычаг оканчивается вилкой, сидящей на оси 6. С ней соединены тяга 8, на которую усилие от рычага 3 передается через пружину 7. Тяга в свою очередь соединяется с подвижной частью формы при помощи крюка 15. Плита 9 со шпильками 16 обеспечивает сбрасывание отливки при открывании формы. Заливка сплава в литейную форму производится с помощью упора 12, воздействующего на рычаг 8 механизма качающегося ковша (рис. 60). Заливное устройство монтируется на каркасе плавильной печи при помощи стойки 7 и удерживается в исходном положении пружиной 6. Ковш 9 шарнирно закреплен на оси 1 и имеет слив, обеспечивающий циркуляцию сплава для предупреждения его охлаждения. Сплав подается в ковш через трубопровод насосом. Ось ковша 1 жестко крепится в кронштейне 5, а рычаг (коромысло) 4, шарнирно сидящий в этом кронштейне, соединен с ковшом тягой 3 и передает ему качательное движение от рычага 8.

Количество заливаемого в форму сплава регулируется наклоном ковша. Заполненная сплавом форма движется по кругу для охлаждения. Процесс этот ускоряется подачей на литник формы

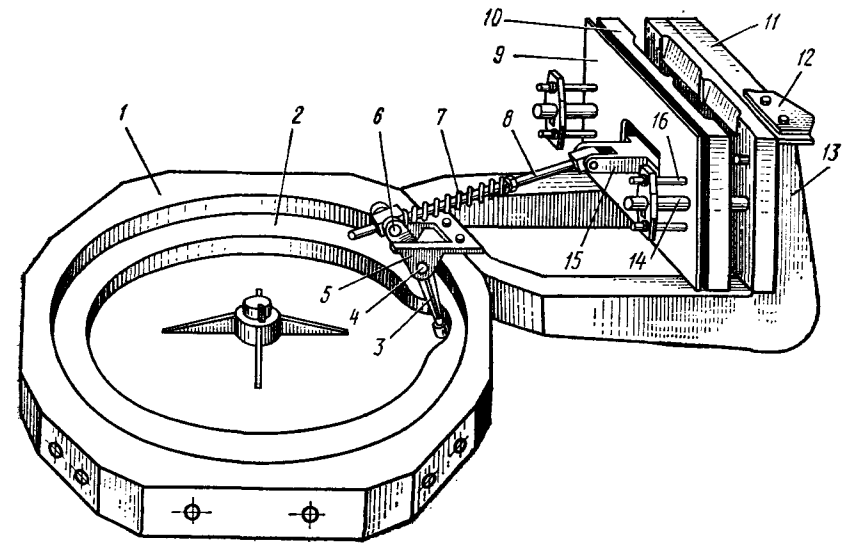


Рис. 59. Схема карусельного литейного автомата:  
1 — карусель, 2 — улитка, 3 — рычаг, 4, 6 — оси, 5, 13 — кронштейны, 7 — пружина, 8 — тяга, 9 — плита толкателей, 10 — подвижная часть формы, 11 — неподвижная часть формы, 12 — упор, 14 — штырь, 15 — крюк, 16 — шпилька

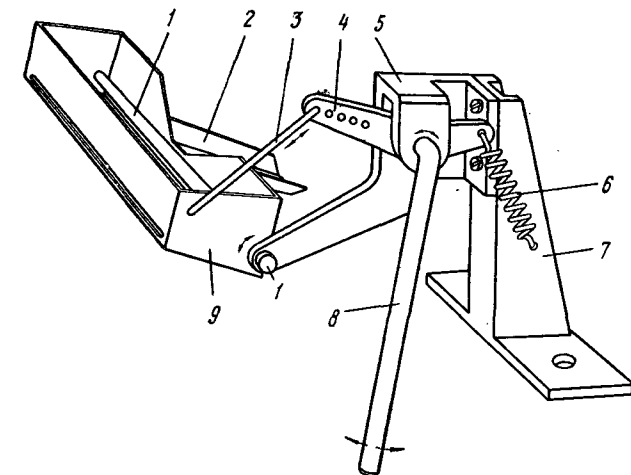


Рис. 60. Качающийся ковш для наполнения литейной формы жидким сплавом:  
1 — ось ковша, 2 — лоток, 3 — тяга, 4 — коромысло, 5 — кронштейн, 6 — пружина, 7 — стойка, 8 — рычаг, 9 — ковш

струи воды. При повороте стола на соответствующий угол тяга стягивает подвижную половину литейной формы и отливка с помощью толкателей выталкивается из формы. После этого тяга снова закрывает форму и стол, вращаясь, подводит ее к месту заливки очередной порции сплава. Отлитые решетки попадают на транспортер, откуда с помощью специального перекладчика поступают на штамп для обрубке литника и приливов.

Готовые отливки предварительно разбраковываются непосредственно при выходе их с автомата. Бракованные отливки, а также металлический скрап, получающийся при обрубке, по ленточному транспортеру возвращаются обратно в котел для переплавки. Годные решетки подаются транспортером на склады для накопления и подачи их к намазочной машине. Производительность литейного автомата карусельного типа с восемью литейными формами составляет примерно 20 000 решеток в сутки.

В настоящее время в значительной степени механизирован и процесс изготовления решеток для аккумуляторов больших типов. Отливку таких решеток производят в формах с горизонтальным расположением в них отливок. Сплав к формам подается по трубам. Открывание и закрывание формы также производится автоматически с помощью сжатого воздуха.

Применяемый в описанных ранее случаях способ свободной заливки в металлическую форму не всегда обеспечивает полное вытеснение жидким сплавом воздуха из многочисленных каналов литейной формы, что вызывает брак отливок.

Г. М. Басотовым, В. В. Менчугиным и другими разработан и внедрен в производство автомат для отливки аккумуляторных решеток методом вакуумного всасывания. В этом автомате имеется специальное устройство для автоматического создания и поддержания в полостях литейных форм вакуума в момент, непосредственно предшествующий заливке металла в литник формы. Благодаря этому создается возможность производить автоматическую отливку особо тонких решеток, которые раньше отливались только вручную в сифонных формах с очень большими литниками, а также уменьшить брак при отливке решеток. Производительность автоматов для отливки тонких решеток с вакуумным всасыванием составляет в настоящее время 1300—1600 решеток за смену.

Детали крепления из свинца и сплава (баретки, межэлементные соединения, гайки, втулки, кабельные наконечники, прутки для пайки и т. п.), показанные на рис. 61, также изготавливают методом литья на высокопроизводительных автоматах, обычно карусельного типа. Производительность некоторых из этих автоматов составляет 25—30 тыс. деталей за 6 ч. Обслуживает такой автомат обычно один человек.

На рис. 62 изображен автомат итальянской фирмы, предназначенный для литья двоярных решеток, производящий от 2 до 15 отливок в минуту в зависимости от габаритов отливки. Машина работает от электродвигателя мощностью около 3,5 кВт. Передача вращения производится с помощью вариатора скорости и трансмис-

сионного вала, который связан с двумя редукторами. Эти редукторы приводят в движение валы 3 и 7. Тяга 1 управляет кулачковым механизмом, закрывающим и открывающим форму и сбрасывающим отлитые решетки, а также насосом, накачивающим сплав в заливочное устройство. Дозирование сплава в зависимости от массы решеток производится кулачком 2, воздействующим на тягу 1

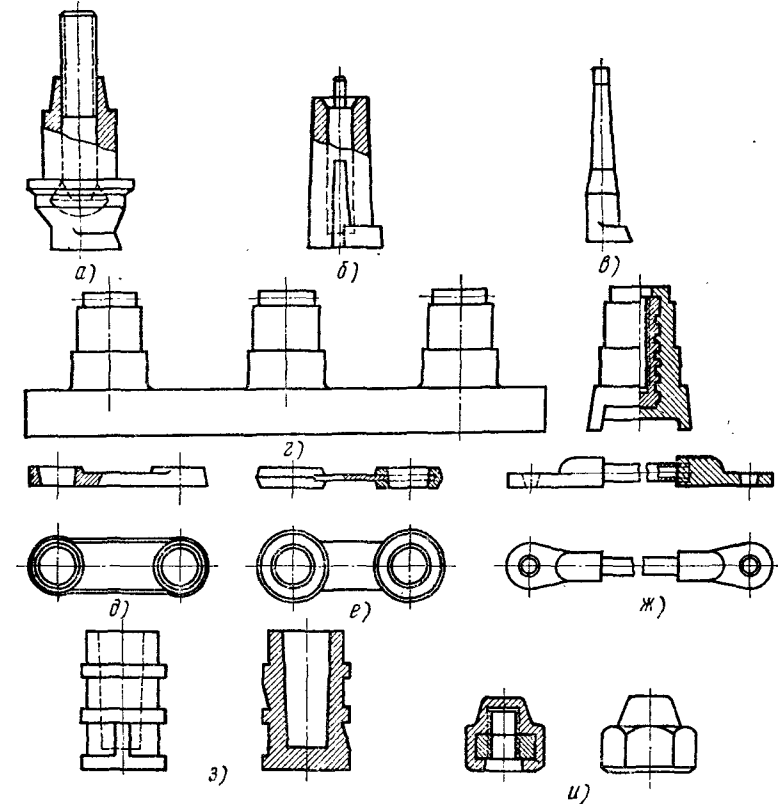


Рис. 61. Детали крепления из свинца и сплава:

*а* — баретка со штырем, *б* — баретка с внутренним штырем, *в* — баретка без штыря, *г* — морская баретка, *д* — соединение из твердого свинца, *е* — комбинированное соединение с медной полосой, *ж* — соединение с медным кабелем, *з* — втулка из твердого свинца, *и* — гайка

с помощью рычага. Тяга закреплена на коромысле, сообщаемом штоку поршня насоса возвратно-поступательное движение. Вал 7 приводит в движение транспортеры 4 и 8 и устройство для обрезки облоя отлитых решеток. Обрезное устройство *б* представляет собой легкий кривошипный пресс жесткой конструкции, приводимый в действие двумя шатунами 5. Верхний транспортер 8 подает отлитые решетки под обрезку, предварительно рихтуемые валиками 9, а нижний транспортер 4 направляет литники и куски облоя к задней части машины, ближе к плавильному котлу. Машина укомплек-

тована устройством для центровки решеток перед обрубкой, устройством для сборки решеток после обрубki и электроаппаратурой для контроля и автоматического регулирования температуры.

Усовершенствованные конструкции одноместных литейных автоматов выпускают многие зарубежные фирмы и, в частности, известная английская фирма «Хлорайд». На машинах этой фирмы квалифицированный литейщик, обслуживающий две машины с общим

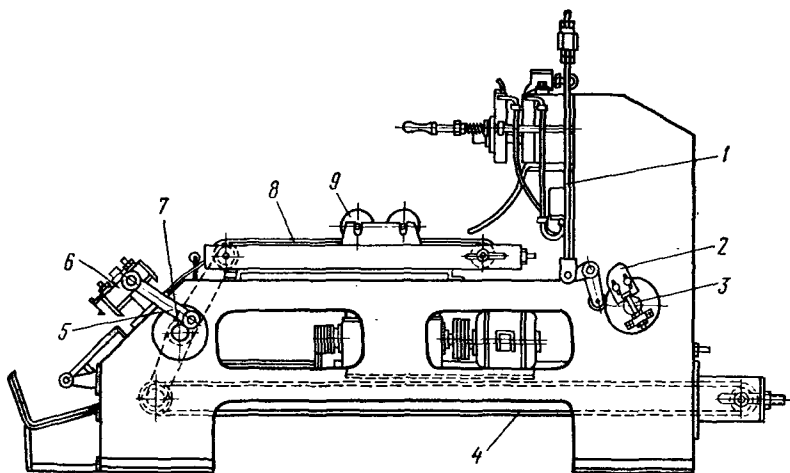


Рис. 62. Литейный автомат:

1 — тяга, 2 — кулачок, 3, 7 — валы, 4 — нижний транспортер, 5 — шатун, 6 — обрезающее устройство, 8 — верхний транспортер, 9 — вальки

котлом для сплава, в течение смены может получить 10 тыс. отливок (20 тыс. решеток). По данным этой фирмы стоимость такого агрегата окупается в течение 6 мес. Процесс литья ведется при 290—300° С. Сплав в разливочном ковше перед подачей в форму подогревается газовым пламенем. Применение низких температур сплава в котле резко уменьшает угар и шлакообразование, следовательно, снижает потери сплава.

Рассмотрим две конструкции автоматов, предназначенных специально для отливки деталей.

На рис. 63 показан автомат с формами для отливки борнов. Работает он следующим образом. На вращающейся планшайбе 8 смонтированы формы 6, имеющие механизм выталкивания отлитых изделий. Планшайба имеет литниковые конические выточки, на дне которых высверлены отверстия для заполнения изложниц жидким сплавом, а ее нижняя плоскость отшлифована и выполняет роль верхней крышки литейной формы. Сплав из плавильного котла нагнетают насосом в воронку 7 и оттуда непрерывными струями заливают в литниковые выточки, заполняя изложницы.

В момент заливки и охлаждения сплава форма с изложницами поджимается к планшайбе подпружиненной планкой 2. Для более

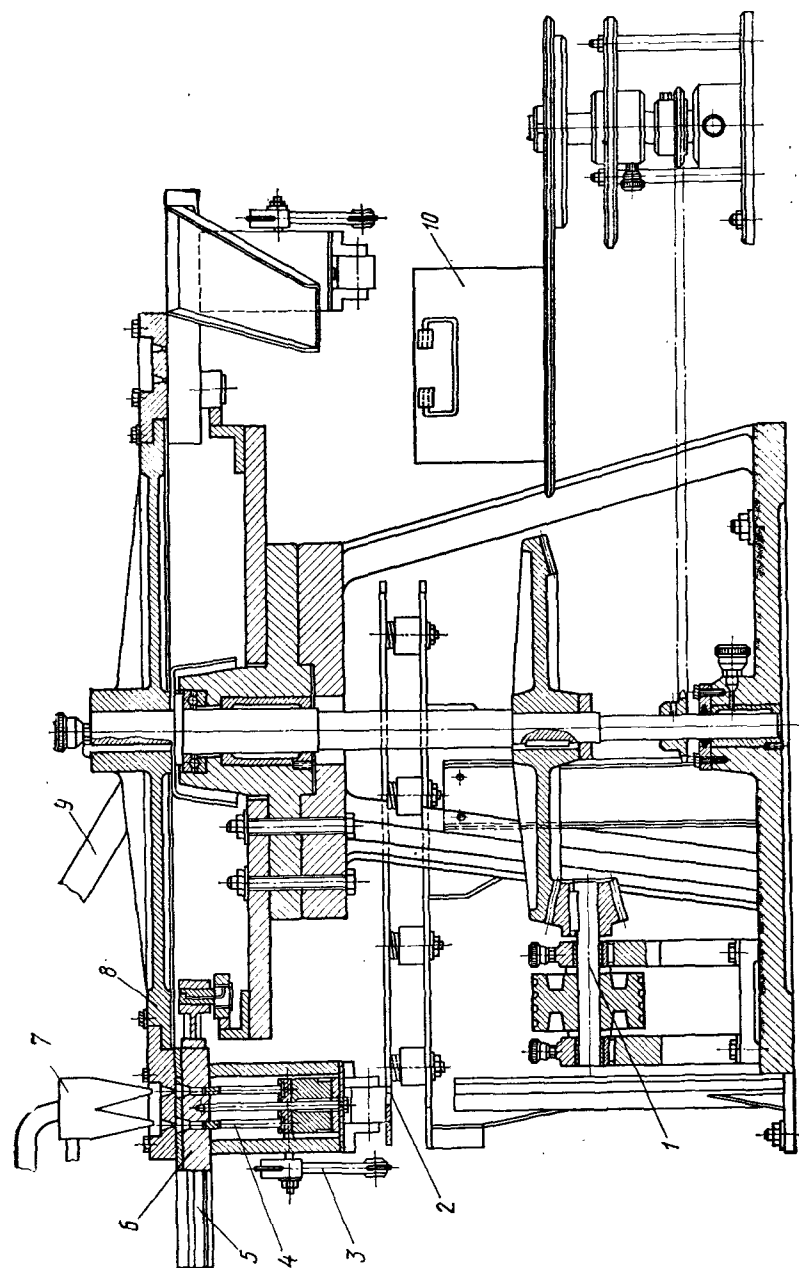
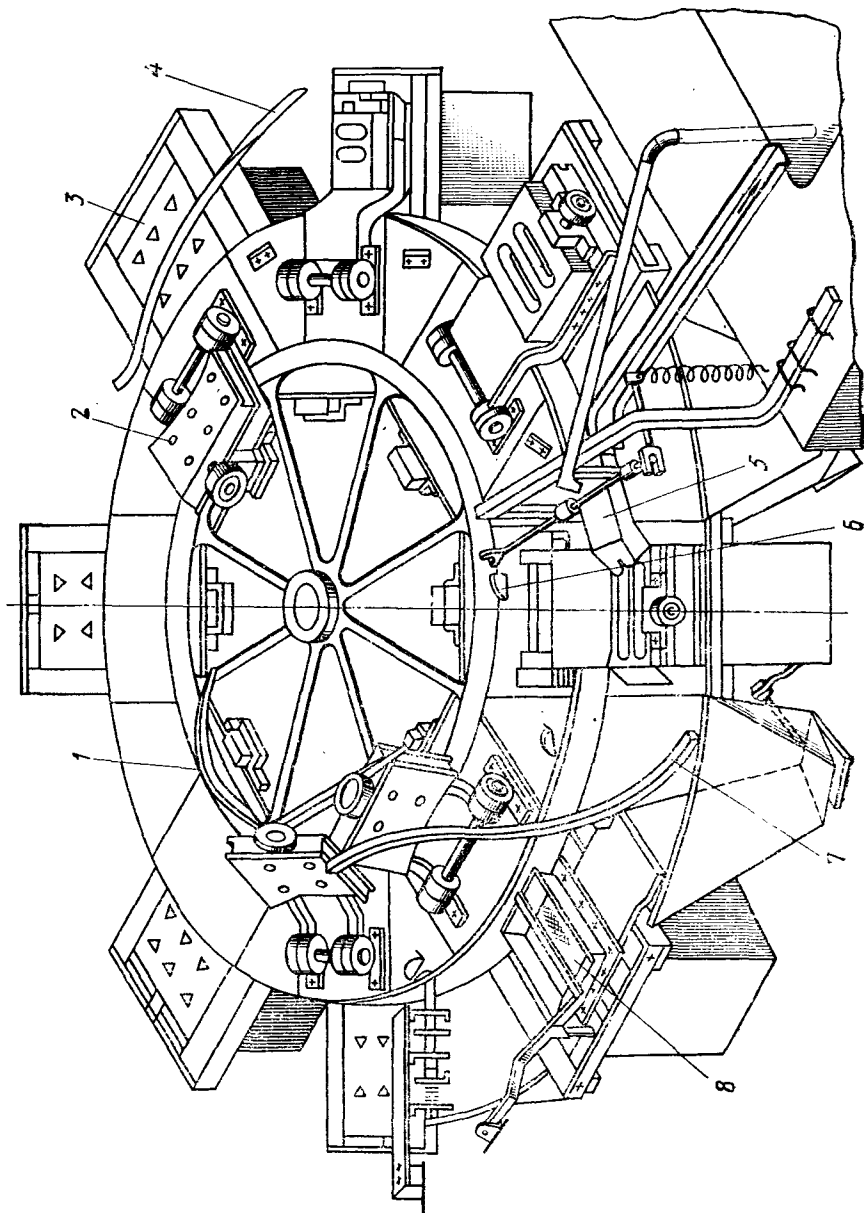


Рис. 63. Автомат для отливки мелких деталей:

1 — вал, 2 — планка, 3 — рычаг, 4 — штырь, 5 — направляющая, 6 — форма, 7 — воронка, 8 — планшайба, 9 — упор, 10 — бачок

Рис. 64. Автомат для отливки мелких деталей:  
 1, 4, 7 — копиры,  
 2 — крышка, 3 — изложница,  
 5 — ковш, 6 — упор,  
 8 — сито



быстрого охлаждения сплава и стабилизации теплового режима на литниковую часть подается вода прямо из водопровода, снабженного краном для регулирования подачи. После затвердевания сплава форма по направляющим 5 выдвигается из-под планшайбы копиром, укрепленным на станине. При этом происходит отделение литниковой части от готовых отливок. Первоначально эта форма имела жесткие направляющие типа «ласточкин хвост», что не позволяло точно отрегулировать зазоры между плоскостью планшайбы и формой. Поэтому они были заменены так называемыми плавающими формами. Эта форма освобождена в вертикальной плоскости и имеет также освобожденную изложницу, которая поджимается к планшайбе пружинами. Благодаря этому изложница не может заклинивать форму, так как при разогреве деталей при работе сжимаются только пружины. Корпус этой литейной формы универсальный и может применяться для отливки любых мелких деталей, при этом меняются только изложницы и толкатели.

Выталкивание изделий происходит при полностью выдвинутой форме, когда рычаг 3 с роликом набегают на упорную планку и разворачиваются. На оси этого рычага установлены эксцентрики, которые при помощи колодки продвигают штыри 4 вверх, приподнимая тем самым отлитые изделия над плоскостью формы. Затем изделия сбрасывают на лоток и по нему сыплют в бачки 10. Механизм сбрасывания борнов выполнен в виде вилки с четырьмя планками, которые подхватывают изделия, расположенные в два ряда, под основание и удерживают до ухода формы. Затем под действием упора 9, закрепленного на планшайбе 8, планки 2 разводятся и борны проваливаются вниз. Межэлементные соединения сбрасываются с поверхности формы эластичным скребком. После сбрасывания деталей форма с изложницами уходит обратно под планшайбу, а штыри механизма выталкивания опускают вниз.

Основным недостатком описанного автомата является наличие больших сил трения, возникающих между нижней плоскостью планшайбы и поверхностью формы при перемещении последней для сбрасывания деталей и отрыва литника. Большая работа затрачивается также на отрывание литника от ложка при возврате его на переплавку. Переплавка в свою очередь вызывает дополнительный угар сплава и требует значительного количества электроэнергии. Указанные недостатки в некоторой степени устранены в автомате, показанном на рис. 64.

Литейные формы, установленные на нем, состоят из неподвижной плиты с изложницами 3 и откидывающейся крышки 2. В крышке имеются литниковые пазы с отверстиями, через которые сплав попадает в изложницы. Сплав подается из электрокотла насосом по трубопроводу в заливочный ковш 5. При подходе формы под ковш кулачковый упор 6, закрепленный на планшайбе, воздействует на заливочное устройство, которое подает сплав определенными дозами в литниковые пазы. После затвердевания сплава плита с изложницами также перемещается от копира, закрепленного на станине, но на небольшое расстояние, достаточное для отделения

литника от изделия. Пространственный копир 4, воздействуя на ролик крышки, разворачивает ее на 180°. В момент удара, когда крышка падает на упор 6, литник выбивается из пазов и через отверстия в планшайбе попадает на транспортер, возвращающий его обратно на переплавку.

Отлитые детали удаляют из форм способом, аналогичным описанному ранее. Перед закрытием крышкой формы приподнимают

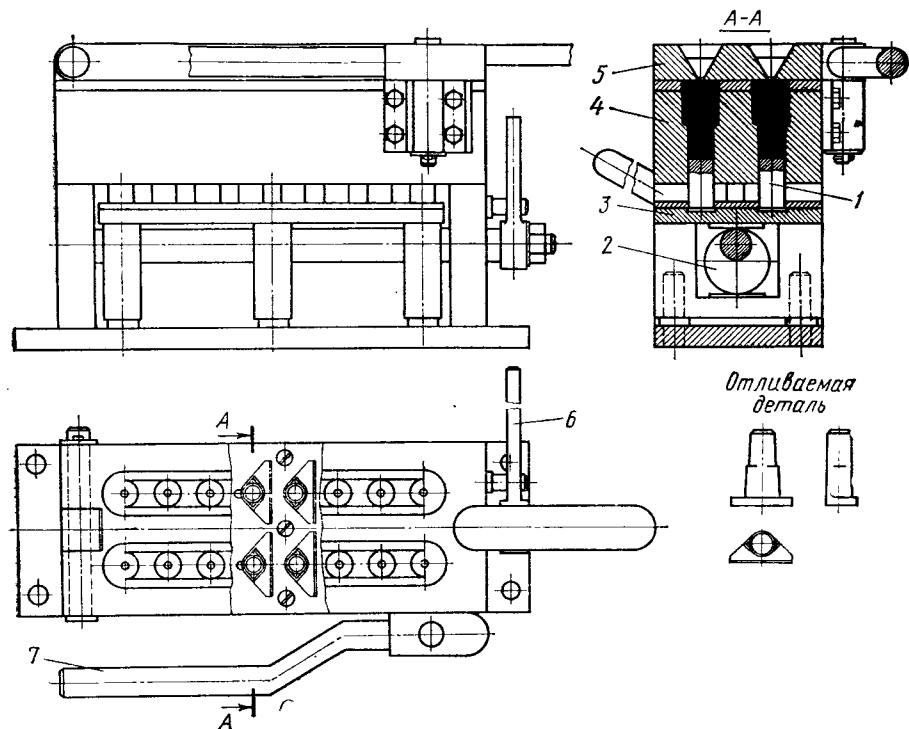


Рис. 65. Малогабаритный станок для отливки бареток

тальком с помощью вибрирующей сетки — сита 8. Крышки возвращаются в исходное положение для заливки форм также пространственным копиром 7.

Для ремонтных баз и мастерских представляют интерес малогабаритные литейные станки для отливки ряда деталей крепления вручную. Чертежи некоторых из них показаны на рис. 65—68.

На рис. 65 изображен малогабаритный станок для отливки бареток. Изложница 4 с формами отливаемых деталей неподвижно закреплена на стойке и закрывается сверху литниковой крышкой 5. Снизу в отверстия форм входят штыри 1, закрепленные на плите 3. Жидкий сплав заливается в литниковые воронки и заполняет внутренние полости изложницы. После застывания сплава крышка сдвигается в горизонтальной плоскости рукояткой 7 и отлитые изделия

отделяются от литников. Затем крышка откидывается и баретки выводятся вверх из своих гнезд штырями под действием эксцентриков 2 и рукоятки 6.

Отливку межэлементных соединений производят в аналогичных станках (рис. 66). В отличие от предыдущего станка штыри 2 здесь доходят до самой крышки и предназначены для получения отверстий в межэлементном соединении, а втулки 1 сделаны подвижны-

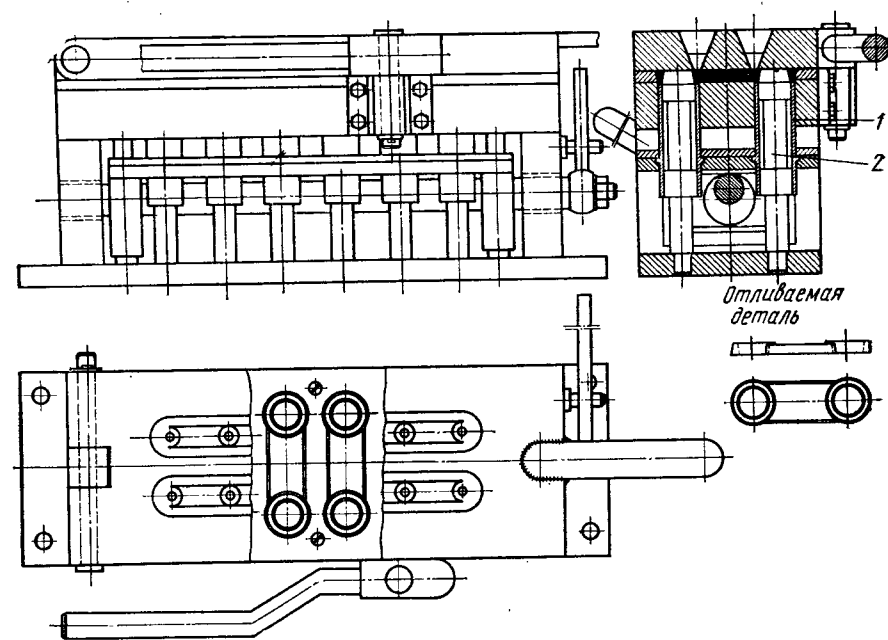


Рис. 66. Малогабаритный станок для отливки межэлементных соединений

ми для высадки отливок. Перемещаются они также эксцентриковым механизмом.

Несколько сложнее конструкция станка для отливки выводных наконечников (рис. 67). Изложница этого станка состоит из неподвижной плиты 10 и съемной планки 4. Литниковая крышка 12 получает горизонтальное смещение от эксцентриковой ручки 3 и откидывается относительно центра 11. Ручка 2 служит для смещения штыря, образующего отверстие в ушке отлитого выводного наконечника. Штыри 9, предназначенные для образования большого отверстия в выходном зажиме, закреплены в корпусе и по ним перемещаются съемные втулки 6. Эти втулки вместе со шпильками 5 крепятся к плите 7, которая перемещает их за счет эксцентриков 8, входящих в рамку плиты. Эксцентрики разворачиваются рукояткой 1.

Малогабаритный станок для отливки втулок, показанный на рис. 68, работает следующим образом. Изложница состоит из неподвижной плиты 6 и раздвижных щек 8, которые стягиваются защелкой 4. Литниковая крышка 7 сдвигается в горизонтальной плоскости кулачком 3 и откидывается рукояткой 2. Для освобождения отливок штыри 9, образующие отверстия в отливаемых втул-

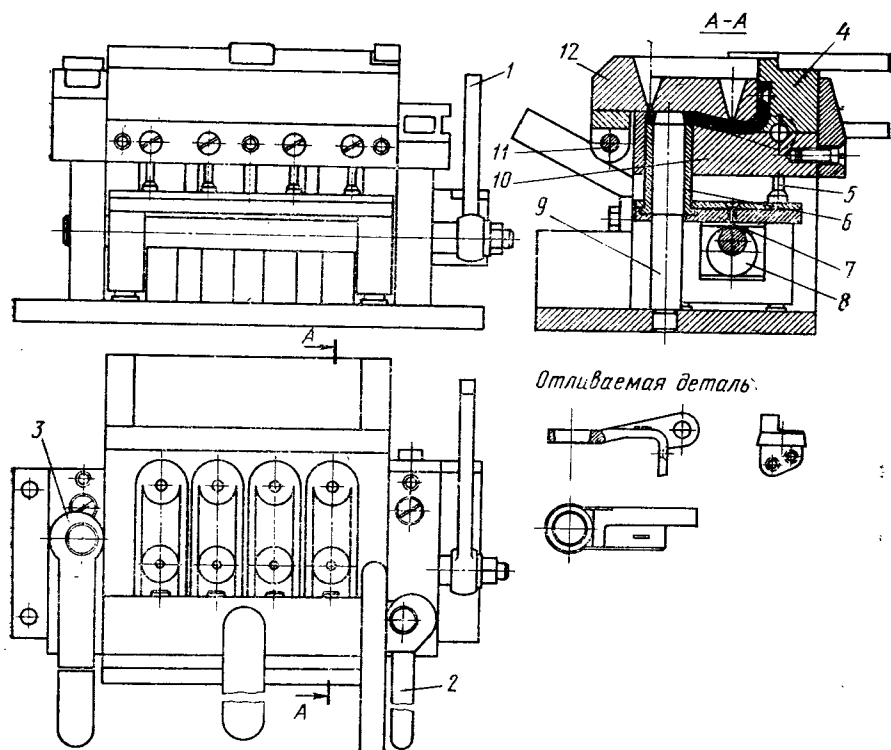


Рис. 67. Малогабаритный станок для отливки наконечников

ках, опускаются вниз эксцентриковым валом 5 при помощи рукоятки 1. Все эти станки многоместные и имеют достаточно высокую производительность.

Решетки и детали крепления после отливки подвергаются техническому контролю. Первичный контроль осуществляет сам литейщик. Он отбраковывает отливки, имеющие недоливы, выявляет «белые пятна» и другие явные дефекты. Затем выборочную проверку качества отливок проводят работники цеха. Они проверяют размеры деталей и решеток с помощью шаблонов или микрометра, а также взвешивают отливки.

Недопустимыми являются следующие дефекты:

в решетках — трещины на рамках и ушках, сплошная слепота, утяжка на токоведущих ушках свыше 10% толщины, горелые ре-

шетки (матово-белого цвета), хрупкие на излом, разрыв двух расположенных рядом горизонтальных жилок в соседних вертикальных рядах, недоливы или разрывы вертикальных ребер, перекосы и др.;

во втулках — сквозные раковины, углубления (вмятины) на внутренней поверхности втулок более 0,3 мм, слоистость, заусенцы, разностепенность, овальность, недоливы на ободках втулки;

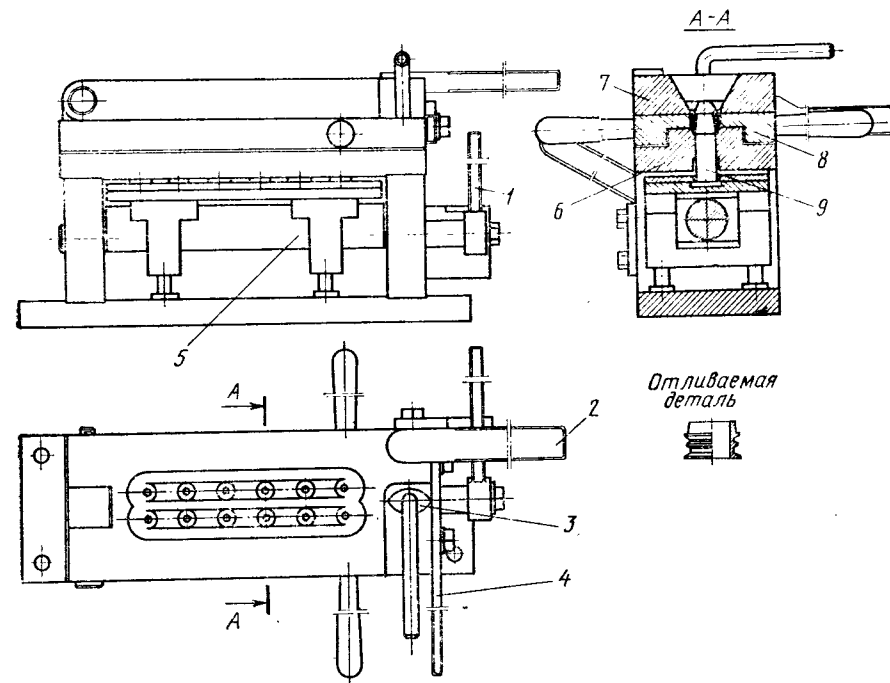


Рис. 68. Малогабаритный станок для отливки втулок

в межэлементных соединениях — трещины, недоливы, усадка, мелкие трещины и раковины в месте среза литника, заусенцы внутри колец и по периметру межэлементных соединений;

в выводных зажимах — те же, что и для межэлементных соединений, а также недоливы колец с наружной стороны, неплотность заливки выводного болта, повреждение резьбы болта, заливка сплавом резьбы болта, заусенцы на плоскости у крепления контактов;

в баретках — трещины у основания стержня, повреждение резьбы штыря, неплотность заливки штыря, смещение штыря баретки от вертикальной оси, недоливы, раковины и заусенцы.

Партия решеток и деталей крепления, принятая ОТК, снабжается паспортом, в котором отмечают дату выпуска, состав сплава и табельный номер литейщика. Решетки хранят в стопках на специальных стеллажах, а мелкие детали — в ящиках.



## § 50. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВОК ИЗ ЧИСТОГО СВИНЦА

Отливка поверхностных пластин. Поверхностные пластины стационарных типов аккумуляторов отливают из свинца  $C_0$  и  $C_1$ . Поверхностные пластины изготавливают трех различных типов: И-1, И-2 и И-4. Номинальная емкость пластины И-1 составляет 36 А·ч, остальных — соответственно 72 и 144 А·ч. Масса пластины И-1 равна 2,8 кг, И-2—5,2 кг, а И-4—10,4 кг.

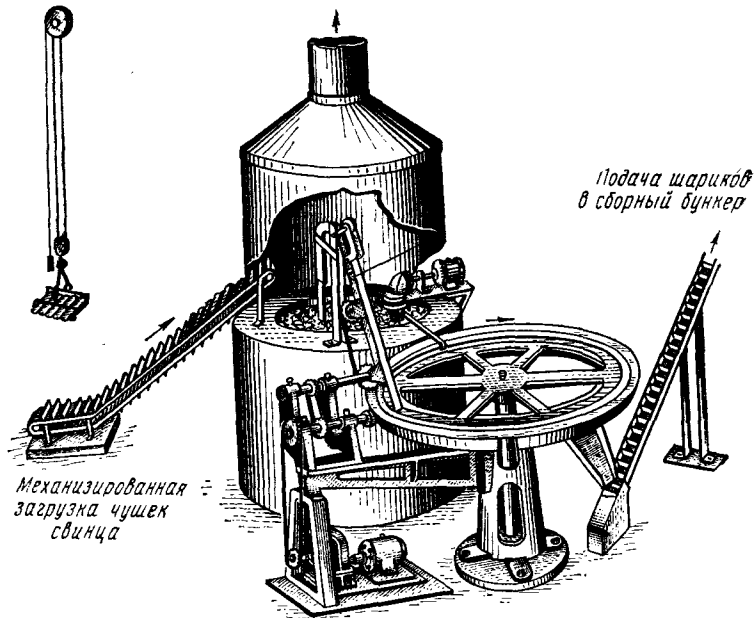


Рис. 69. Установка для отливки свинцовых шариков

Отливку поверхностных пластин производят на полуавтоматических литейных машинах при температуре жидкого свинца 400—500°С.

Литейные формы для поверхностных пластин имеют довольно сложную конструкцию. В чугунные рамы монтируют гребенки из муңц-металла (сплав меди с 40% цинка и небольшим содержанием свинца). Гребенки, называемые ламелями, представляют собой пластины, имеющие с одной стороны острые зубцы, чередующиеся с впадинами. Сторона чугунной рамы с установленными в нее рядами ламелей является рабочей поверхностью формы. Полость формы, заполняемая чистым свинцом, образуется при соприкосновении вершин ламели одной половины формы с вершиной встречной ламели другой половины. Образованная набором ламелей двух рам сложная полость точно воспроизводит форму отливки поверхностной пластины.

Из-за большой массы и сложной конфигурации поверхностных пластин выемка их из формы затруднена и часто сопровождается искривлением отливки. Поэтому свежееотлитые пластины должны немедленно подвергаться правке на рихтовочных досках или специальных горизонтальных столах с помощью деревянного молотка.

Существуют также конструкции, которые позволяют получить пластины без деформации.

Отливка свинцовых шариков. Необходимые для получения свинцового порошка шарики отливают из свинца  $C_0$  и  $C_1$ . Различают шарики малые диаметром  $15 \pm 1$  мм или  $20 \pm 1$  мм и шарики большие диаметром  $50 \pm 1$  мм. Шарики большого размера применяют в мельницах «Велокс», а малого размера — во всех остальных мельницах.

Отливку шариков выполняют на автоматах карусельного типа. Установка для отливки шариков показана на рис. 69. Для расплавленного свинца служат стальные котлы с электрообогревом и автоматическим регулированием температуры расплавленного свинца. Емкость котлов для отливки шариков малых размеров составляет 3—4 т, а для отливки большого размера — 6—8 т. Загрузку свинца в котел производят механизированным способом с автоматическим регулированием скорости загрузки. Расплавленный свинец подается к автомату центробежным насосом. Отливка ведется при температуре жидкого свинца 400—450°С.

Отливку шариков малых размеров производят на автоматах, аналогичных изображенному на рис. 69. Формы для отливки шариков на этом автомате располагаются в радиально размещенных направляющих планшайбы. Каждая форма состоит из двух цилиндрических ползунок с углублениями на торцах в виде полусфер. Когда ползунки смыкаются своими торцами, образуется форма, в которую через верхнее отверстие, совмещенное с отверстием на дне литниковой выточка, заливается расплавленный свинец.

Ячейка для отливки свинцовых шариков в указанных формах показана на рис. 70.

Шарики большого размера диаметром  $50 \pm 1$  мм, применяемые в мельницах «Велокс» (см. гл. IX), отливают на карусельном автомате (рис. 71).

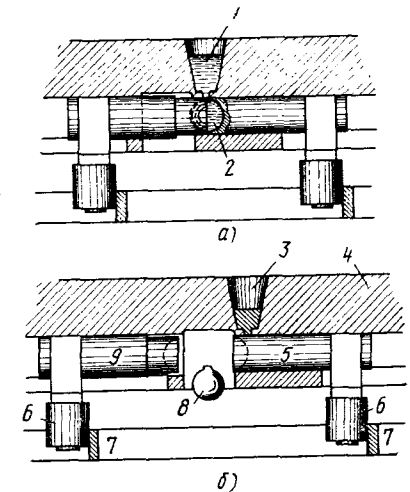


Рис. 70. Ячейки для отливки свинцовых шариков:

а — положение при заливке формы свинцом, б — положение при разъеме формы; 1 — расплавленный свинец, 2 — формочка, залитая свинцом, 3 — литниковая выточка, 4 — планшайба, 5, 9 — разъемные половинки формочки, 6 — ролик, 7 — направляющие ролики, 8 — отлитый шарик

Автомат представляет собой непрерывно вращающийся стол с вертикальной осью вращения, воздушным охлаждением форм и водяным охлаждением литника. Весь процесс литья, начиная от подачи расплавленного свинца в литниковую чашу, включая возвращение в плавильную печь литниковых остатков и кончая выдачей готовых шариков, происходит автоматически.

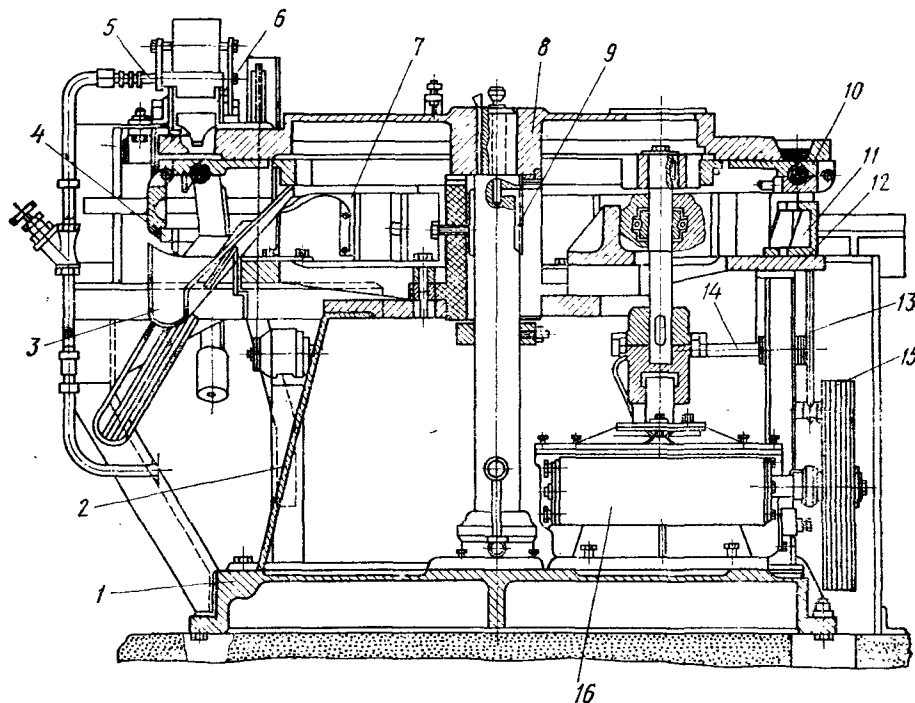


Рис. 71. Автомат для отливки шариков большого диаметра:

1 — фундаментная плита, 2 — тумба, 3 — лоток, 4, 7 — направляющие, 5 — нож, 6 — желоб, 8 — вращающийся стол, 9 — подшипник, 10 — форма, 11 — крыштейн, 12 — неподвижный стол, 13 — цепная передача, 14 — вал, 15 — ременная передача, 16 — редуктор

Автомат обслуживается насосной установкой, состоящей из центробежного насоса, смонтированного на раме, плавильного котла. Труба этого насоса погружена в расплав. В нагнетательной трубе насоса имеется сливной кран, открываемый с помощью маховика посредством червячной передачи. Закрывание крана увеличивает подачу, поскольку в этом случае увеличивается сплав металла обратно в котел. Вода для охлаждения литника поступает по трубопроводу, оканчивающемуся наконечником с отверстиями. Количество подаваемой воды также регулируется.

Основанием автомата является неподвижный стол 12, укрепленный на пустотелой тумбе 2, которая крепится на фундаментной плите 1. На неподвижном столе по окружности установлены крыштейны

11 и направляющие 4 и 7, открывающие и закрывающие проходящие над ними формы 10. Внутри тумбы смонтирован вертикальный вал 14, опирающийся на подпятник и вращающийся в подшипнике 9. На этом валу при помощи шпонки закреплен вращающийся стол 8, к которому снизу привернуты формы для отливки шариков.

Каждая форма состоит из двух разнимающихся по горизонтальной плоскости половин, нижняя из которых крепится шарнирно. В каждой форме имеется четыре гнезда для шариков. Нижние полуформы снабжены цилиндрическими пальцами, которые при вращении стола скользят по направляющим, служащим для открывания форм и удерживания их половин в нужном положении. При вращении стола формы последовательно проходят ряд положений для осуществления следующих операций: открывания формы, удаления шариков в приемный лоток, возврата литника в котел для переплавки. На участке поворота стола от начала заполнения формы расплавленным свинцом до момента образования твердой оболочки плотное соединение половин формы обеспечивается бронзовыми колодками, прижимаемыми к нижней поверхности формы с помощью грузов, а в некоторых конструкциях пружинами.

На последующем участке движения формы, когда происходит дальнейшее охлаждение отлитых шариков, нижняя половина формы поддерживается в закрытом положении при помощи направляющей.

Далее нижняя половина формы своим пальцем наезжает на клиновую направляющую и при движении раскрытой формы продолжается охлаждение отливки и литника, затем литник наталкивается на неподвижный нож 5, который отделяет от литника шарики, падающие на желоб 6, а литник в виде непрерывного прутка трапецеидального сечения направляется в печь на переплавку. Затем форма закрывается при помощи направляющей и начинается следующий цикл работы. Случайно не выпавшие из своих гнезд шарики сбрасывают вниз на лоток последовательно установленными пружинными и грузовым выталкивателями. С лотка шарики сыпаются в бочку или другую тару. Вращающийся стол приводится в движение от электродвигателя через клиноременную передачу, червячный редуктор 16 и цилиндрическую пару шестерен с внутренним зацеплением.

От входного вала червячного редуктора с помощью цепной передачи 13 движение передается трансмиссионному валу, установленному на отдельных подшипниках. Вторая цепная передача от этого вала передает движение через пару цилиндрических шестерен транспортирующему ролику, встроенному в транспортирующий желоб. На входном конце желоба имеется нож, который приподнимает со стола литниковый остаток, направляет его в желоб и далее подает на ролик. В результате давления на литник нажимного ролика и системы рычагов с грузом транспортирующий ролик тянет «на себя» литниковый остаток и в виде непрерывного прутка направляет его в котел печи для переплавки. Все это устройство

смонтировано на фундаментной плите при помощи сварного кронштейна.

Для заливки свинца в литниковую канавку служит заливочный ковш, шарнирно сидящий на кронштейне, повернутом к неподвижному столу автомата.

В связи с тем что все операции механизированы и выполняются автоматически без участия человека, один рабочий может обслуживать несколько машин.

Свинцовые шарики, отлитые на автомате, поднимаются наклонным ковшовым элеватором на цепной транспортер, подающий шарики к мельницам. Необходимо отметить, что для получения свинцового порошка перевод чушкового металла в шарики не обязателен, так как мельницы допускают и загрузку целых чушек, нарезанных предварительно на куски гильотиновыми ножницами. Чушки (целые или разрубленные) загружают в мельницу пневматическим толкателем. Внутри мельницы под действием повышенной температуры и механических ударов чушки постепенно приобретают форму шара, а затем измельчаются обычным способом.

#### § 51. ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

Важное значение при отливке решеток имеет покрытие рабочей поверхности форм теплоизолирующим слоем, который, предотвращая чрезмерную потерю тепла отливкой, обеспечивает равномерное заполнение каналов формы. Из всех предложенных до сих пор покрытий для литейной формы лучшим оказалось покрытие, получаемое из водной суспензии, содержащей пробковую муку (50—100 г/см<sup>3</sup>) и силикат натрия (10—25 г/см<sup>3</sup>). Насыпная масса пробковой муки 0,04—0,2 г/см<sup>3</sup>.

Следует отметить, что полученная на поверхности формы пробковая теплоизолирующая пленка наряду с весьма низкой теплопроводностью характеризуется также хорошей смачиваемостью расплавленным свинцово-сурьмянистым сплавом, что также способствует равномерному заполнению литейной формы.

Для приготовления пробковой суспензии на аккумуляторных заводах предварительно готовят пробковую муку, размальывая кусочки пробки на специальных дезинтеграторах и шаровых мельницах (рис. 72). Полученную пробковую муку просеивают через сито 9, добавляют в нагретый до кипения раствор силиката натрия и кипятят в течение 1 ч. После охлаждения суспензию процеживают через сито и наносят с помощью пульверизатора на предварительно нагретую до 90—95°С форму. После высыхания первого слоя наносят второй слой суспензии.

Дефицитность импортной корковой пробки, применяемой для изготовления пробковой муки, заставила искать эффективные заменители. Было установлено, что для указанных целей успешно может применяться также кора амурского бархата — древесина отечественного происхождения.

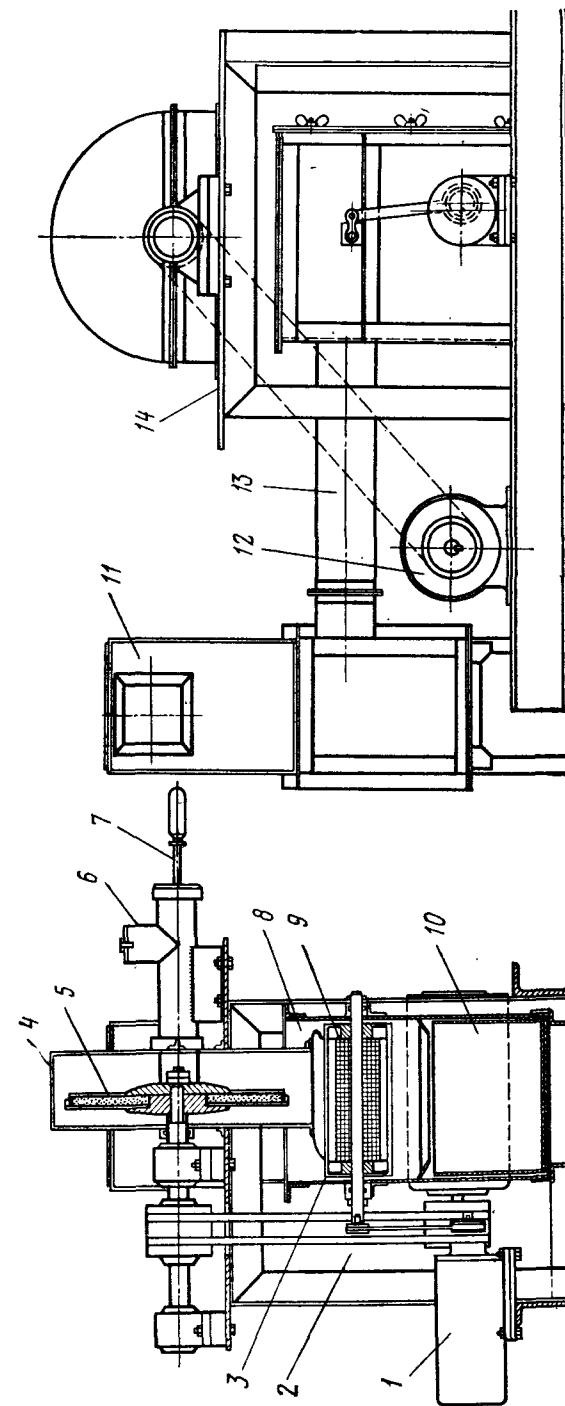


Рис. 72. Дезинтегратор для получения пробковой муки: 1 — двигатель с редуктором, 2 — текстолит, 3 — брезентовый рукав, 4 — кожух, 5 — наждачный мелкозернистый камень, 6 — приемник пробки, 7 — щток, 8 — камера, 9 — сито, 10 — приемник пробковой муки, 11 — фильтр-камера, 12 — двигатель, 13 — воздухопровод, 14 — станция

1. Каковы основные физико-химические свойства свинцово-сурьмянистого сплава?
2. Какова технология приготовления аккумуляторного сплава и отливки решеток?
3. Как устроен и каков принцип действия карусельного автомата для отливки решеток?
4. Как устроены и работают автоматы для отливки мелких деталей и свинцовых шариков?
5. Какова роль суспензии, применяемой для покрытия поверхности литейных форм?

## Глава VIII. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СВИНЦОВОГО ПОРОШКА

Электроды свинцового аккумулятора изготавливают преимущественно из свинцового порошка. В некоторых случаях для этого применяют аккумуляторные свинцовый глет и свинцовый сурик.

Свинцовый порошок получают на аккумуляторных заводах путем измельчения свинцовых шариков в сухих шаровых барабанных мельницах. Для изготовления шариков применяют свинец марки С<sub>0</sub>, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> ГОСТ 3778—74.

### § 52. МЕЛЬНИЧНЫЕ УСТАНОВКИ

В аккумуляторной промышленности применяют несколько типов мельниц для изготовления свинцового порошка. Разница между ними заключается в основном в способе удаления образующего свинцового порошка из барабана мельниц.

На рис. 73—75 представлены схематично устройства наиболее распространенных типов мельниц. На рис. 73 показана мельница ситового типа с периферической разгрузкой образующегося свинцового порошка через отверстия в цилиндрической стенке.

Во втором типе мельницы, показанном на рис. 74, называемой «вихревой», порошок выдувается из барабана воздухом, рециркулирующим в мельничной установке. После циклона, в котором улавливается основная часть порошка, воздух вентилятором вновь возвращается в барабан. Только небольшая часть рециркулирующего воздуха удаляется из системы, проходя очистку в фильтре. Это необходимо для пополнения кислорода, израсходованного на окисление свинца, а также для создания в системе вакуума, необходимого для устранения пыления мельницы.

Применяется также мельница, называемая «конической» (рис. 75), в которой свинцовые шарики загружаются через полусось с одного конца барабана, а образующийся свинцовый порошок высыпается с другого его конца через порог горловины другой полусоси. Остатки свинцовых шариков задерживаются конусным реше-

том, установленным в полой оси. Окончательный отсев порошка происходит на барабанном сите, крупный остаток с которого возвращается в барабан мельницы. Воздух, просасываемый через барабан, проходит очистку, как в циклонной мельнице.

У последних трех типов мельниц барабаны могут дополнительно охлаждаться орошением внешних стенок барабанов водой.

Рассмотрим более подробно некоторые детали конструкции и режимы работы мельниц разного типа.

Мельница с периферической разгрузкой наиболее распространена в Советском Союзе. Она наиболее

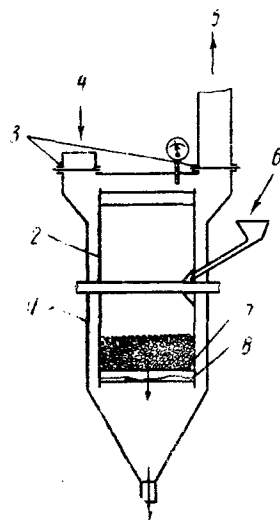


Рис. 73. Схема действия мельницы ситового типа:  
1 — кожух, 2 — барабан, 3 — шибер, 4 — к фильтру, 5 — к барабану, 6 — вода, 7 — классификатор, 8 — крупные частицы, 9 — термомпары, 10 — циклон, 11 — свинцовый порошок

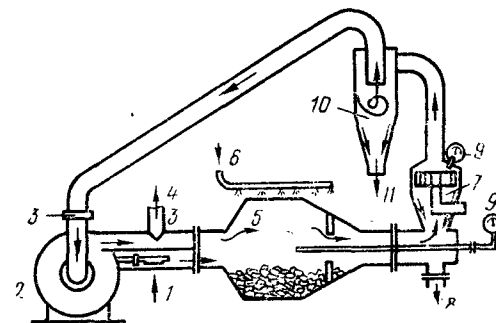


Рис. 74. Схема действия мельницы вихревого типа:  
1 — чушки свинца, 2 — вентилятор, 3 — шибер, 4 — к фильтру, 5 — барабан, 6 — вода, 7 — классификатор, 8 — крупные частицы, 9 — термомпары, 10 — циклон, 11 — свинцовый порошок

проста в эксплуатации. Свинцовый порошок, получаемый с этой мельницы, обладает наилучшими свойствами.

На рис. 76 более подробно показана современная конструкция мельницы с периферической разгрузкой. Барабан состоит из внутренней гладкой стенки с отверстиями. Применяют также сита, сетка которых расположена концентрически вокруг барабана. Цилиндрическая стенка имеет толщину 10—15 мм. Отверстия имеют профиль усеченного конуса, переходящего в узкое цилиндрическое отверстие, направленное внутрь барабана (рис. 77). Такой профиль отверстий уменьшает их забиваемость. Для сита применяется сетка № 06 ГОСТ 3584—73, имеющая около 150 отверстий в одном квадратном сантиметре. Отверстие в свету равно 0,6 мм в ширину.

Диаметр барабана (без сетки) равен 1400—2000 мм; длина его по образующей 950—1250 мм. Число отверстий в барабане 1400—4500. Барабан вращается со скоростью 18—23 об/мин. Вращение осуществляется электродвигателем переменного тока через транс-

миссию и зубчатую передачу или посредством редуктора. Передача осуществляется техстропными клиновидными ремнями.

Воздух под кожух мельницы подается как естественной, так и принудительной вентиляцией. Воздух входит под кожух в верхней его части с одной стороны, выходит с другой. Скорость его прохождения под кожухом, а следовательно, и охлаждение барабана регулируются шиберами по температуре охлаждающего воздуха.

Температура отходящего воздуха поддерживается от 85 до 125° С в зависимости от режима работы мельницы. Количество воздуха, проходящего в течение одного часа через мельницу, колеблется в пределах 300—1100 м<sup>3</sup>. Температуру контролируют ртутными и манометрическими термометрами и термометрами сопротивления, установленными у выхода воздуха из под кожуха.

Мельницу загружают свинцовыми шариками диаметром 20 мм, но она может питаться кусками чушек массой 7—8 кг. Чушки разрезают на гильотинных ножницах. Стальные шары, обычно

добавляемые в барабаны шаровых мельниц для измельчения других материалов, не применяют; в данном случае материалом шаров служит сам измельчаемый свинец. Шары, подаваемые к мельнице ленточным транспортером, попадают в дисковый питатель, из которого равномерно по трубе скатываются в барабан через его боковое отверстие.

Высыпавшийся из барабана порошок собирается в тару или падает в общий сборный шнек.

Дисковый питатель (рис. 78) представляет собой коробку, разделенную перегородкой. На месте одной стенки коробки, перпендикулярной к перегородке, расположен массивный диск, вращающийся кривошипной передачей с храповым колесом от вала барабана. В диске со стороны коробки имеются наклонные углубления, расположенные так, что при прохождении диска через половину коробки, загружаемую шариками, последние закатываются в эти углубления в диске. При повороте диска примерно на 110—120° С эти углубления опрокидываются над второй половиной коробки, шарики вываливаются, попадают в трубу и направляются в барабан мельницы.

Количество шариков в барабане поддерживается в пределах от 800 до 2000 кг. Наполнение барабана шариками контролируют

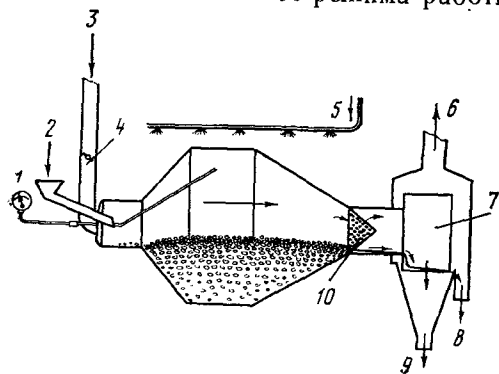


Рис. 75. Схема действия мельницы конического типа:

1 — термометр, 2 — свинцовые шары, 3 — воздух, 4 — шибер, 5 — вода, 6 — к циклону и фильтру, 7 — барабан-сито, 8 — возврат, 9 — свинцовый порошок, 10 — решето

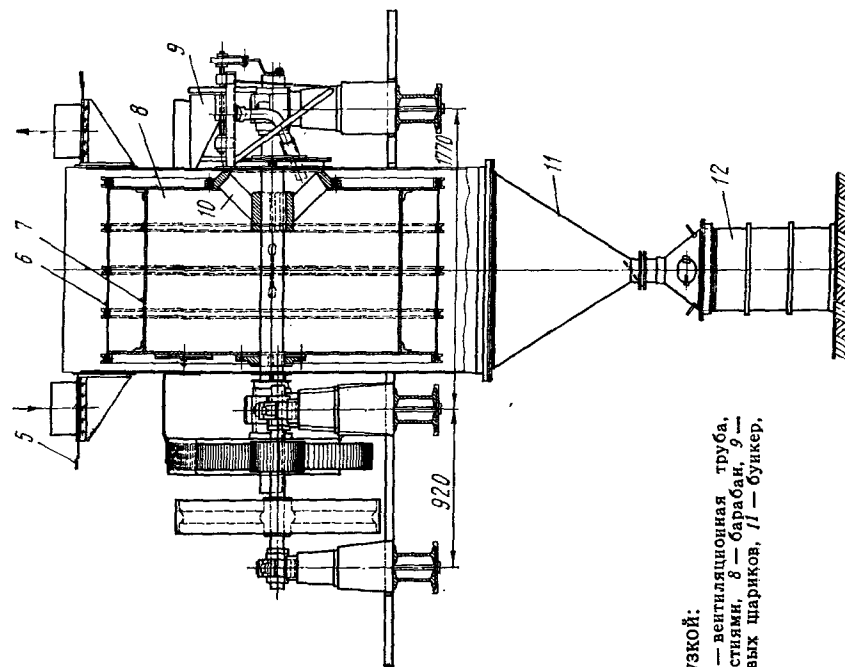
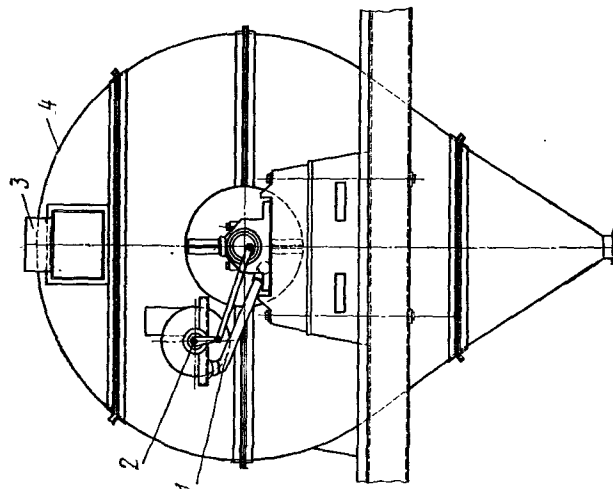


Рис. 76. Устройство мельницы с периферической разгрузкой:

1 — слуховая труба для шариков, 2 — храповик питателя, 3 — вентиляционная труба, 4 — кожух, 5 — шибер, 6 — сито, 7 — стенка барабана с отверстиями, 8 — барабан, 9 — питатель, 10 — отверстие в барабане для сбора в него свинцовых шариков, 11 — бункер, 12 — тару для свинцового порошка



силовой нагрузкой на электродвигатель, вращающий барабан мельницы. С увеличением наполнения барабана шариками пропорционально растет нагрузка на двигатель. При постоянном передаточном отношении трансмиссии и при одной и той же скорости вращения барабана масса свинцовых шариков в нем будет практически пропорциональна изменению мощности, потребляемой двигателем.

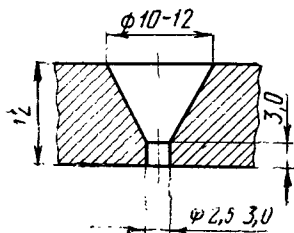


Рис. 77. Профили отверстия в барабане с периферической разгрузкой

На рис. 79 представлен примерный градуировочный график зависимости наполнения барабана шариками от нагрузки на двигатель для двух скоростей вращения барабана: 1,2—1,68 рад/с (11,5—16 об/мин), создаваемых сменой шкивов трансмиссии. За один час ситовые мельницы вырабатывают 40—120 кг свинцового порошка.

Общий вид верхней площадки установок мельниц ситового типа в цехе свинцового порошка показан на рис. 80.

Очистка воздуха, отходящего из мельничных установок, от свинцовой пыли осуществляется осадительными сухими камерами и камерами, орошаемыми водой, рукавными фильтрами и водяными пенными фильтрами. Применение последних позволяет достигнуть высокой эффек-

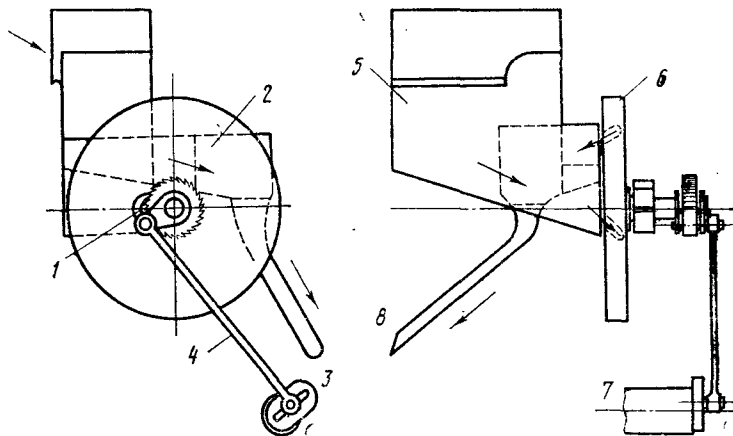


Рис. 78. Дискový питатель мельницы свинцовыми шариками:

1 — храповик и храповое колесо, 2 — лоток для сбора шариков, выпавших из диска, 3 — эксцентрик, 4 — шатун, 5 — бункер для шариков, 6 — диск с карманами, 7 — ось барабана мельницы, 8 — труба для сыпки шариков в барабан мельницы

тивности очистки — пылевая концентрация на выбросе не превышает 17 мг/м<sup>3</sup> (допустимая норма 30 мг/м<sup>3</sup>).

При разветвленной сети воздухопроводов от ряда мельничных установок ситового типа к пылеочистителям трубы могут забиваться свинцовым порошком, что усложняет эксплуатацию мельниц. За-

бивание труб порошком предупреждают двумя путями. Воздуховоды устраивают наклонно и зигзагообразно. Осевший порошок сползает в нижний угол воздуховода, где собирается в карманы, которые периодически очищаются.

Другой более эффективный способ схематично показан на рис. 81. Сборный воздухопровод, проходящий вдоль ряда мельниц, представляет собой двухъярусный механизированный отстойник

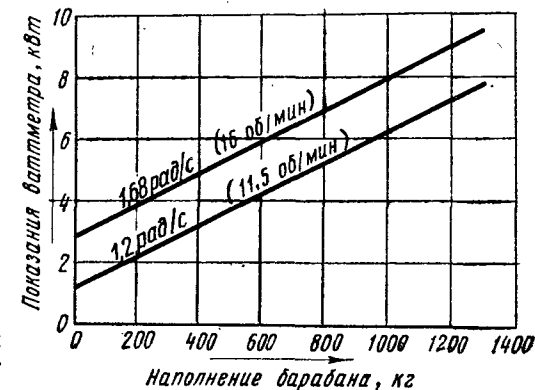


Рис. 79. Градуировочный график наполнения барабана свинцовыми шариками (барабан диаметром 1500, электродвигатель 11 кВт, 500 об/мин)

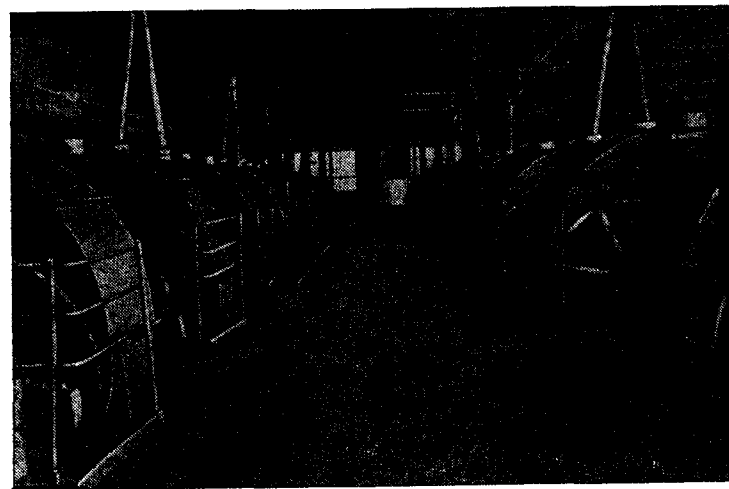


Рис. 80. Общий вид цеха свинцового порошка

квадратного сечения. От каждой мельницы к нему подведены наклонные отходящие трубы. Осевший порошок со дна яруса периодически собирается скребковыми транспортерами и направляется в общий сборный шнек свинцового порошка.

Вихревая мельница. Мельничная установка, показанная на рис. 82, отличается высокой производительностью: до 600—

700 кг свинцового порошка в час. Она состоит из конического барабана 15 диаметром в широкой части 1800 и длиной около 2000 мм, центробежного сепаратора 11, циклонного осадителя 2, рукавного фильтра 1 и бумажного фильтра тонкой очистки воздуха 4, удаляемого из установки.

Барабан мельницы, вращающийся со скоростью около 20 об/мин, питается чушками свинца массой 35—40 кг с автоматического цепного конвейера 18, забрасываемыми в барабан пневматическим

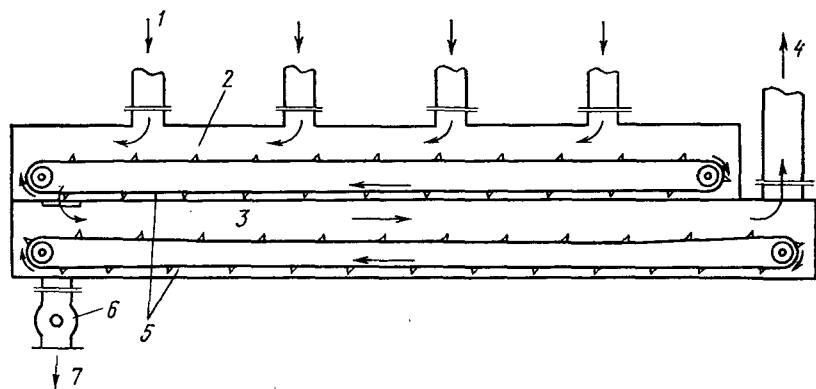


Рис. 81. Сборный воздуховод со скребковым ленточным очистителем от осевшего свинцового порошка:

1 — воздух, поступающий из мельниц, 2 — верхний ярус, 3 — нижний ярус, 4 — к циклоу и фильтру, 5 — скребки, 6 — звездочка, 7 — свинцовый порошок в сборный шнек

толкателем 19 через полулю полуось 17. Наполнение барабана свинцом составляет около 4500 кг. Образующийся свинцовый порошок выносится потоком воздуха, продуваемого через мельницу вентилятором 22 мощностью 85 м<sup>3</sup>/мин посредством патрубка 20, через ту же полуось 17.

Чушки свинца, нагреваясь, обкатываются в шары и по мере продвижения вдоль барабана измельчаются. Образующийся порошок постепенно отгесняется вновь поступающими чушками к разгрузочному концу барабана, где поднимается черпаками и рассыпается при его повороте. Мелкая фракция порошка подхватывается потоком воздуха и выносится из барабана, направляясь в сепаратор. Осажденные крупные частицы порошка сыпаются на дно сепаратора и по шнекам 13 и 10 возвращаются обратно в барабан. Отсепарированный мелкий порошок далее направляется в циклонный осадитель 2, где, осаждаясь, сыпается через воздушный затвор в сборный шнек 6, по которому направляется в тару 9 или по транспортным шнекам в бункера накопителя.

Запыленный воздух после циклона по воздуховоду 25 возвращается в вентилятор и далее следует тем же путем. Часть запыленного воздуха в количестве 15—20 м<sup>3</sup>/мин отсасывается вентилятором 5 из патрубка 20 по трубе 23 и, подвергаясь первоначальной очистке

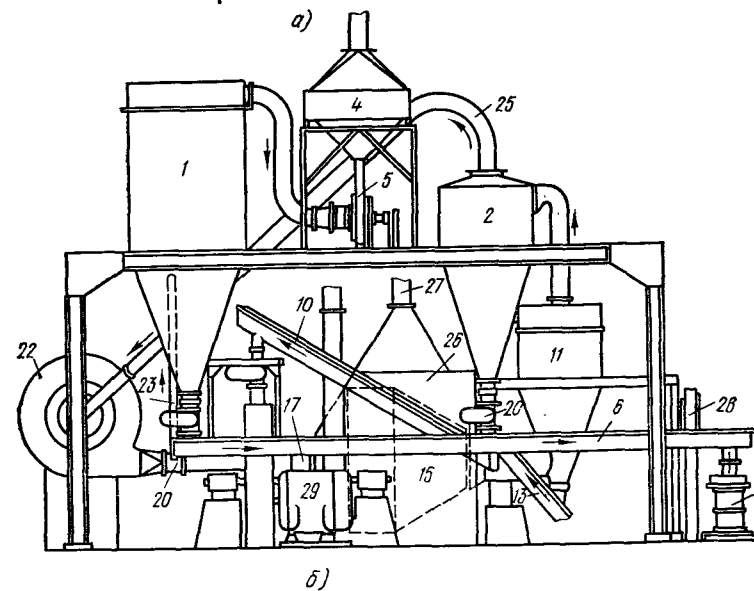
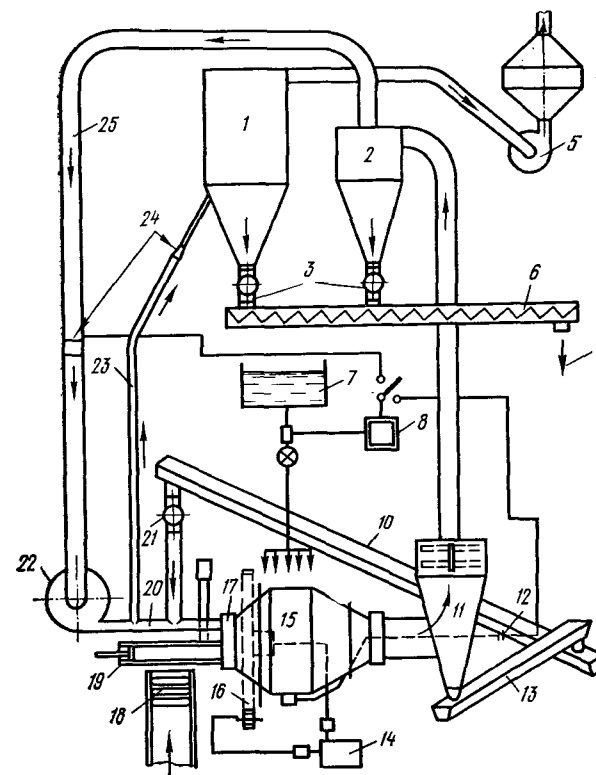


Рис. 82. Схема работы (а) и устройство (б) вихревой мельницы



в рукавном фильтре 1, направляется в фильтр тонкой очистки воздуха 4 и после него выбрасывается в атмосферу. Осажденный в рукавном фильтре мелкий порошок также ссыпается в сборный шнек, где смешивается с основным порошком из циклона. После очистки в рукавном и бумажном фильтрах в кубометре выбрасываемого воздуха содержится примерно  $0,15 \text{ мг/м}^3$  свинцовой пыли.

Барабан вращается электромотором 29 мощностью 63 кВт посредством зубчатой передачи 16. Для стабильного поддержания необходимой температуры в барабане стенки его снаружи охлаждаются водой, подаваемой от напорного бака 7. Барабан заключен в кожух 26; пары воды, образующиеся при охлаждении барабана, уносятся естественной вентиляцией через вытяжную трубу 27. Полученный порошок взвешивают на весах 28.

Термопары, контролирующие температуру реакционной зоны корпуса барабана, закреплены к барабану. Сигналы от этих термопар передаются к приборам посредством контактных колец 12, установленных по оси барабана за классификатором. Температура воздуха над шарами поддерживается около  $175^\circ \text{C}$ , корпуса — около  $200^\circ \text{C}$ .

Скорость воздушных потоков в воздуховодах 25 и 23 измеряется трубками Вентури 24 и манометрами. Дисперсность свинцового порошка, кроме скорости воздушных потоков, регулируется скоростью турбинки центробежного классификатора в пределах  $24,5\text{—}53,3 \text{ рад/с}$  ( $170\text{—}370 \text{ об/мин}$ ).

Подшипники осей барабана, несущие большую нагрузку, охлаждаются водой.

Высокая производительность этого типа мельницы и питание ее непосредственно чушками делает ее экономически выгодной для производства. Все управление работой мельницы, контроль и регулировка вынесены на общий щит управления. Мельница работает устойчиво, когда содержание окиси свинца в порошке находится в пределах  $57\text{—}63\%$ . Порошок с этой мельницы отличается высокой дисперсностью; содержание частиц мелкой фракции (меньше  $40 \text{ мкм}$ ) достигает  $97\%$ .

Рециркуляция основного количества запыленного воздуха в замкнутом цикле, герметичность аппаратуры мельницы, постоянная разряженность системы позволяют поддерживать в цехе нормальные условия работы персонала.

Коническая мельница. Мельничная установка (рис. 83) состоит из конического барабана 6 примерно таких же размеров, как у вихревой мельницы, барабанного грохота 9, вращающегося вместе с барабаном, заключенных в кожухи 5, циклонного осадителя 14, вентилятора 10 и рукавного фильтра 12.

Свинцовые шары диаметром  $50 \text{ мм}$  загружают в барабан с помощью питателя 1 цепным элеватором по питательной трубе, проходящей через загрузочную полуось барабана. Заполнение барабана шарами производится до края разгрузочной горловины 8, которой является другая полуось барабана. Шары по мере продвижения к разгрузочному концу барабана измельчаются и, проходя через дырчатый конус 7, установленный в горловине, и через

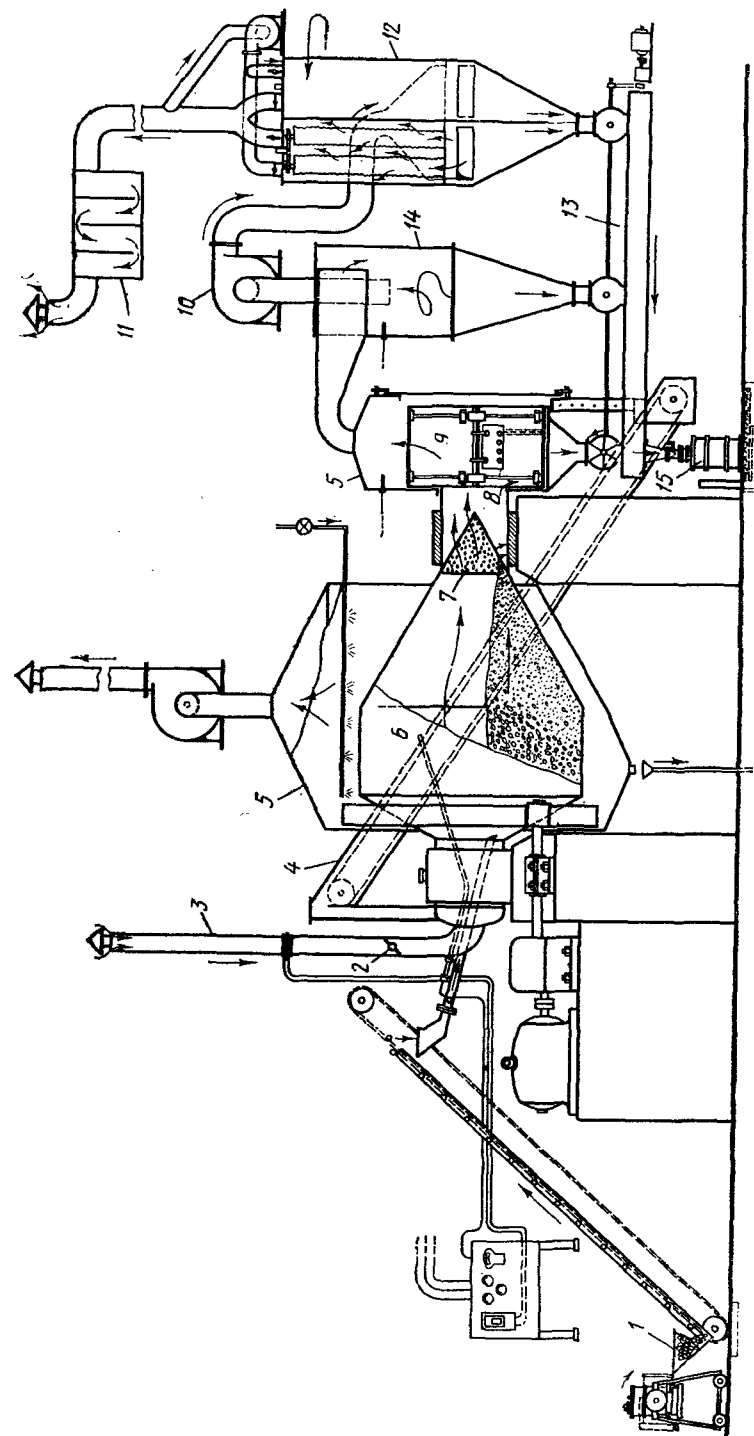


Рис. 83. Устройство конической мельницы

сито барабанного грохота, сыпаются в транспортерный шнек 13 или приемную тару 15.

Дырчатый конус задерживает остатки свинцовых шаров размерами свыше 10—12 мм. Сетка грохота (№ 06 ГОСТ 3584—73) задерживает остальной неизмельченный свинец и сбрасывает его в ковшовый элеватор 4, посредством которого он возвращается обратно в барабан.

Воздух, необходимый для окисления свинца, а также для охлаждения барабана, засасывается вентилятором через трубу 3. Проходя через барабан и грохот, он захватывает до 10—15% свинцового порошка наиболее мелких фракций и направляется в циклонный улавливатель, отсюда в рукавный фильтр и далее через пылеулавливатель 11 выносятся в атмосферу. Уловленный в циклоне и на фильтрах свинцовый порошок попадает в шнек 13, где, смешиваясь с порошком, поступающим с грохота, сыпается в тару. Количество воздуха, проходящего через барабан, регулируется заслонкой 2.

Температура в барабане регулируется и поддерживается количеством воздуха, пропускаемого через барабан, а также охлаждением внешних его стенок водой. Температура контролируется манометрическим дистанционным термометром, баллончик которого устанавливают в мельничном пространстве над шариками.

Наполнение барабана свинцовыми шариками поддерживается в пределах 8500—9000 кг, что соответствует примерно 34—38 кВт по показанию ваттметра. Температура в барабане мельницы поддерживается 160—170° С. Количество воздуха, проходящего через барабан, 8,2—9,2 м<sup>3</sup>/мин. Производительность мельницы достигает 400 кг/ч.

### § 53. МЕХАНИЗИРОВАННОЕ ПИТАНИЕ МЕЛЬНИЦ СВИНЦОВЫМИ ШАРИКАМИ

Механизированное питание мельниц свинцовыми шариками осуществляется двумя способами: периодическим попеременным с помощью одной общей транспортной ленты и непрерывным посредством секционного ленточного транспортера.

Периодическое попеременное питание мельниц свинцовыми шариками с помощью общей транспортной ленты. Свинцовые шарики из распределительного бункера поступают на общую транспортную ленту, движущуюся вдоль ряда работающих мельниц. В боковых стенках желоба, по которому проходит лента, против каждой мельницы имеются отверстия, от которых отходят трубки-течки. По течкам шарики сыпаются непосредственно в барабан или в дисковый питатель мельницы. Отверстия в желобе (окна) имеют электромагнитные заслонки. Ручным кнопочным дистанционным управлением дежурный мельник каждую минуту пускает ленточный транспортер и последовательно по ряду мельниц поочередно открывает заслон-

ки в окна желоба и заполняет барабан шариками по установленной нагрузке на электродвигатель барабана, контролируемой ваттметром.

Применяется также автоматическое управление заслонками посредством реле времени. При равномерном поступлении свинцовых шариков по транспортеру и при устойчивом режиме работы каждая мельница каждую минуту требует почти постоянного промежутка времени для питания, пропорционального производительности дан-

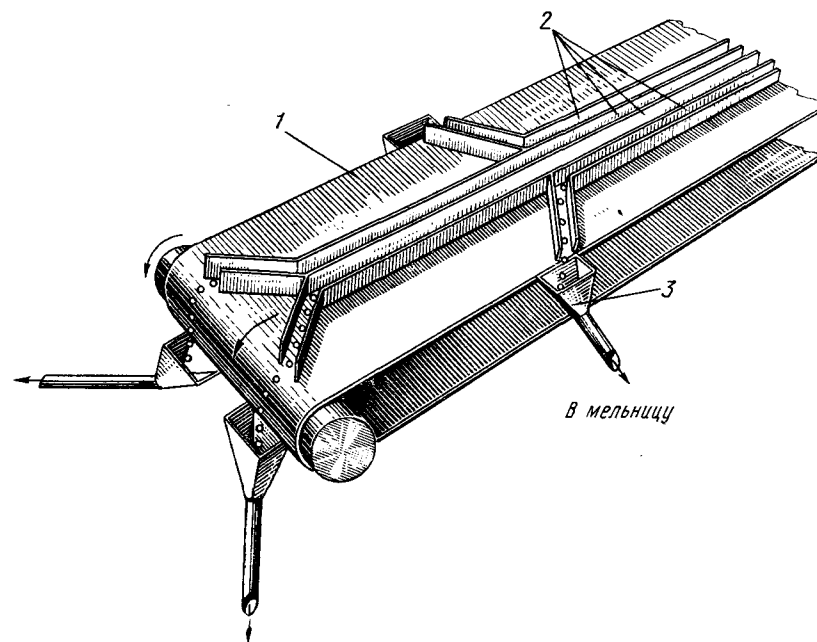


Рис. 84. Секционный ленточный транспортер для свинцового порошка: 1 — ленточный транспортер, 2 — секция, 3 — трубка

ной мельницы. На этот промежуток времени и настраивается работа реле времени, т. е. на ежечасовую длительность открытия окон. Однако со временем работы установки небольшие ошибки в регуляторе реле времени, небольшие изменения в продвижении ленты, незаметные отклонения в режиме работы мельницы постепенно практически приводят к переполнению барабана или к его недогрузке. В таких случаях дежурные мельники переводят автоматическое управление на ручное и корректируют наполнение барабана шариками или увеличивая его продолжительность.

Непрерывное питание мельницы свинцовыми шариками посредством секционного ленточного транспортера. Желоб ленточного транспортера над лентой вдоль ее движения разделяется параллельными стенками, образу-

ряд параллельно движущихся узких ленточных транспортеров по числу мельниц (рис. 84). Каждая такая ленточная секция следует от распределительного бункера до своей мельницы, и шарики по трубе-течке направляются непосредственно в барабан.

Шарики из распределительного бункера поступают в каждую из этих секций с помощью индивидуального дискового питателя, приводимого в действие автоматически в зависимости от величины нагрузки на электродвигатель барабана и от температуры отходящего воздуха.

Если величина нагрузки на электродвигатель превышает соответствующее максимальное наполнение барабана свинцовыми шариками, то работа диска и питание мельницы свинцовыми шариками прекращаются примерно на 20 мин, а затем вновь включаются и т. д. При достижении предельно допустимой температуры питания мельницы свинцовыми шариками прекращается на 30 мин.

Работу ленточного конвейера (остановка ленты, ее пробуксовывание, обрыв и т. д.) контролируют электронным блоком.

#### § 54. СБОР И ТРАНСПОРТИРОВКА СВИНЦОВОГО ПОРОШКА

Готовый порошок из мельниц собирается и транспортируется шнеками. На рис. 85 показан шнек, называемый также винтовым транспортером, представляющий собой желоб или трубу диаметром 250—350 мм, по оси которых вращается ленточная спираль, продвигающая порошок вдоль желоба. Спираль вращается электро-

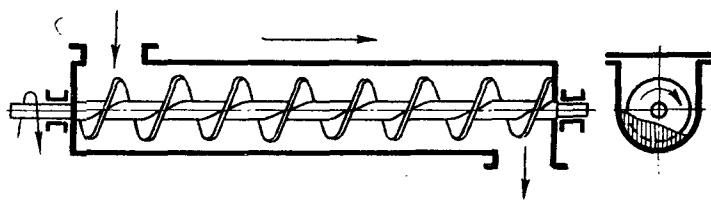


Рис. 85. Винтовой транспортер или шнек для свинцового порошка

двигателем; число оборотов спирали — 40—60 в минуту. Сверху желоб прикрыт плоской крышкой. Применяют также шнеки без крышек, заключенные в сплошную трубу диаметром 250—300 мм. Длина шнека 7—8 м. При транспортировке порошка на большие расстояния или при изменении направления последовательно устанавливаются два и больше шнека; порошок из первого шнека пересыпается в последующий.

Порошок направляется в сборный бункер намазочного отделения завода или в специальную тару для длительного хранения и транспортировки на большие расстояния. Наилучшая конструкция этой тары (рис. 86) представляет собой стальную бочку емкостью 300—400 кг свинцового порошка. Крышка бочки вставляется в

специальный паз с кольцевой резиновой прокладкой. Поверх крышки в паз накладывают стальное кольцо, распираемое винтом. Это кольцо, расклиниваясь в желобе, герметично закрывает бочку крышкой.

Герметичное закрытие тары необходимо для предохранения свинцового порошка от окисления. При доступе воздуха к порошку металлическая его составляющая постепенно окисляется. За сутки содержание окиси свинца может увеличиться на 0,2—0,5%.

#### § 55. РЕЖИМ РАБОТЫ МЕЛЬНИЦ

Работу мельниц следует наладить так, чтобы они выдавали свинцовый порошок необходимых характеристик и производительность их была наибольшей. Это достигается контролем и регулировкой основных параметров режима работы мельниц. К числу таких параметров относятся:

наполнение барабана свинцовыми шариками, определяемое показанием ваттметра или амперметра;

температура в барабане мельницы или под кожухом барабана (для мельницы с периферической разгрузкой);

загрузка (питание) мельницы свинцовыми шариками или чушками, зависящая от выхода свинцового порошка;

количество и влажность воздуха, проходящего через барабан или через кожух барабана (для мельницы с периферической разгрузкой);

число оборотов барабана.

Для мельниц с периферической разгрузкой имеют также значение число отверстий в барабане, их диаметр, величина отверстий в сетке сит (номер сетки), забитость отверстий в барабане и в ситах, а также вибрация барабана мельниц.

Увеличение наполнения барабана свинцовыми шариками или чушками вызывает рост температуры. Повышение температуры увеличивает окисленность свинцового порошка. Однако повышение температуры в реакционной зоне барабана выше 185° С ведет к образованию некачественного порошка, в нем появляется «крупа» — недопустимо крупные зерна. Этот дефект устраняют снижением температуры в барабане, интенсивным его охлаждением воздухом или водой.

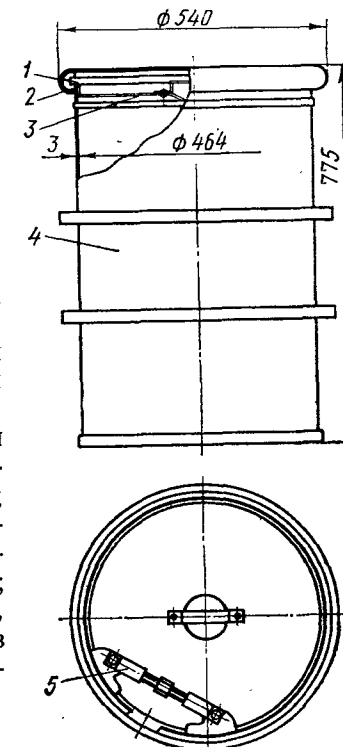


Рис. 86. Герметичная тара для свинцового порошка:

1 — стальное распорное кольцо, 2 — резиновая прокладка, 3 — крышка, 4 — стальная бочка, 5 — распорный винт

Увеличивая количество воздуха, проходящего через барабан, а в мельницах с периферической разгрузкой через кожух, температура в барабане, окисленность и насыпная масса порошка снижаются, производительность установки падает. В мельницах с периферической разгрузкой и конических мельницах увеличивается количество высокодисперсного порошка, уносимого воздухом из барабана.

По мере работы мельницы с периферической разгрузкой отверстия в барабане и в сетке сит засоряются, образующийся свинцовый порошок задерживается в барабане, содержание окиси в нем увеличивается, он измельчается и комкуется, насыпная масса растет, производительность установки падает. Увеличение количества отверстий в барабане или их диаметра до определенного предела напротив ускоряет высыпание свинцового порошка из барабана, окисленность и насыпная масса уменьшаются, порошок становится более крупным, производительность установки растет.

Повышение числа оборотов мельницы увеличивает производительность установки, однако оно ограничивается из-за возможного разрушения установки.

Качество свинцового порошка и производительность мельницы с периферической разгрузкой зависят также от вибрации барабана. С увеличением вибрации барабана выпадение образующего свинцового порошка ускоряется, окисленность и насыпная масса уменьшаются, производительность установки несколько повышается. Вибрация зависит от числа оборотов и от количества работающих мельниц на одной площадке.

Повышение влажности воздуха способствует комкованию зерен и увеличению насыпной массы свинцового порошка.

## § 56. СВОЙСТВА СВИНЦОВОГО ПОРОШКА

Качество свинцового порошка характеризуется содержанием в нем окиси свинца, фракционным составом (дисперсностью), структурой (строением) его зерен, насыпной массой, влагоемкостью и цветом порошка.

Насыпная масса, влагоемкость и цвет порошка во многом зависят от первых трех характеристик порошка. Практически в производстве свинцовый порошок характеризуется этими свойствами и окисленностью.

Содержание окиси свинца в порошке определяется химическим путем и выражается в процентах. Свинцовые порошки с содержанием 60—67% окиси свинца применяют для изготовления положительных пластин аккумуляторов, а с содержанием 65—75% — для отрицательных. В последнее время изготавливают свинцовые порошки, содержащие 65—72% окиси свинца, которые применяют как для положительных, так и для отрицательных пластин (так назы-

ваемые свинцовые порошки с унифицированными характеристиками).

*Насыпная масса* — масса одного кубического сантиметра порошкообразных материалов, свободно засыпаемых в определенный сосуд. Насыпная масса свинцового порошка определяется при помощи высокого стального стаканчика (рис. 87) объемом в 25 см<sup>3</sup>. Засыпается стаканчик с помощью волюметра, показанного на рис. 88. Порошок постепенно засыпают сверху в воронку прибора.

Падая с одной наклонной полочки на другую, порошок разрыхляется и с небольшой постоянной скоростью с высоты 15 мм наполняет стакан. Полученная масса порошка в стакане, деленная на его объем, дает значение его насыпной массы,

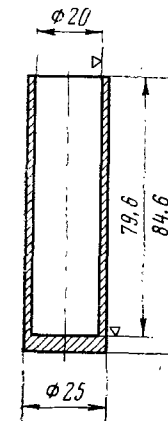


Рис. 87. Стандартный стакан для определения насыпной массы порошка

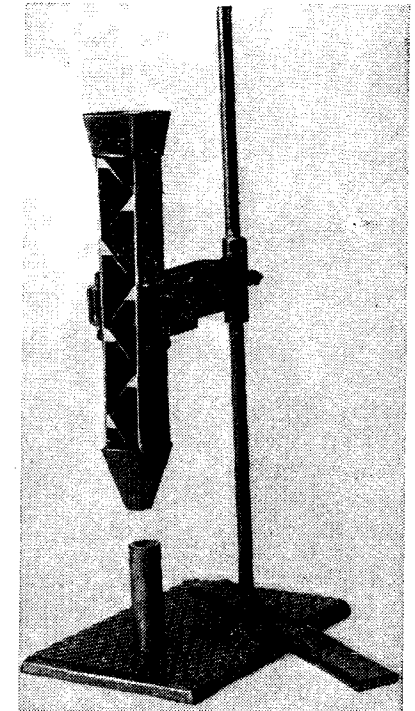


Рис. 88. Нормальный волюметр для определения насыпной массы свинцового порошка

выражаемой в г/см<sup>3</sup>. Разные типы мельниц дают свинцовые порошки с разной насыпной массой. Насыпная масса может быть от 1,5 до 2,6 г/см<sup>3</sup>. Режим работы мельниц настраивается так, чтобы данная мельница независимо от типа давала порошки с насыпной массой, отличающейся на ±0,1. Например, порошок из ситовой мельницы может выпускаться при определенных условиях с насыпной массой в пределах 1,9—2,1 или 2—2,2 г/см<sup>3</sup>.

*Влагоемкость, или влагоудерживающая способность порошка*, выражается количеством воды в миллилитрах, пошедших на 1 кг

свинцового порошка, когда приготавливаемая из него водная паста из трудно перемешиваемой вязкой смеси переходит в эластичную, легко перемешиваемую. Пробу производят, перемешивая шпателем 50 г свинцового порошка в фарфоровой чашке и подливая воду из мерной бюретки.

Малоокисленные легкие порошки из мельниц с периферической разгрузкой имеют наибольшую влагоемкость — до 160 мл/кг. Высокоокисленные свинцовые порошки из конической мельницы обладают наименьшей влагоемкостью — 90—110 мл/кг. Маловлагоемкие свинцовые порошки дают пасту более жидкой консистенции с плохими намазочными свойствами. Уменьшение воды или увеличение содержания серноокислого свинца в рецепте позволяет получить из таких порошков пасты нормальной консистенции и с удобными намазочными свойствами.

Дисперсность (фракционный состав свинцового порошка) определяется с помощью набора сит, состоящих из четырех номеров сеток — 028, 016, 008, 004 ГОСТ 3584—73.

Рассев свинцового порошка на ситах диаметром 100 мм производится на вибростенде (рис. 89). Амплитуда вибрации 1—1,5 мм; частота 60—80 Гц, т. е. 60—80 колебаний в секунду, навеска при определении берется в 5 г; время рассева — 15 мин.

Одновременно на вибростенде можно устанавливать до четырех наборов сит. Это достаточно для удовлетворения потребности производства.

Применяется также метод рассева промывкой ацетоном. Засыпанная на верхнее в наборе крупное сито навеска свинцового порошка массой 0,5—3 г неоднократно обмывается ацетоном. Отсеянные фракции порошка высушивают и взвешивают. В этом случае слипшиеся зерна рассеиваются хуже, но отпадает необходимость в применении вибрационного прибора.

Порошки характеризуются группой фракций: крупных, остающихся на сите 016, и мелких, проходящих через самое мелкое сито 004. Эти группы фракций соответственно обозначаются «+016» и «-004». Знак «+» означает массу всех фракций, оставшихся на данном сите, знак «-» — массу фракций, прошедших через сито.

Свинцовые порошки с содержанием крупных фракций +016 больше 10% применять не рекомендуется из-за их малой активно-

сти. Мелкие свинцовые порошки, содержащие более 65% фракций — 004, повышают начальную емкость положительных пластин, но требуют изготовления паст из них с плотностью в пластинах не менее 4,6 г/см<sup>3</sup> для сохранения необходимого срока службы.

Структура зерен свинцового порошка зависит от того, каким способом образующийся в барабане мельницы порошок удаляется из него, а также от режима работы установки и содержания окиси в порошке.

Структура зерна закладывается в момент измельчения металла шариков. При ударах шарика о шарик и о стенку вращающегося барабана пластический свинец подвергается знакопеременной деформации и на поверхности шарика появляются тончайшие лепестки металлического свинца. Образование металлических лепестков происходит с одновременным идущим окислением свинца в местах его разрушения.

Увеличение температуры облегчает деформацию свинца и ускоряет его окисление и разрушение. Постепенно лепестки отпадают от шарика, и если сразу удаляются из зоны измельчения, то зерна порошка сохраняют форму лепестков (рис. 90). Такой порошок отличается меньшей окисленностью и небольшой насыпной массой. Если лепестковые зерна порошка после отпадания от шарика задерживаются в барабане мельниц, то зерна измельчаются, окисляются и уплотняются. Порошок в таком случае становится более окисленным, с большой насыпной массой и с меньшей влагоемкостью. В некоторых случаях при окислении и измельчении крупных малоокисленных порошков мелкие частички слипаются, образуя овальные зерна комковатой структуры.

Структуру свинцового порошка определяют просмотром отдельных фракций под микроскопом. Просматривают порошки или просто насыпанными на предметное стекло или в разрезе препарата, который изготавливается заливкой расплавленным парафином порошка в небольших цилиндрических формочках диаметром 7—8 мм. Разрез препарата легко производят бритвенным лезвием. Можно применять любой микроскоп. Особенно хорошо просматриваются препараты бинокулярным стереоскопическим микроскопом в отраженном свете при увеличении в сто раз (1×100).

На рис. 91—92 показаны разрезы препаратов свинцовых порошков из отсеянной фракции — 016+008, т. е. фракции, прошедшей через сито 016 и оставшейся на сите 008. Размер зерен этих фрак-

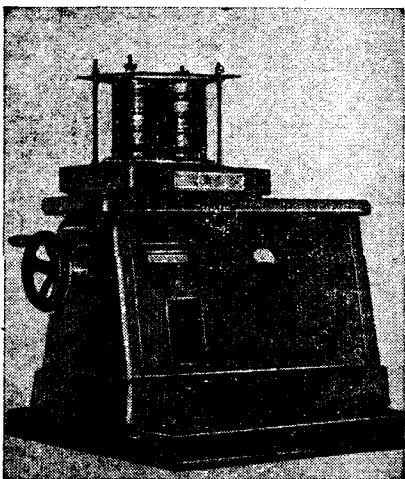


Рис. 89. Вибростенд для рассева свинцового порошка на фракции

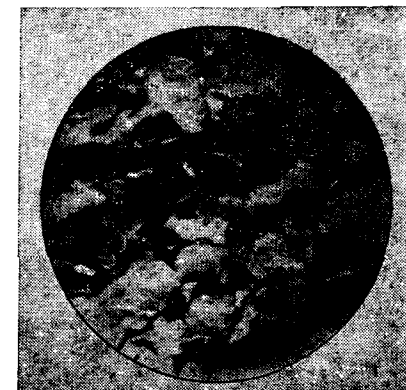


Рис. 90. Зерна свинцового порошка лепестковой структуры, образующейся на поверхности свинцового шарика (1×100)

ций находится в пределах 80—160 мк или 0,08—0,16 мм. На рисунках показаны разрезы наиболее типичных по структуре зерен свинцовых порошков: лепестковой и комковатой.

С увеличением содержания окиси свинца в порошке его цвет от сине-черного (содержание окиси около 50%) переходит в мышино-серый, серо-зеленый, желто-зеленый и, наконец, при содержании окиси около 78% в оранжево-желтый.

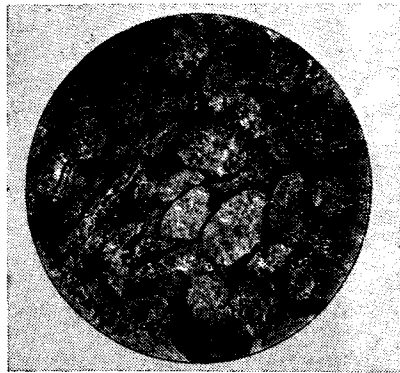
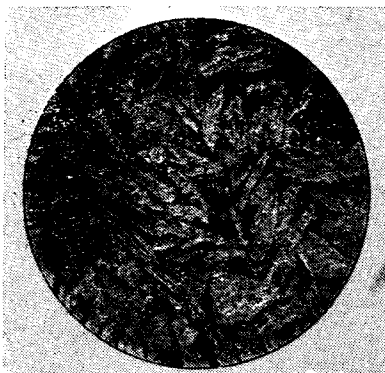


Рис. 91. Зерна порошка лепестковой структуры (фракция — 016+008, срез в парафине, увел.×100)

Рис. 92. Зерна комковатой структуры (фракция — 016+008, срез в парафине, увел.×100)

С повышением температуры в барабане при одной и той же окисленности порошка его цвет становится более светлым. Для одного типа мельничной установки и при достаточно установившихся режимах ее работы практически можно по цвету приблизительно определять содержание окиси в свинцовом порошке.

В табл. 36 приведены режимы работы мельничных установок, некоторые характеристики свинцовых порошков и область их применения.

#### § 57. СВИНЦОВЫЙ ГЛЕТ И СВИНЦОВЫЙ СУРИК

На некоторых заводах отечественной промышленности и за рубежом для изготовления активных масс применяют аккумуляторные свинцовые глет и сурик. Последние поступают на аккумуляторные заводы в деревянной таре — в бочках из фанеры, выложенных плотной бумагой. Бочки вмещают 75—150 кг окислов. Применяются также специальные баллоны из прочной прорезиненной ткани с герметичной крышкой. Баллоны содержат 1200—1500 кг окислов.

Исходным сырьем для производства глета и сурика служит тот же металлический свинец, который применяется для свинцового порошка марок С<sub>0</sub> и С<sub>1</sub> (ГОСТ 3778—74).

Таблица 36

Режим работы мельниц и характеристики свинцовых порошков

Тип мельниц	Основные параметры режима работы мельниц			Фракционный состав, %		Структура зерен	Цвет	Для каких пластин применяется свинцовый порошок
	наполнение барабана шариками, кг	температура, °С	количество воздуха, проходящего через барабан или через кожух, м³/мин	+016	—004			
С периферической разгрузкой "Бергер"	800—1300	80—125	5—10	1—10	35—65	От лепестковой до преимущественно комковатой	Сине-черный до серо-зеленого  Серо-зеленый до желто-зеленого	Для положительных и отрицательных пластин
	1800—2100	95—110	13—18	1—10	35—65			
Вихревая	4000—5000	150—180	80—90	0—2	90—97	Лепестковая с наплывами неплотным слоем окислов и мелких фракций	Желто-зеленый до серо-зеленого	Для отрицательных и положительных пластин
Коническая	7500—9500	165—175	8—10	2—5	60—70	Лепестковая плотного строения	Желтый до желто-зеленого	Для отрицательных пластин

Промежуточным продуктом производства аккумуляторных глета и сурика является глет-сырец, или зеленый глет. Глет-сырец, представляющий собой серо-зеленый дисперсный порошок, состоит из окиси свинца  $PbO$  и небольших количеств металлического свинца, содержание которого достигает 10%. Глет-сырец получается непосредственным окислением расплавленного свинца воздухом или смесью воздуха с водяным паром в закрытых котлах при постоянном перемешивании расплава вертикальной пропеллерной мешалкой.

Аккумуляторный глет получается из глета-сырца путем дополнительного обжига в подовых печах при температуре  $600-700^{\circ}C$  в течение 4 ч. Этим путем содержание металлического свинца снижается до величины менее 1%.

Аккумуляторный сурик — порошок оранжевого цвета. Изготавливается дальнейшим окислением глета-сырца в таких же подовых печах, в каких получается глет вторичного обжига. Химический состав свинцового сурика соответствует формуле  $Pb_3O_4$ . Процесс обжига глета в сурик длится около 12 ч при температуре  $470-480^{\circ}C$ . В аккумуляторном сурике содержится от 17 до 28% неокисленного (так называемого свободного) глета.

После обжига окислы, содержащие комки и крупные частицы, подвергают дроблению, сепарацией воздухом и усреднению перемешиванием.

Сурик и глет должны быть высокой дисперсности. Размеры зерен этих порошков находятся в пределах  $0,01-20$  мкм. Средний размер около  $2-5$  мкм. Такой размер зерен не позволяет осуществить контроль дисперсности рассевом на ситах, так как самый малый размер отверстий в сетках сит равен  $40$  мкм. Поэтому дисперсность сурика и глета определяется косвенными путями по скорости реакции с серной кислотой. Насыпная масса окислов свинца определяется примерно так же, как и насыпная масса свинцового порошка, волюметром Скотта и должна быть в пределах  $27-36$  г/ $16,4$  см<sup>3</sup> для глета и  $21-27$  г/ $16,4$  см<sup>3</sup> для сурика. За 5 мин  $100$  г глета должны реагировать с серной кислотой (абсорбировать серную кислоту) в количестве  $4-7$  г, сурика —  $6,5-8,0$  г.

Содержание металлического свинца в сурике и глете не должно превышать 1%, а содержание связанной двуокиси свинца в сурике —  $25-29\%$ . В остальном составы сурика и глета должны отвечать требованиям ГОСТ 19151—73 и 5539—73 соответственно.

В некоторых случаях в аккумуляторной технике используется также глет-сырец с содержанием до 30% неокисленного свинца.

Применяют также свинцовый порошок, полученный распылением свинца в струе воздуха, и сурик, полученный окислением свинцового порошка.

#### Контрольные вопросы

1. Какие типы мельничных установок применяют для изготовления свинцового порошка?

2. Каковы основные параметры режима работы мельничных установок?
3. Как осуществляется механизация питания мельниц свинцовыми шариками и механизация сбора свинцовых порошков?
4. Какие физико-химические показатели характеризуют качество свинцового порошка?
5. Какими методами осуществляется производственный контроль качества свинцового порошка?

## Глава IX. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПАСТ И НАМАЗКА ПЛАСТИН

### § 58. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПАСТ

Для приготовления паст применяются свинцовый порошок, серная кислота плотностью от  $1,07$  до  $1,400$  г/см<sup>3</sup> и вода. При приготовлении паст для отрицательных электродов, кроме того, применяются добавки — расширители и ингибиторы.

Для укрепления паст и активных масс применяют добавки химически стойких полимерных волокон, порошков или водных суспензий.

Необходимые сведения о свинцовом порошке, серной кислоте и расширителях излагались в предыдущих главах. Здесь же изложены требования к свинцовым порошкам и производственной воде.

Свинцовый порошок, применяемый для изготовления паст, должен удовлетворять характеристикам, приведенным в табл. 37.

Таблица 37

Характеристика свинцового порошка, применяемого для приготовления свинцовых паст

Тип мельниц	Содержание окиси свинца, %	Насыпная масса по нормальному волюметру, г/см <sup>3</sup>	Влажность, мл/кг
Ситовая . . . . .	60—75	1,9—2,2	100—150
Коническая . . . . .	60—75	2,15—2,4	90—120
Вихревая . . . . .	57—63	1,4—1,8	110—130

Вода, применяемая в аккумуляторной промышленности, должна быть чистой и не содержать взвешенных частиц. Если вода городской водопроводной сети сильно загрязнена, то ее подвергают фильтрации и очистке. Применяется также конденсат пара от местной парокотельной установки или теплоцентрали. Прокаленного остатка должно быть не более  $200$  мг в литре воды. Особенно необходимо следить, чтобы содержание железа было не больше чем  $7$  мг на литр. Конденсат от парокотельных установок улавливается



в специальных холодильниках, предохраненных от попадания в них железа.

Для очистки воды от растворимых в ней примесей солей (NaCl, CaCO<sub>3</sub> и пр.) в последнее время приобретают широкое распространение аппараты с ионообменными смолами. Многие органические вещества в дисперсном состоянии обладают свойством (будучи сами нерастворимыми в воде) поглощать на своей поверхности в большом количестве растворимые соли, очищая от них воду. Они регенерируются (восстанавливают свою способность к поглощению)

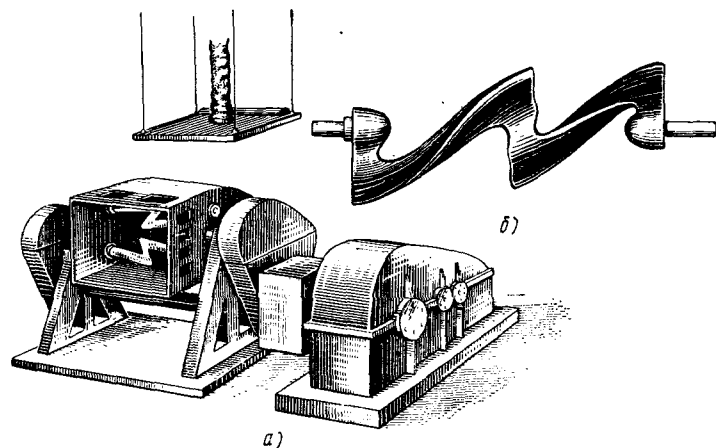


Рис. 93. Лопастный смеситель периодического действия:  
а — смеситель, б — лопасть смесителя

обработкой растворами кислот или щелочей, которые удаляют поглощенные примеси.

Сущность процесса приготовления паст сводится к смещению рецептурных количеств свинцовых окислов, серной кислоты и воды, производимому в периодически или непрерывно действующих смесителях. Для отрицательных паст кроме перечисленных веществ в смеситель вводятся также расширители, а в ряде случаев ингибиторы и укрепители.

Смесители периодического действия находят ограниченное применение, более распространенными являются смесители непрерывного действия, устанавливаемые в поточных механизированных линиях по изготовлению пластин.

Наиболее распространенным является следующий способ перемешивания паст из свинцового порошка в смесителях периодического действия (рис. 93). (Сначала засыпают свинцовый порошок, затем включают мешалку и вливают воду или раствор слабой серной кислоты плотностью 1,07 г/см<sup>3</sup>, после перемешивания в течение 5—10 мин заливают раствор серной кислоты плотностью 1,4 г/см<sup>3</sup>. Заливка кислоты в два приема способствует получению паст, дающих активные массы с более высокими емкостными характеристиками.)

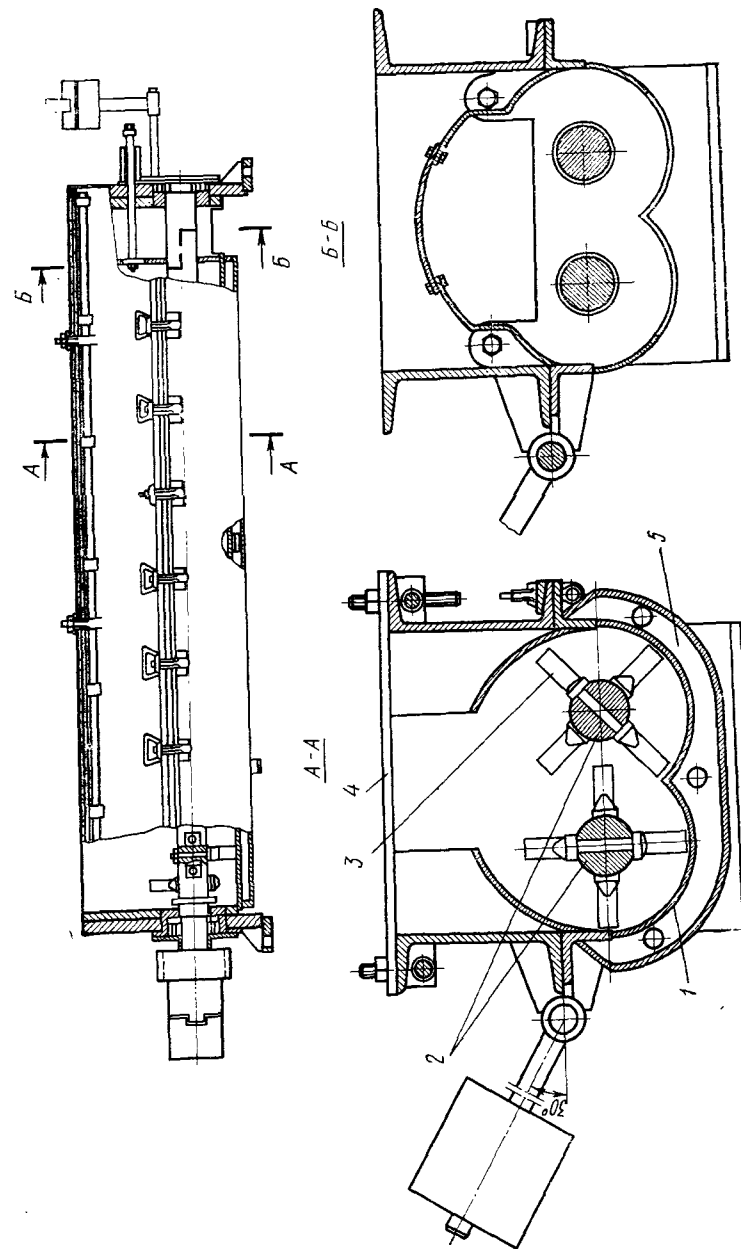


Рис. 94. Смеситель непрерывного действия:  
1 — корпус, 2 — ось, 3 — лопасть, 4 — крышка, 5 — водяная рубашка

ками. В конце перемешивания вливают корректировочную воду. Перемешивание компонентов продолжается 20—30 мин.

Для лучшего распределения расширителя по пасте его вносят в пасту медленно в течение 5—10 мин; сухой расширитель вносят через сито с сеткой № 028. Лучшее распределение сухого расширителя достигается применением его смеси со свинцовым порошком, содержащим 10% расширителя. Эта смесь называется обогащенной и готовится в отдельном сухом лопастном смесителе.

В смесителе непрерывного действия (рис. 94) свинцовый порошок, подаваемый дозатором с одного конца корытообразного корпуса, постепенно продвигается лопастями к другому его разгрузочному концу. Вместе с порошком в смеситель непрерывной струей вливают воду или слабый раствор серной кислоты. Далее, на некотором расстоянии вдоль движения свинцового порошка, подается более концентрированная серная кислота. Ближе к разгрузочному концу смесителя заливают воду для корректировки плотности пасты.

В некоторых случаях после поступления свинцового порошка струя в струю вливается серная кислота плотностью 1,2 г/см<sup>3</sup> и вода. Количество поступающей воды корректируется для получения пасты нужной характеристики.

Применяют два способа введения расширителей в смеситель: в виде сухой обогащенной смеси и в виде водной суспензии. В первом случае смешивание производится до введения серной кислоты, во втором — после. При заливке воды или серной кислоты в два приема суспензия вносится в пасту после воды или первой порции серной кислоты. Введение расширителей в виде суспензии снижает пылеобразование и улучшает условия труда рабочих.

Ингибитор окисления свинца —  $\alpha$ -оксинафтойная кислота вводится вместе с расширителями в виде суспензии. Это необходимо соблюдать для сохранения хороших намазочных свойств пасты и предупреждения возможной пассивации электрода при формировании.

Волокнистые укрепители вносят в пасту распыленным нарезанного волокна, порошкообразные — в сухой свинцовый порошок. водная суспензия полимера вносится с рецептурной водой.

Содержание сернокислого свинца в пасте при выборе рецептуры пасты обычно определяется количеством моногидрата серной кислоты (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) в граммах, приходящимся на 1 кг свинцового порошка.

Пасты для положительных электродов стартерных батарей должны содержать 35—40 г серной кислоты на 1 кг порошка, а пасты для отрицательных электродов — 30—38 г серной кислоты на 1 кг порошка. Более пористые и легкие пасты, применяемые в аккумуляторах с большим коэффициентом использования активной массы, но с меньшим сроком службы, содержат моногидрат серной кислоты в рецепте пасты до 60 г/кг.

Плотность пасты из свинцового порошка, применяемой для батарей стартерных типов, после ее изготовления должна находиться

для положительных пластин в пределах 4—4,3 г/см<sup>3</sup>, для отрицательных — 4,2—4,5 г/см<sup>3</sup>. Пасты из сурика и глета обычно имеют плотность на 0,2—0,3 г/см<sup>3</sup> больше.

Количество воды, добавляемой в пасту, ограничено узкими пределами. Если воды мало, паста получается густой, плохо вмазывается в решетку. Напротив, если воды слишком много, паста становится жидкой, расплзается и трудно вмазывается в решетку. Количество дополнительной воды, входящей в рецепт пасты, практически колеблется в пределах 0,2—

0,3% от массы пасты. Удельная масса пасты и ее пористость связаны с рецептурой и способом ее изготовления. Чем больше введено в пасту серной кислоты и воды, тем более пористой получается активная масса. Увеличение количества серной кислоты повышает вязкость пасты. Поэтому, изменяя содержание в рецепте пасты кислоты и воды, можно подобрать нужную консистенцию, пригодную для намазки и дающую необходимую пористость в активных массах.

С другой стороны, состав пасты существенно влияет на емкость и другие характеристики аккумуляторов. Например, повышенная пористость пасты для положительных пластин увеличивает емкость аккумуляторов, но сокращает срок их службы. Пористость активных масс автомобильных батарей в заряженном состоянии должна составлять 50% для положительных и около 60% для отрицательных масс. Поэтому для изготовления качественной продукции необходимо в производстве строго соблюдать принятую рецептуру паст и установленную технологию ее изготовления.

Содержание моногидрата серной кислоты может быть увеличено, если изменить порядок введения в порошок жидких компонентов. Например, вливая вначале крепкую кислоту, а затем воду для получения нормальной пасты по плотности и вязкости и намыочным свойствам (рис. 95). Так, при введении таким образом серной кислоты плотностью 1,4 г/см<sup>3</sup> количество ее в рецепте необходимо увеличить до 80 г на 1 кг порошка. Применение таких паст для положительных пластин в ряде случаев позволяет повысить начальные емкости батарей, сохраняя при этом их срок службы.

Положительные пластины, изготовленные из смеси аккумуляторного сурика, содержащего 27—29% PbO<sub>2</sub>, и глета или свинцово-

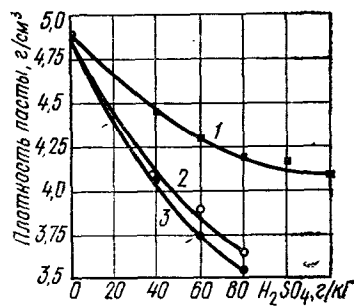


Рис. 95. Зависимость плотности пасты от содержания в ней моногидрата серной кислоты и от порядка смешения свинцового порошка с раствором серной кислоты и воды; пасты имеют одинаковую вязкость:  
1 — вначале вливается раствор серной кислоты плотностью 1,40 г/см<sup>3</sup>, а затем вода, 2 — вначале вливается раствор серной кислоты плотностью 1,07 г/см<sup>3</sup>, а затем раствор серной кислоты плотностью 1,40 г/см<sup>3</sup>, 3 — вначале вливается вода, а затем раствор серной кислоты плотностью 1,40 г/см<sup>3</sup>

в специальных холодильниках, предохраненных от попадания в них железа.

Для очистки воды от растворимых в ней примесей солей (NaCl, CaCO<sub>3</sub> и пр.) в последнее время приобретают широкое распространение аппараты с ионообменными смолами. Многие органические вещества в дисперсном состоянии обладают свойством (будучи сами нерастворимыми в воде) поглощать на своей поверхности в большом количестве растворимые соли, очищая от них воду. Они регенерируются (восстанавливают свою способность к поглощению)

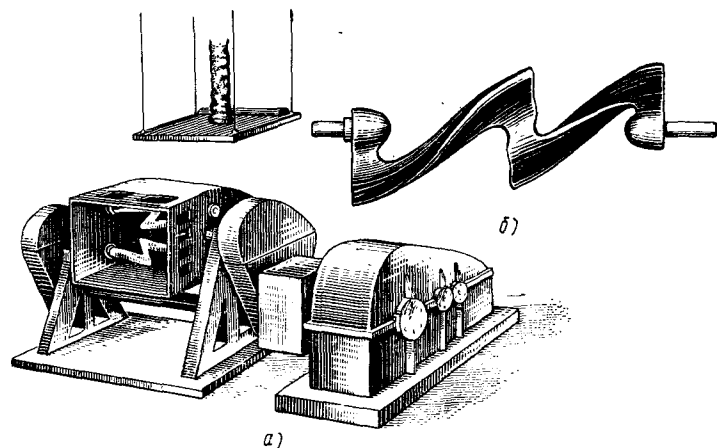


Рис. 93. Лопастный смеситель периодического действия:  
а — смеситель, б — лопасть смесителя

обработкой растворами кислот или щелочей, которые удаляют поглощенные примеси.

Сущность процесса приготовления паст сводится к смещению рецептурных количеств свинцовых окислов, серной кислоты и воды, производимому в периодически или непрерывно действующих смесителях. Для отрицательных паст кроме перечисленных веществ в смеситель вводятся также расширители, а в ряде случаев ингибиторы и укрепители.

Смесители периодического действия находят ограниченное применение, более распространенными являются смесители непрерывного действия, устанавливаемые в поточных механизированных линиях по изготовлению пластин.

Наиболее распространенным является следующий способ перемешивания паст из свинцового порошка в смесителях периодического действия (рис. 93). (Сначала засыпают свинцовый порошок, затем включают мешалку и вливают воду или раствор слабой серной кислоты плотностью 1,07 г/см<sup>3</sup>, после перемешивания в течение 5—10 мин заливают раствор серной кислоты плотностью 1,4 г/см<sup>3</sup>. Заливка кислоты в два приема способствует получению паст, дающих активные массы с более высокими емкостными характери-

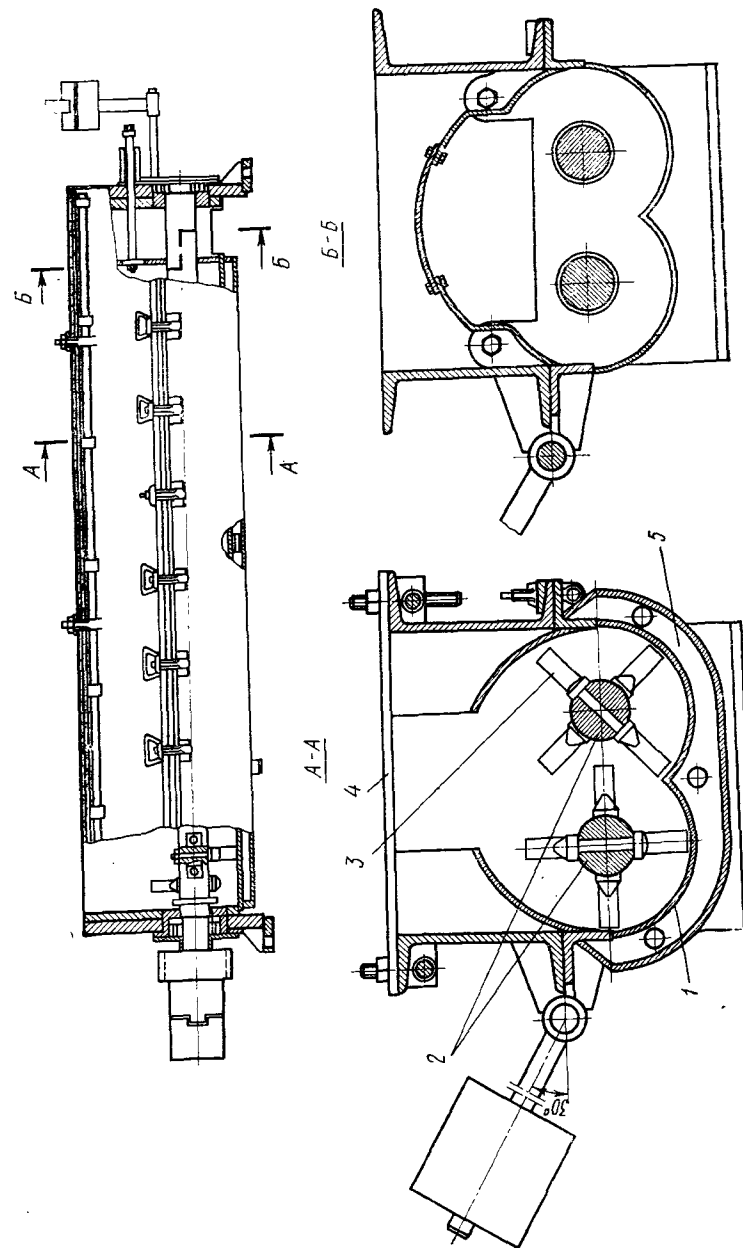


Рис. 94. Смеситель непрерывного действия:  
1 — корпус, 2 — ось, 3 — лопасть, 4 — крышка, 5 — водяная рубашка

Промежуточным продуктом производства аккумуляторных глет-сыреца и сурика является глет-сырец, или зеленый глет. Глет-сырец, представляющий собой серо-зеленый дисперсный порошок, состоит из окиси свинца  $PbO$  и небольших количеств металлического свинца, содержание которого достигает 10%. Глет-сырец получается непосредственным окислением расплавленного свинца воздухом или смесью воздуха с водяным паром в закрытых котлах при постоянном перемешивании расплава вертикальной пропеллерной мешалкой.

Аккумуляторный глет получается из глета-сыреца путем дополнительного обжига в подовых печах при температуре 600—700° С в течение 4 ч. Этим путем содержание металлического свинца снижается до величины менее 1%.

Аккумуляторный сурик — порошок оранжевого цвета. Изготавливается дальнейшим окислением глета-сыреца в таких же подовых печах, в каких получается глет вторичного обжига. Химический состав свинцового сурика соответствует формуле  $Pb_3O_4$ . Процесс обжига глета в сурик длится около 12 ч при температуре 470—480° С. В аккумуляторном сурике содержится от 17 до 28% неокисленного (так называемого свободного) глета.

После обжига окислы, содержащие комки и крупные частицы, подвергаются дроблению, сепарацией воздухом и усреднению перемешиванием.

Сурик и глет должны быть высокой дисперсности. Размеры зерен этих порошков находятся в пределах 0,01—20 мкм. Средний размер около 2—5 мкм. Такой размер зерен не позволяет осуществить контроль дисперсности рассевом на ситах, так как самый малый размер отверстий в сетках сит равен 40 мкм. Поэтому дисперсность сурика и глета определяется косвенными путями по скорости реакции с серной кислотой. Насыпная масса окислов свинца определяется примерно так же, как и насыпная масса свинцового порошка, волюметром Скотта и должна быть в пределах 27—36 г/16,4 см<sup>3</sup> для глета и 21—27 г/16,4 см<sup>3</sup> для сурика. За 5 мин 100 г глета должны реагировать с серной кислотой (абсорбировать серную кислоту) в количестве 4—7 г, сурика — 6,5—8,0 г.

Содержание металлического свинца в сурике и глете не должно превышать 1%, а содержание связанной двуокиси свинца в сурике — 25—29%. В остальных составах сурика и глета должны отвечать требованиям ГОСТ 19151—73 и 5539—73 соответственно.

В некоторых случаях в аккумуляторной технике используется также глет-сырец с содержанием до 30% неокисленного свинца.

Применяют также свинцовый порошок, полученный распылением свинца в струе воздуха, и сурик, полученный окислением свинцового порошка.

#### Контрольные вопросы

1. Какие типы мельничных установок применяют для изготовления свинцового порошка?

2. Каковы основные параметры режима работы мельничных установок?
3. Как осуществляется механизация питания мельниц свинцовыми шариками и механизация сбора свинцовых порошков?
4. Какие физико-химические показатели характеризуют качество свинцового порошка?
5. Какими методами осуществляется производственный контроль качества свинцового порошка?

## Глава IX. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПАСТ И НАМАЗКА ПЛАСТИН

### § 58. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПАСТ

Для приготовления паст применяются свинцовый порошок, серная кислота плотностью от 1,07 до 1,400 г/см<sup>3</sup> и вода. При приготовлении паст для отрицательных электродов, кроме того, применяются добавки — расширители и ингибиторы.

Для укрепления паст и активных масс применяют добавки химически стойких полимерных волокон, порошков или водных суспензий.

Необходимые сведения о свинцовом порошке, серной кислоте и расширителях излагались в предыдущих главах. Здесь же изложены требования к свинцовым порошкам и производственной воде.

Свинцовый порошок, применяемый для изготовления паст, должен удовлетворять характеристикам, приведенным в табл. 37.

Таблица 37

Характеристика свинцового порошка, применяемого для приготовления свинцовых паст

Тип мельниц	Содержание окиси свинца, %	Насыпная масса по нормальному волюметру, г/см <sup>3</sup>	Влажность, мл/кг
Ситовая . . . . .	60—75	1,9—2,2	100—150
Коиическая . . . . .	60—75	2,15—2,4	90—120
Вихревая . . . . .	57—63	1,4—1,8	110—130

Вода, применяемая в аккумуляторной промышленности, должна быть чистой и не содержать взвешенных частиц. Если вода городской водопроводной сети сильно загрязнена, то ее подвергают фильтрации и очистке. Применяется также конденсат пара от местной парокотельной установки или теплоцентрали. Прокаленного остатка должно быть не более 200 мг в литре воды. Особенно необходимо следить, чтобы содержание железа было не больше чем 7 мг на литр. Конденсат от парокотельных установок улавливается

в специальных холодильниках, предохраненных от попадания в них железа.

Для очистки воды от растворимых в ней примесей солей (NaCl, CaCO<sub>3</sub> и пр.) в последнее время приобретают широкое распространение аппараты с ионообменными смолами. Многие органические вещества в дисперсном состоянии обладают свойством (будучи сами нерастворимыми в воде) поглощать на своей поверхности в большом количестве растворимые соли, очищая от них воду. Они регенерируются (восстанавливают свою способность к поглощению)

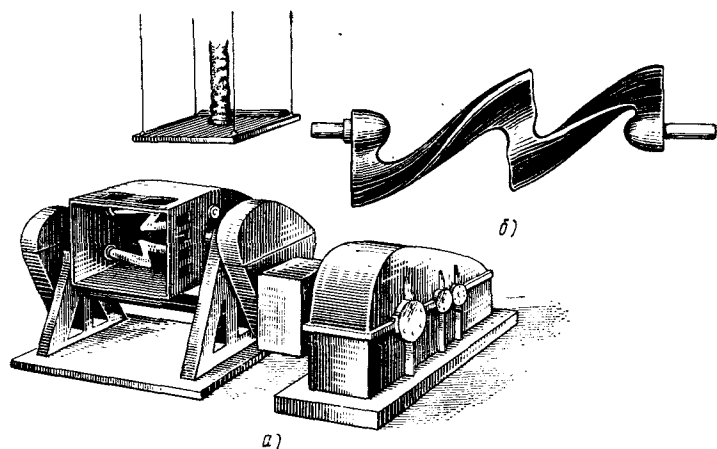


Рис. 93. Лопастный смеситель периодического действия:  
а — смеситель, б — лопасть смесителя

обработкой растворами кислот или щелочей, которые удаляют поглощенные примеси.

Сущность процесса приготовления паст сводится к смещению рецептурных количеств свинцовых окислов, серной кислоты и воды, производимому в периодически или непрерывно действующих смесителях. Для отрицательных паст кроме перечисленных веществ в смеситель вводятся также расширители, а в ряде случаев ингибиторы и укрепители.

Смесители периодического действия находят ограниченное применение, более распространенными являются смесители непрерывного действия, устанавливаемые в поточных механизированных линиях по изготовлению пластин.

Наиболее распространенным является следующий способ перемешивания паст из свинцового порошка в смесителях периодического действия (рис. 93). (Сначала засыпают свинцовый порошок, затем включают мешалку и вливают воду или раствор слабой серной кислоты плотностью 1,07 г/см<sup>3</sup>, после перемешивания в течение 5—10 мин заливают раствор серной кислоты плотностью 1,4 г/см<sup>3</sup>. Заливка кислоты в два приема способствует получению паст, дающих активные массы с более высокими емкостными характери-

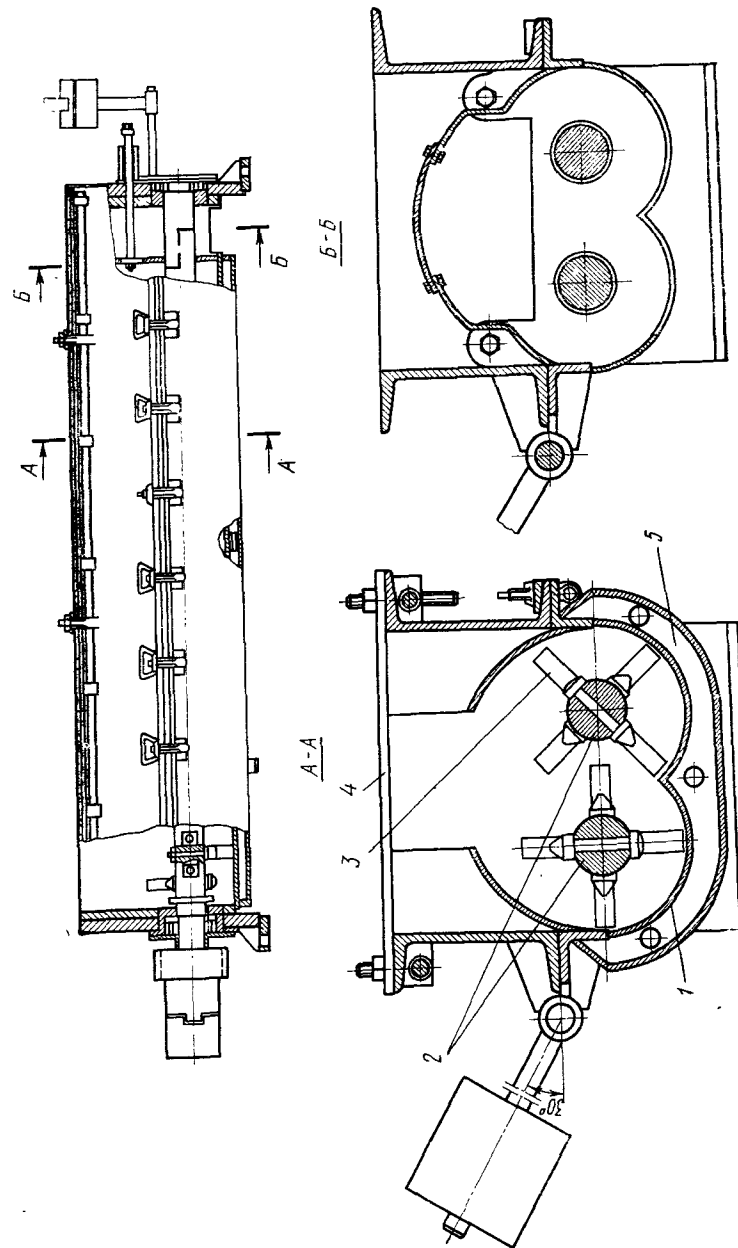


Рис. 94. Смеситель непрерывного действия:  
1 — корпус, 2 — ось, 3 — лопасть, 4 — крышка, 5 — водяная рубашка

ками. В конце перемешивания вливают корректировочную воду. Перемешивание компонентов продолжается 20—30 мин.

Для лучшего распределения расширителя по пасте его вносят в пасту медленно в течение 5—10 мин; сухой расширитель вносят через сито с сеткой № 028. Лучшее распределение сухого расширителя достигается применением его смеси со свинцовым порошком, содержащим 10% расширителя. Эта смесь называется обогащенной и готовится в отдельном сухом лопастном смесителе.

В смесителе непрерывного действия (рис. 94) свинцовый порошок, подаваемый дозатором с одного конца корытообразного корпуса, постепенно продвигается лопастями к другому его разгрузочному концу. Вместе с порошком в смеситель непрерывной струей вливают воду или слабый раствор серной кислоты. Далее, на некотором расстоянии вдоль движения свинцового порошка, подается более концентрированная серная кислота. Ближе к разгрузочному концу смесителя заливают воду для корректировки плотности пасты.

В некоторых случаях после поступления свинцового порошка струя в струю вливается серная кислота плотностью 1,2 г/см<sup>3</sup> и вода. Количество поступающей воды корректируется для получения пасты нужной характеристики.

Применяют два способа введения расширителей в смеситель: в виде сухой обогащенной смеси и в виде водной суспензии. В первом случае смешивание производится до введения серной кислоты, во втором — после. При заливке воды или серной кислоты в два приема суспензия вносится в пасту после воды или первой порции серной кислоты. Введение расширителей в виде суспензии снижает пылеобразование и улучшает условия труда рабочих.

Ингибитор окисления свинца —  $\alpha$ -оксиафтойная кислота вводится вместе с расширителями в виде суспензии. Это необходимо соблюдать для сохранения хороших намазочных свойств пасты и предупреждения возможной пассивации электрода при формировании.

Волокнистые укрепители вносят в пасту распыленным нарезанного волокна, порошкообразные — в сухой свинцовый порошок. водная суспензия полимера вносится с рецептурной водой.

Содержание сернокислого свинца в пасте при выборе рецептуры пасты обычно определяется количеством моногидрата серной кислоты (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) в граммах, приходящимся на 1 кг свинцового порошка.

Пасты для положительных электродов стартерных батарей должны содержать 35—40 г серной кислоты на 1 кг порошка, а пасты для отрицательных электродов — 30—38 г серной кислоты на 1 кг порошка. Более пористые и легкие пасты, применяемые в аккумуляторах с большим коэффициентом использования активной массы, но с меньшим сроком службы, содержат моногидрат серной кислоты в рецепте пасты до 60 г/кг.

Плотность пасты из свинцового порошка, применяемой для батарей стартерных типов, после ее изготовления должна находиться

для положительных пластин в пределах 4—4,3 г/см<sup>3</sup>, для отрицательных — 4,2—4,5 г/см<sup>3</sup>. Пасты из сурика и глета обычно имеют плотность на 0,2—0,3 г/см<sup>3</sup> больше.

Количество воды, добавляемой в пасту, ограничено узкими пределами. Если воды мало, паста получается густой, плохо вмазываемой в решетку. Напротив, если воды слишком много, паста становится жидкой, расплывается и трудно вмазывается в решетку. Количество дополнительной воды, входящей в рецепт пасты, практически колеблется в пределах 0,2—0,3% от массы пасты. Удельная масса пасты и ее пористость связаны с рецептурой и способом ее изготовления. Чем больше введено в пасту серной кислоты и воды, тем более пористой получается активная масса. Увеличение количества серной кислоты повышает вязкость пасты. Поэтому, изменяя содержание в рецепте пасты кислоты и воды, можно подобрать нужную консистенцию, пригодную для намазки и дающую необходимую пористость в активных массах.

С другой стороны, состав пасты существенно влияет на емкость и другие характеристики аккумуляторов. Например, повышенная пористость пасты для положительных пластин увеличивает емкость аккумуляторов, но сокращает срок их службы. Пористость активных масс автомобильных батарей в заряженном состоянии должна составлять 50% для положительных и около 60% для отрицательных масс. Поэтому для изготовления качественной продукции необходимо в производстве строго соблюдать принятую рецептуру паст и установленную технологию ее изготовления.

Содержание моногидрата серной кислоты может быть увеличено, если изменить порядок введения в порошок жидких компонентов. Например, вливая вначале крепкую кислоту, а затем воду для получения нормальной пасты по плотности и вязкости и намазочным свойствам (рис. 95). Так, при введении таким образом серной кислоты плотностью 1,4 г/см<sup>3</sup> количество ее в рецепте необходимо увеличить до 80 г на 1 кг порошка. Применение таких паст для положительных пластин в ряде случаев позволяет повысить начальные емкости батарей, сохраняя при этом их срок службы.

Положительные пластины, изготовленные из смеси аккумуляторного сурика, содержащего 27—29% PbO<sub>2</sub>, и глета или свинцово-

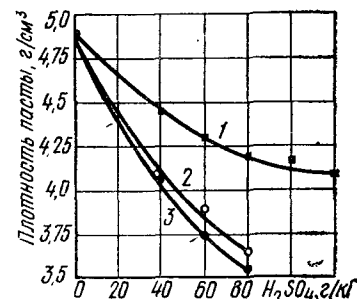


Рис. 95. Зависимость плотности пасты от содержания в ней моногидрата серной кислоты и от порядка смешения свинцового порошка с раствором серной кислоты и воды; пасты имеют одинаковую вязкость:

1 — вначале вливается раствор серной кислоты плотностью 1,40 г/см<sup>3</sup>, а затем вода, 2 — вначале вливается раствор серной кислоты плотностью 1,07 г/см<sup>3</sup>, а затем раствор серной кислоты плотностью 1,40 г/см<sup>3</sup>, 3 — вначале вливается вода, а затем раствор серной кислоты плотностью 1,40 г/см<sup>3</sup>

Рецепты свинцовых паст

Компоненты	I	II*	III**	IV***	V	VI	VII	VIII*
Свинцовый порошок, кг . . . . .	100	100	100	100	—	65	100	100
Сурик аккумуляторный, кг . . . . .	—	—	—	—	50	35	—	—
Глет аккумуляторный, кг . . . . .	—	—	—	—	50	—	—	—
Серная кислота, л . . . . .	11,7 (1,2)****	17 (1,07) 2,5 (1,4)	— (1,40)	— (1,40)	12 (1,2)	—	11 (1,20)	15 (1,07) 3,2 (1,40)
Барий сернокислый . . . . .	—	—	—	—	—	—	0,60	1,0
Расширитель БНФ . . . . .	—	—	—	—	—	—	0,25—0,35	0,25—0,35
$\alpha$ -оксианфтоная кислота, кг . . . . .	—	—	—	—	—	—	0,5	—
Вода корректировочная . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
Моногидрат серной кислоты (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) на 1 кг свинцового порошка	38	36	36	60	40	43	36	38

До нормальной консистенции и плотности пасты

\* Заливка растворов кислоты производится в два приема.

\*\* Вначале заливается вода.

\*\*\* Вначале заливается кислота.

\*\*\*\* В скобках дана плотность серной кислоты в г/см<sup>3</sup>.

го порошка в соотношении 35 : 65 или 50 : 50, содержат в сухой пасте около 9—16% PbO<sub>2</sub>.

Скорость формирования пластин из этих паст ускоряется и расход электроэнергии уменьшается на 30—40% за счет уже содержащейся PbO<sub>2</sub>, улучшения электропроводности пасты и увеличения коэффициента использования тока. Продолжительность формирования положительных пластин становится одинаковой с формированием отрицательных пластин. Значительно снижается газообразование.

Рецептура наиболее употребительных паст приведена в табл. 38. Пасты I, II, III, IV, VII и VIII — из свинцового порошка, паста V — сурико-глетная и VI — из свинцового порошка и сурика.

В качестве волокнистых материалов, укрепляющих пасты и активные массы, особенно положительных электродов, применяется полипропилен (ТУ 38-10285—75), перхлорвинил (ГОСТ 10215—72) и хлориновая нить (ТУ 06-10-18—74). Толщина нити волокон 10—30 мк, длина около 3 мм. В положительную пасту волокна добавляется в количестве 0,1—0,4, в отрицательную — 0,05—0,1%. В качестве порошкообразного укрепителя применяется фторопласт марки 4Б (ГОСТ 10007—72) в количестве 0,5—7%.

Водная суспензия фторопласта 4Д (ТУ 6-05-1246—69) вносится в пасту положительного электрода с рецептурной водой в количестве 0,1—0,2% сухого вещества. Эта добавка практически не укрепляет пасту, но значительно упрочняет активную массу электрода от оползания при эксплуатации аккумуляторов, увеличивая их срок службы.

Технология изготовления паст для электродов обоих знаков заряда примерно одинакова. Но для каждого знака пластин имеется своя производственная линия. Приготовление пасты для положительных электродов в аппаратуре, предназначенной для приготовления отрицательных паст, недопустимо, так как возможно загрязнение положительной пасты сульфатом бария, что сильно сокращает срок службы аккумуляторов.

## § 59. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАСТ

Пасты изготавливают в лопастных смесителях периодического действия или винтовых (шнековых) непрерывного действия.

Смеситель периодического действия. На рис. 93, а показан лопастной смеситель. В полуцилиндрическом сосуде емкостью 300—600 кг свинцового порошка или окислов свинца вращаются навстречу друг другу две Z-образные лопасти с разным числом оборотов, например 30/40 или 40/50 в минуту. Движение лопастей осуществляется электродвигателем мощностью 30—45 кВт посредством системы зубчатых передач. В кожухе смесителя имеется водяная рубашка, через которую пропускается холодная вода для охлаждения пасты при ее приготовлении. Разное число оборотов лопастей и изогнутая спиралеобразная форма Z-образных ло-



пастей (рис. 93, б) обеспечивают быстрое и хорошее перемешивание компонентов пасты.

Компоненты пасты (свинцовый порошок или окислы свинца, раствор серной кислоты, расширители, укрепляющие добавки и вода) загружают в смеситель через крышку. Приготовленную пасту разгружают наклоном смесителя с помощью подъемного червяка.

Раствор кислоты из дозатора поступает по трубке к находящемуся под крышкой смесителя распределителю, представляющему собой свинцовую трубку, расположенную вдоль смесителя и имеющую много мелких отверстий. Через эти отверстия раствор кислоты разбрызгивается равномерно по пасте.

Изготовление отрицательной пасты требует тщательного перемешивания свинцового порошка с расширителем. С сухим порошкообразным расширителем лучшее перемешивание достигается предварительным перемешиванием компонентов в сухом состоянии не менее 20 мин. При непрерывной работе смесителей периодического действия сухое перемешивание с остатком сырой пасты от предыдущего замеса приводит к образованию комков, к сильному окислению свинцового порошка и разрушению структуры его зерен. Эти недостатки устраняют сухим перемешиванием в специальных смесителях, обычно устанавливаемых над смесителями для приготовления паст. После приготовления сухой смеси последняя высыпается в смеситель для паст. Однако сухое перемешивание увеличивает пыль в цехе, поэтому в производстве расширители предпочитают вносить в уже приготовленную сырую пасту.

После приготовления пасту выгружают в деревянные или железные бадьи и покрывают мокрыми полотнами или плотными крышками для предохранения ее от высыхания и схватывания. В этих бадьях паста хранится и транспортируется к намазочным машинам. Паста без высыхания, особенно в закрытых сосудах или под слоем воды, может храниться неопределенно долго без потери своих свойств. При хранении в течение 6—8 ч и более увеличивается лишь ее плотность на 0,1—0,15 г/см<sup>3</sup>. Практически хранение пасты допускается в закрытом сосуде или прикрытой мокрым периодически смачиваемым полотном в течение 2—3 суток.

Смеситель непрерывного действия. Смеситель непрерывного действия (см. рис. 94) состоит из корытообразного корпуса с водяной рубашкой, в котором на оси имеются два вала, снабженные лопастями. Лопасти на валах располагаются по винтовой линии таким образом, чтобы один подавал материал в сторону выгрузки готовой пасты, а другой — во встречном направлении. Преимущественное движение материала в сторону выгрузки обеспечивается большим углом поворота лопастей по отношению к оси одного из валов. Примерная величина углов установки лопастей по отношению к осям 30 и 45°. Углы установки лопастей регулируются в процессе работы смесителя и могут изменяться по длине вала. Число оборотов вала около 25 в минуту. Суммарное время перемешивания положительной пасты составляет 10—15 мин, отрицательной — 20—30 мин. При производительности смесителя

1000 кг пасты в час длина его равна 1700 мм, диаметр шнека 200 мм, ширина корыта 360 мм. Смеситель закрыт крышкой. В некотором случае дно корыта делается откидным с целью его очистки от пасты.

С целью улучшения перемешивания и увеличения производительности нередко устанавливают последовательно два таких дозатора. Производительность линии достигает 1200—1500 кг пасты в час.

Производительность смесителя должна соответствовать производительности намазочной машины. Производительность смесителя в 1000 кг/ч соответствует производительности намазочной машины в 2800—3000 двойных положительных автомобильных пластин в час.

Решетки и в дальнейшем пластины для стартерных типов аккумуляторов изготавливают двухместными, что увеличивает производительность оборудования. Перед сборкой готовые двухместные пластины разбирают на одинарные.

Водяная рубашка поддерживает необходимую температуру пасты, которая должна составлять примерно 30° С.

Привод смесителя осуществляется от электродвигателя через редуктор и муфту на один из валов. Второй вал вращается от первого при помощи пары цилиндрических шестерен. Мощность электродвигателя равна 5 кВт.

Пасты, приготовленные в смесителе непрерывного действия, через отверстие в его конце сбрасываются в бункер намазочной машины. В непрерывном потоке производства смеситель непрерывного действия устанавливается над намазочной машиной.

Дозатор свинцового порошка. Бункер-дозатор свинцового порошка или свинцовых окислов (рис. 96) является одновременно промежуточной емкостью. Работает он по принципу комбинированного винтового транспортера. Вдоль нижней узкой части бункера вращается шнек, выходящий из бункера через плотно подогнанную к диаметру шнека трубу, в которой находится сыпное отверстие. Ворошитель создает равномерное поступление порошка в шнек. Число оборотов шнека должно быть отрегулировано соответственно необходимому поступлению в смеситель свинцового порошка.

Правильность работы винтового дозатора для порошковых материалов не всегда достаточна. Большое влияние на равномерность подачи материала оказывает его влажность, содержание окиси в свинцовом порошке и другие свойства порошков.

Весовой дозатор. Он основан на принципе неравноплечего коромысла (рис. 97). На небольшой ленточный конвейер, представляющий собой коромысло, из шнекового дозатора поступает свинцовый порошок. При повышении скорости дозировки перевешивает длинное плечо (б) и датчик снижает скорость подачи свинцового порошка на конвейер шнековым дозатором; при снижении поступления порошка на конвейер перевешивает короткое плечо (а) и датчик ускоряет подачу порошка шнековым дозатором.

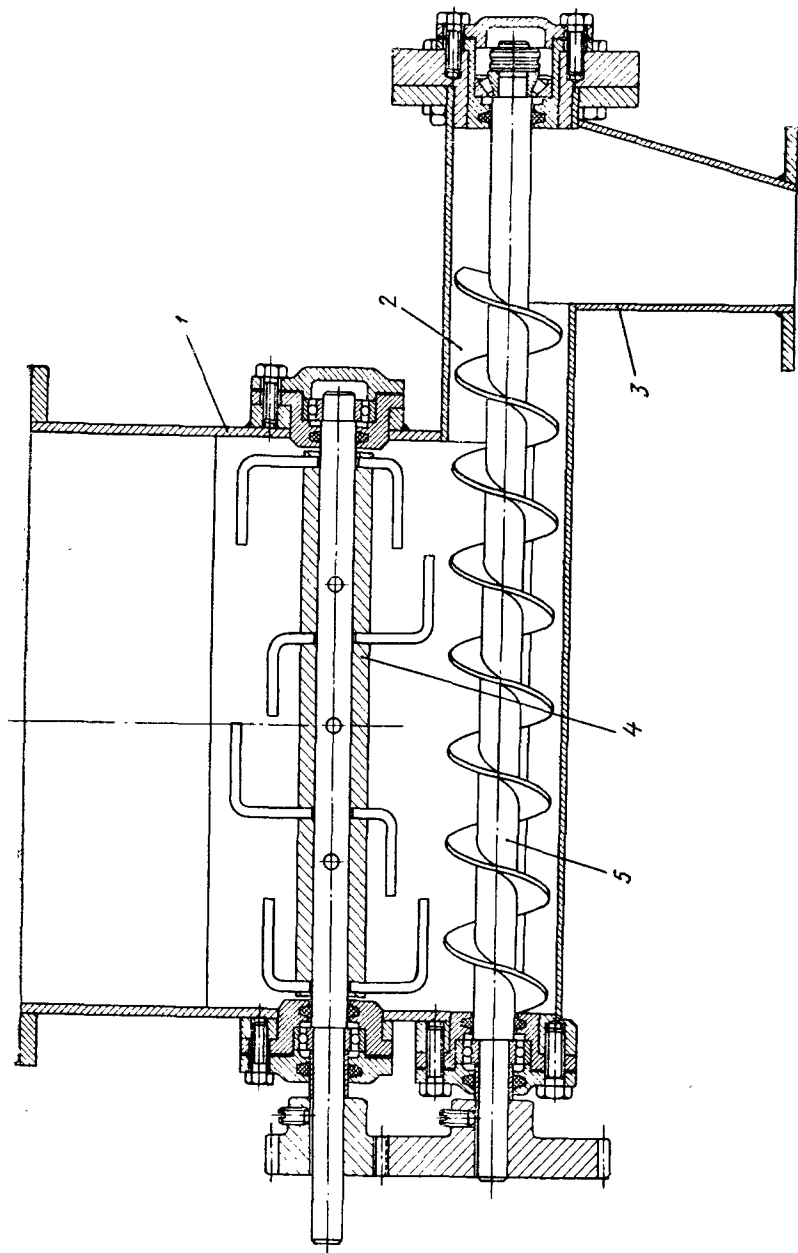


Рис. 96. Бункер-дозатор свинцового порошка:  
1 — корпус, 2 — дозирующая труба, 3 — сыпная патрубок, 4 — воршитель, 5 — шнек

Дозаторы раствора кислоты и воды. Равномерное поступление в необходимых количествах жидких компонентов в смеситель из дозатора основано на принципе постоянного истечения жидкости через калиброванное отверстие (трубку) из сосуда, в котором постоянно поддерживается один и тот же уровень этой

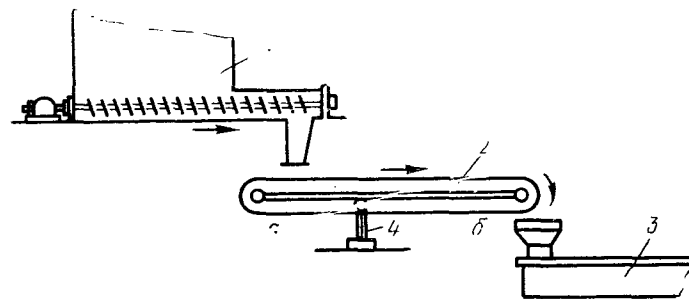


Рис. 97. Схема, поясняющая принцип действия весового дозатора:

1 — шнековый бункер-дозатор, 2 — ленточный конвейер-коромысло, 3 — смеситель, 4 — опора коромысла

жидкости (рис. 98). Одинаковый уровень жидкости создает постоянное гидравлическое давление ( $H$ ), обеспечивающее одинаковую скорость истечения жидкости из сосуда. Постоянный уровень жидкости в сосуде поддерживается поступлением в дозатор жидкости в количествах, больших его потребления; излишек удаляется через край сливной трубы, определяющей одновременно постоянство гидравлического давления.

Дозатор воды (рис. 99) состоит из трех стаканов, расположенных один под другим. Через входной штуцер 2 вода поступает в стакан 7 и заполняет его полностью до краев. Вода, необходимая для дозирования, из стакана 7 стекает по трубке 9 в воронку 1, которая направляет струю воды при нормальной работе установки в левую половину стакана 11 и отсюда по штуцеру 13 в смеситель.

В случае остановки смесителя воронка 1 автоматически с помощью электромагнита 3 передвигается в правое положение и вода через штуцер 12 направляется в канализацию.

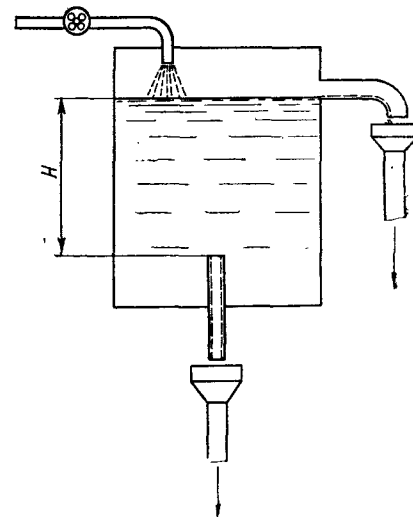


Рис. 98. Схема, поясняющая принцип действия жидкостного дозатора

Постоянство уровня воды в стакане 7 поддерживается за счет перелива избытка воды через край. Этот излишек воды стекает в стакан 8 и по трубке 10 в нижний стакан 11 и далее в канализацию. Количество воды, поступающее в смеситель, регулируется стержнем 6, входящим нижним конусным концом в верхнее отверстие

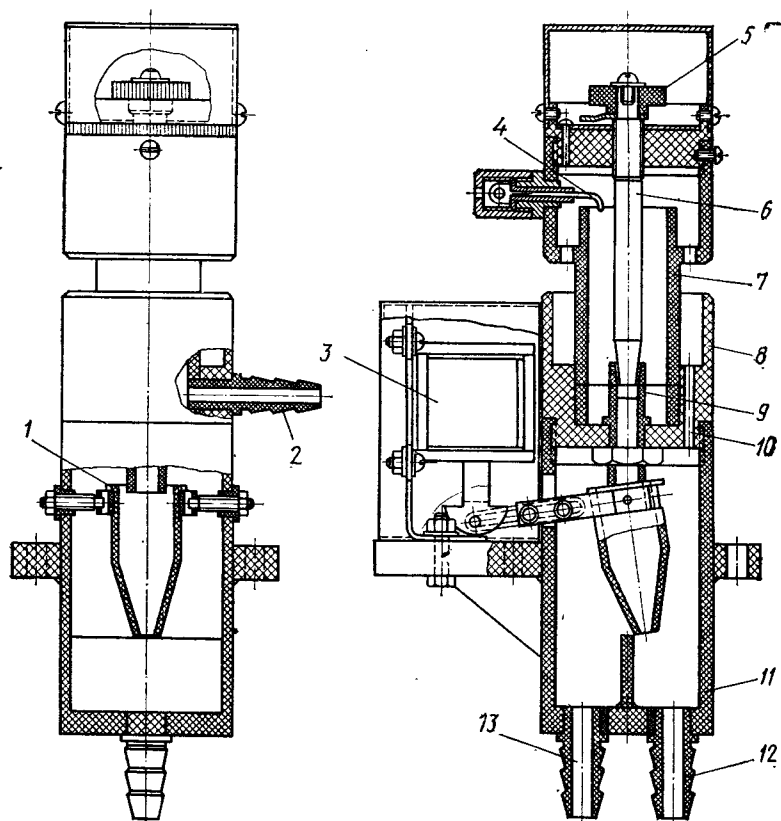


Рис. 99. Устройство дозатора воды

стие трубки 9. С помощью винта на верхнем конце стержня и прикрепленного к нему маховичка 5 стержень перемещается по вертикали, регулируя величину отверстия в трубке 9. Уровень воды в верхнем стакане 7 контролируется электронным сигнализатором уровня ЭСУ-1 посредством контакта 4; при понижении уровня воды в стакане ниже нормы выключается вся установка смесителя.

Дозатор кислоты имеет конструкцию, близкую к дозатору воды, и работает точно так же, как дозатор воды, но детали его выполняются из кислотостойких материалов.

Обычно эти жидкостные дозаторы после регулировки работают с достаточной точностью продолжительное время.

В практике дозировку кислоты и воды нередко упрощают, сливая кислоту из общего сборного бака, а воду непосредственно из водопроводной сети через резиновый шланг, пережимаемый зажимом. Такой способ не обеспечивает равномерного поступления жидких компонентов в смеситель и ухудшает качество пасты.

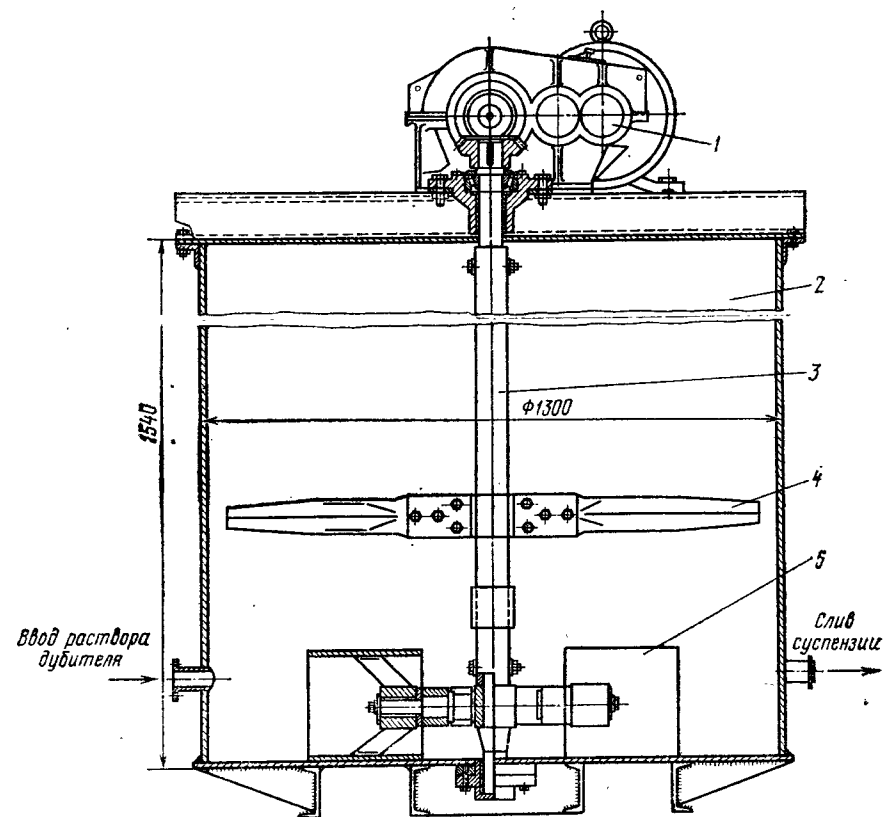


Рис. 100. Смеситель-суспензатор для измельчения и смешения расширителей и ингибитора  $\alpha$ -ОНК с водой:

1 — редуктор, 2 — смеситель, 3 — вал, 4 — лопасти мешалки, 5 — бегунки

Жидкостные дозаторы регулируются в соответствии с работой дозатора свинцового порошка и окислов свинца.

Точность дозировки расширителей в виде суспензии выше точности дозировки этих компонентов в сухом состоянии.

Суспензия расширителей — сернистого бария ( $\text{BaSO}_4$ ) и дубителя БНФ, а также ингибитора —  $\alpha$ -оксинафтойной кислоты ( $\alpha$ -ОНК) готовится в специальной аппаратуре.

В бак объемом 800 л с пропеллерной мешалкой и обогреваемым острым паром заливают рассчитанное количество воды и за-

гружают БНФ в кусках или гранулах. При температуре 60—80° С за 1—2 ч БНФ растворяется в воде, и раствор переливают в суспензитор (рис. 100). Последний представляет собой такой же бак с пропеллерной мешалкой, по дну которого вращаются бегунки. Сернистый барий в виде порошка, а  $\alpha$ -ОНК в виде влажных комков (30—40% влаги) или густой пасты (50—70% влаги) в соответствующих количествах загружают в суспензитор. Бегунки измельчают твердые комочки компонентов. БНФ обладает стабилизирующим свойством и делает приготовленную суспензию устойчивой. Перемешивание и измельчение продолжаются 12—14 ч. В суспензии содержится примерно 45 г/л твердых веществ. Состав суспензии контролируется и в случае несоответствия рецепту корректируется.

Приготовленная суспензия по мере надобности поступает в дозатор суспензии (рис. 101). Он состоит из бака объемом 300—400 л с пропеллерной мешалкой. В бак с помощью системы рычагов по направляющим периодически опускается и, набрав суспензию, поднимается черпак соответствующего объема, после чего, наклонившись, выливает ее в смеситель. Объем суспензии, забираемый черпаком, можно корректировать наклоном черпака.

#### § 60. НАМАЗКА ПЛАСТИН

Внесение пасты в решетку — пастирование, или намазка, — производится на специальных намазочных машинах большой производительности. В некоторых случаях пластины толщиной меньше 1,0 мм намазывают вручную на специальных столах шпателью.

В отечественной промышленности применяются два основных типа намазочных машин, отличающихся друг от друга конструкцией. Первая из этих машин называется шпательной, а вторая — ленточной.

На рис. 102 представлена схема работы намазочной машины шпательного типа, применяемой для намазки пластин стартерного типа аккумуляторов. Решетки, предназначенные для намазки, продвигаются под бункером намазочного приспособления с помощью бесконечной цепи, скользящей по направляющим.

Решетки, уложенные специальным автоматическим укладчиком боковыми кромками на цепь, проходят между краем горловины бункера (пяточком) и стальной гладкой плитой стола. За время прохождения под пяточком намазочного бункера решетка заполняется пастой, нагнетаемой лопастями винта вмазывателя. Паста в бункер подается из смесителя непрерывного действия или рабочим из транспортной бады.

Намазанная пастой решетка при дальнейшем движении протаскивается между несколькими парами стальных пружинящих шпателей, скошенных под углом вдоль движения пластин. Применение шпателей обеспечивает хорошее заполнение решетки и сглаживает поверхность пасты в пластине равномерно с двух сторон.

Излишняя паста, снятая шпателем с поверхности пластин, падает в сборный лоток и возвращается рабочим обратно в бункер. Для надежного продвижения решеток их кромки, лежащие на цепях, прижимаются роликами, расположенными на расстоянии, обеспе-

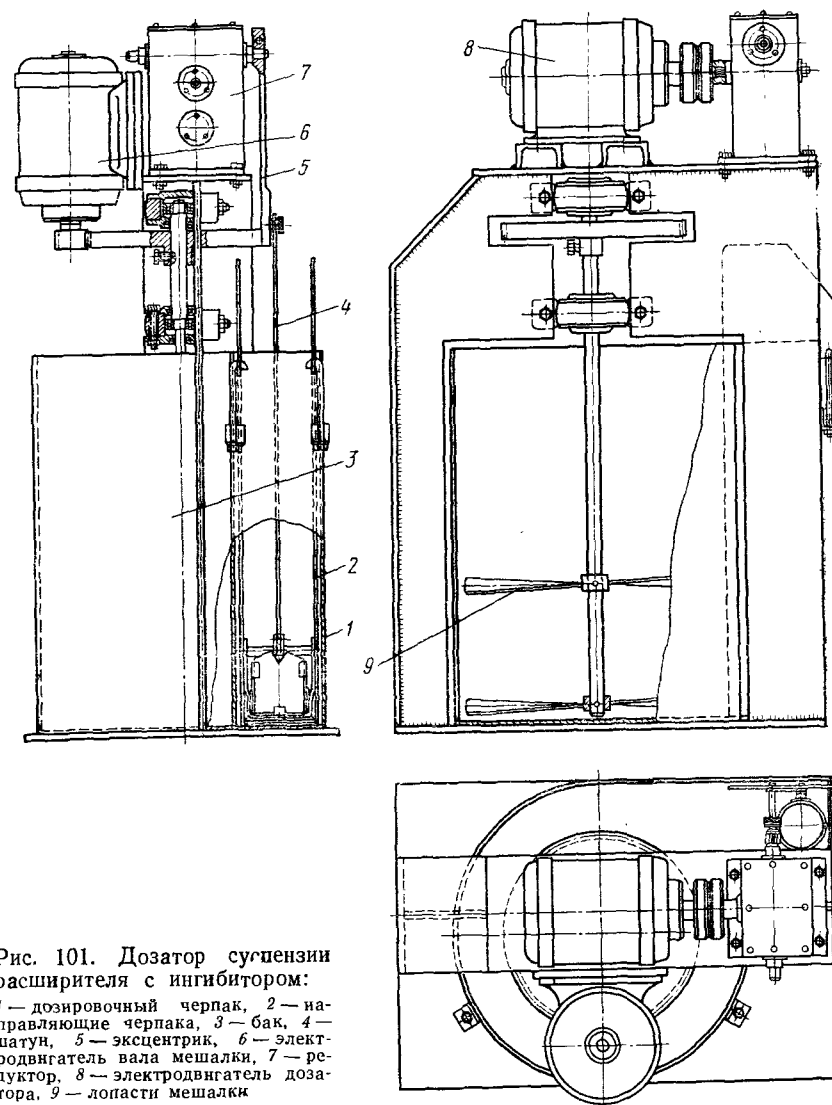


Рис. 101. Дозатор суспензии расширителя с ингибитором:  
1 — дозировочный черпак, 2 — направляющие черпака, 3 — бак, 4 — шатун, 5 — эксцентрик, 6 — электродвигатель вала мешалки, 7 — редуктор, 8 — электродвигатель дозатора, 9 — лопасти мешалки

чивающем непрерывное прижимание пластин к цепи на всем рабочем продвижении их вдоль машины. После прохождения последней пары шпателей цепь возвращается, а намазанная пластина падает на бесконечную ленту прокатной машины, движущуюся в перпендикулярном направлении.

Толщина домазочного слоя пасты и количество вмазанной пасты определяются высотой зазора между пяточком и намазочным столом и регулируется подъемом всего бункера по направляющим с помощью подъемного винта, находящегося сбоку бункера. Окончательно величину домазочного слоя пасты на пластине и количество пасты в пластине регулируют сжатием ножей шпателя.

Машина может работать с большой производительностью — до 5000—6000 пластин 2СТ в час. На этой машине пластины толщи-

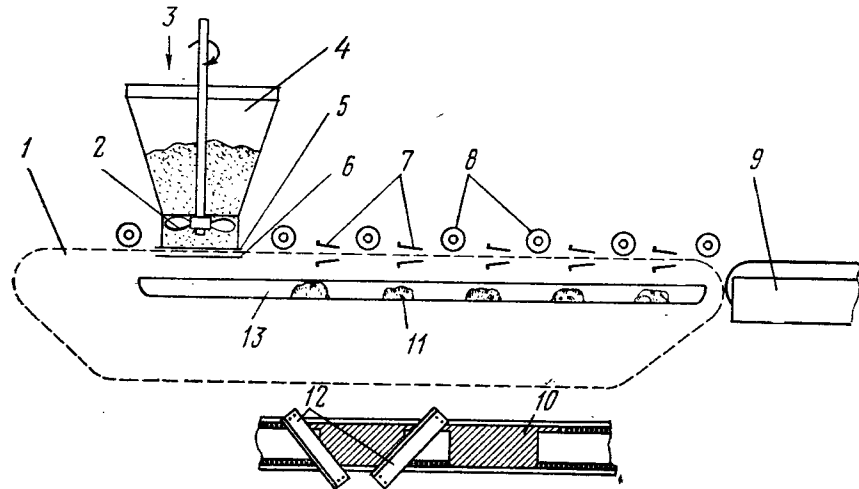


Рис. 102. Устройство намазочной машины шпательного типа:

1 — цепь, 2 — лопасти вмазывателя, 3 — паста, 4 — бункер, 5 — пяточок, 6 — стол, 7 и 12 — шпатели, 8 — прижимные ролики, 9 — лента прокатной машины, 10 — пластина, 11 — снятый излишек пасты, 13 — лоток

ной меньше 2 мм мажутся с трудом из-за плохого удержания пасты в ячейках с тонкими жилками. При прохождении решеток и пластин через машину наблюдаются случаи их застревания с образованием брака и остановки машин, что усложняет эксплуатацию машины и требует тщательной ее наладки.

Значительно проще в эксплуатации ленточные машины (рис. 103). Кроме того, они дают меньше брака по лому пластин. Почти весь брак состоит в недомазках или перемазках пластин, который может быть исправлен. Сторона, обращенная к ленте, промазывается хуже. Сторона, на которой производится намазка, может иметь перемазочный слой пасты в случае плохой регулировки шибера при выходе из-под бункера. Односторонняя намазка, требующая больших давлений при вмазывании, не всегда обеспечивает достаточно полный промаз решетки с обратной стороны и вмазывание необходимого количества пасты. Также необходимо отметить большую трудность поддержания необходимого домазочного слоя при большом разбросе толщины решеток.

В производстве в настоящее время можно встретить различные варианты конструкции последнего типа намазочной машины.

Укладку решеток на конвейер намазочной машины производят автоматически с помощью специальных укладчиков. Применяют укладчики двух типов: толкающие и сбрасывающие.

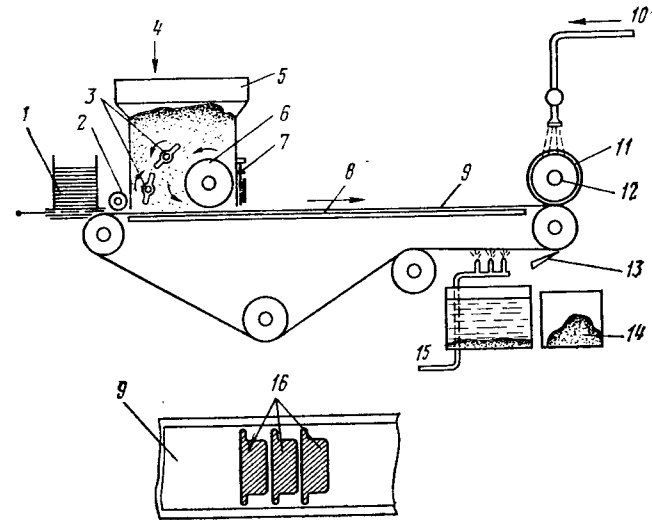


Рис. 103. Устройство намазочной машины ленточного типа:

1 — толкающий питатель пластин, 2 — прижимной валик, 3 — нагнетающие лопасти, 4 — паста, 5 — бункер, 6 — вмазывающий валик, 7 — шибер, регулирующий ровность поверхности и домазочный слой, 8 — стол, 9 — лента, 10 и 15 — вода, 11 — марля, 12 — прокатный валик, 13 — иож для снятия пасты с ленты, 14 — паста с ленты, 16 — пластины

Механизм первого типа укладчика толкает нижнюю решетку стопки под намазочный бункер; при обратном движении толкателя следующая снизу решетка под тяжестью остальных в стопке занимает место первой и т. д.



Рис. 104. Укладчик решеток

Во втором типе укладчика стопка решеток по наклонным направляющим (рис. 104) продвигается к ленте или к цепям намазочной машины. В строго установленном месте над лентой отдерживается упор, держащий последнюю решетку на направляющих, и решетка падает на ленту (цепь), которая ее подхватывает и направляет под бункер.

Движение толкателя в первой конструкции питателя и упора во второй синхронно связано с движением ленты или цепи машины.

Пластины толщиной меньше одного миллиметра намазывают пастой ручным способом. Ручную намазку производят на гладких столах с помощью стальных шпателей с применением подкладочных влаговпитывающих материалов. Намазку производят в решетки, уложенные на кусок этого материала. Затем пластину повернув наверх, накрывают сухим куском того же материала, весь этот пакет переворачивают на другую сторону и пластины домазывают с другой стороны. Намазанные пластины вновь покрывают сухим материалом и прокатывают тяжелым валиком, покрытым резиной.

## § 61. ПРОКАТКА НАМАЗАННЫХ ПЛАСТИН

Прокатка или прессовка пластин после намазки необходимы для выравнивания поверхности намазанных пластин, уплотнения замазанной пасты с отжимом влаги и улучшения контакта между пастой и решеткой. В некоторых случаях прокаткой создается равномерная бугристость поверхности пасты, образуемая отпечатком плетения прокладочной ткани. Последнее желательно для увеличения видимой поверхности электрода, несколько улучшающей начальные электрические характеристики аккумуляторов на коротких разрядах. Раньше эта операция осуществлялась ручными валиками, механизированной парой валков или прессованием под гидравлическим прессом при давлении 3—5 кгс/см<sup>2</sup>.

В настоящее время в поточных производствах применяются прокатные машины непрерывного действия большой производительности. В практике имеются три типа таких машин.

В первом типе машины свеженамазанные пластины пропускают через три-четыре пары валков между двумя бесконечными лентами влаговпитывающего матери-

ала. Этот тип машин нашел в промышленности наибольшее распространение. Они наиболее просты и надежны в применении. Внешний вид машины показан на рис. 105. Валки обременены. Ленты изготовляют из бельтинга или сукна. Давление на пластины создается пружинами, прижимающими верхние валки. Силу давления регулируют поджимом пружин маховичком или гайкой, навинчивающейся на прижимной винт. Налипшую на ленту пасту после прокатки пластин смывают в ваннах, но предварительно снимают скребками. Мойка происходит в ванне с проточной подогретой водой.

Отмытую от пасты ленту обезвоживают валиками и затем более тщательно вакуумным аппаратом, в котором влага отсасывается при прохождении вакуумной щели, к которой лента плотно прижимается. Вакуум создается вакуумным насосом. Однако последнее время на некоторых предприятиях отжим ленты на валиках осуществляется настолько хорошо, что в дополнительном осушении ленты вакуумом необходимость отпала.

Для предотвращения ленты от ухода в сторону и схода с валков или образования складок имеется специальное устройство, называемое лоцманом. Оно состоит из трех последовательно устанавливаемых валков малого диаметра, огибаемых лентой при ее движении. Крайние валки подвижные, средний — неподвижный. Устройство может вращаться вокруг своей вертикальной оси и становиться под углом к направлению движения ленты. Малейшее отклонение ленты в сторону вызывает поворот лоцмана, и лента автоматически принимает прежнее нормальное положение.

Машина приводится в движение от электродвигателя с редуктором.

Во втором типе машины (рис. 106), называемой машиной непрерывной прессовки, свеженамазанная пластина попадает между двумя бесконечными лентами из металлических плит, называемых траками, в свою очередь проходящих между рядами 8—12 пар валков. Между пластинами и траками проходят бесконечные ленты из прорезиненной ткани и влаговпитывающего материала. Валки в этой машине зажимаются гидравлическим путем с помощью масляного насоса. Эта машина прокатывает пластину и отжимает влагу из пасты более равномерно и дает более ровную поверхность пластины. Она сложна при использовании, требует внимательного ухода и постоянной наладки.

Третий тип прокатного устройства более простой конструкции. Оно обычно встраивается в конце намазочной машины ленточного типа. Над последним ведущим валиком машины, через который проходит лента, несущая намазанную пластину, устанавливают еще один валик, прижимаемый к первому пружиной, или эта пара валков встраивается отдельно. Перед работой на этот валик равномерно наматывается марля в 10—15 слоев. Марля непрерывно обмывается сверху струями воды. Последнее предупреждает прилипание пасты к валику и ее вырывание из решетки. Несмотря на обильное смачивание валика и марли водой, сжатие валков при-

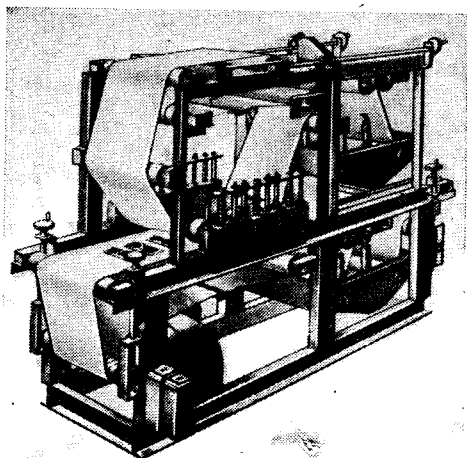


Рис. 105. Машина для непрерывной прокатки пластин

водит к выжиманию воды из пасты и ее уплотнению. Отжатая уплотненная паста хотя поверх и смачивается водой, но не впитывает ее и не набухает (см. рис. 103). Несмотря на простоту последнего способа, он требует большого мастерства и постоянного наблюдения.

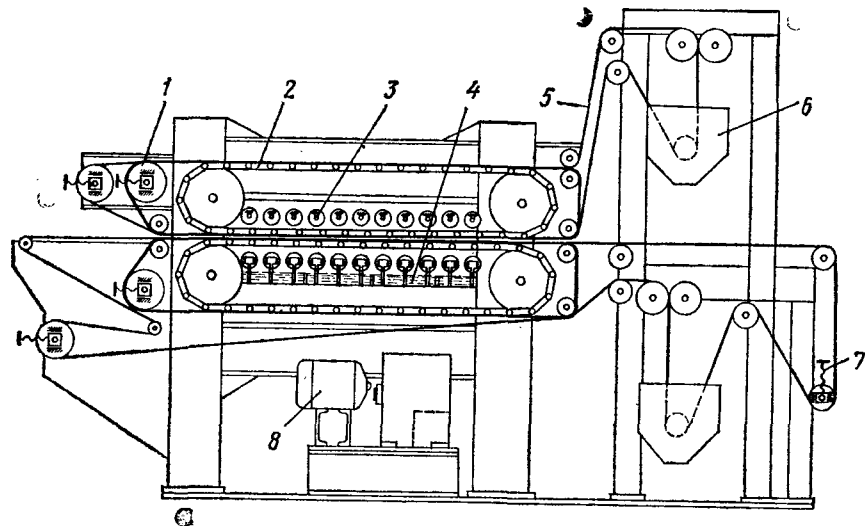


Рис. 106. Устройство машины для непрерывной прессовки свеженамазанных пластин:

1 — бесконечная лента из прорезиненной ткани, 2 — металлическая лента из траков, 3 — зажимные валки, 4 — гидравлическая система зажима валков, 5 — лента из влаговпитывающего материала, 6 — ванна для мойки ленты, 7 — вал для натяжения ленты, 8 — электродвигатель

## § 62. ТЕХНОЛОГИЯ НАМАЗКИ И ПРОКАТКИ ПЛАСТИН

Качество намазки и прокатки определяется количеством пасты, вмазанной в решетку пластины, и ее плотностью после прокатки намазанной пластины.

Внешними качественными характеристиками намазки и прокатки являются: ровная заглаженная поверхность, отсутствие задигов пасты с отходом ее от жилок решетки, отсутствие односторонней намазки — толстый домазочный слой с одной стороны и неполный промаз решетки с другой стороны.

По существующим допускам паста должна вмазываться в решетку заподлицо на уровне толщины рамки и вертикальных ребер решетки. Перемаз каждой стороны допускается не более 0,1 мм. При намазке пластин на машине любого типа наладка работы машины осуществляется наиболее легко, если пластины намазываются заподлицо. Не допускаются также «нашлепы» — отдельные местные утолщения пасты, появляющиеся вследствие случайного попадания кусочков пасты уже после намазки, и сплошные перемазы с большим домазочным слоем.

При намазке пластин прежде всего необходимо следить за тем, чтобы в пластины вмазывалось необходимое количество пасты. При определении необходимого количества пасты учитывается, что активные массы при 10-часовом режиме работы аккумулятора используются лишь на 50—60% на отрицательном и на 40—50% на положительном электроде. При стартерном режиме работы аккумулятора коэффициент использования активных масс составляет лишь 10—15% теоретического значения.

Для соблюдения стандартности характеристик изготавливаемых пластин в производстве устанавливаются допуски на массу и толщину решеток, массу и толщину пластин, плотность (пористость) пасты. От соблюдения этих допусков зависит необходимое количество активной массы в пластинах и ее пористость, т. е. степень ее использования.

Для качественной работы намазочной машины большое значение имеет плотность и консистенция исходной пасты. Последнее качество пасты часто называют вязкостью, или прочностью, пасты.

Пасты плотные, с большой вязкостью, вмазываются в решетку с большим трудом, особенно на шпательной машине. Желательно, чтобы исходная паста из свинцового порошка для этих машин имела плотность 4—4,5 г/см<sup>3</sup>. Менее плотные и жидкие пасты мажутся плохо, снижается масса вмазанной пасты, появляются задиры пасты и отставание ее от жилок.

Следует отметить, что пасты из сурика и глета, а также пасты из маловлажоемкого свинцового порошка хорошо мажутся при плотности больше на 0,2—0,3 г/см<sup>3</sup>.

## § 63. КОНТРОЛЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАСТ И НАМАЗКИ ПЛАСТИН

Плотность пасты определяется массой одного кубического сантиметра или массой пасты объемом 100 см<sup>3</sup>, определяемым с помощью стандартного стакана, показанного на рис. 107.

Стакан заполняется четырьмя — шестью порциями пасты. После внесения очередной порции пасты в стакан она осаживается постукиванием дном стакана о твердый предмет. После наполнения стакана поверхность пасты заглаживается снятием ее излишка ребром линейки заподлицо с краями стакана. Затем пасту взвешивают. Полученная масса в граммах, деленная на 100, дает плотность в г/см<sup>3</sup>.

При этом контроле удельной массы паст следует помнить, что паста при хранении после изготовления увеличивает свою плотность на 0,1—0,2 г/см<sup>3</sup>.

Для определения плотности пасты,

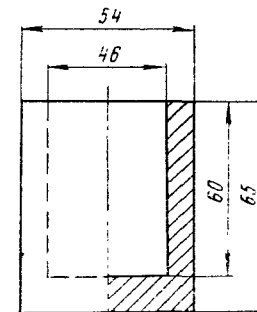


Рис. 107. Стандартный стакан объемом 100 мл для определения плотности паст



вмазанной в пластину, также применяется описанный выше метод. Сразу после намазки и прокатки паста выбивается из решетки на влажное полотно, собирается и порциями, как было описано выше, вносится в стандартный стакан. Эти операции необходимо делать как можно быстрее во избежание высыхания и схватывания пасты.

Контроль качества пасты при ее приготовлении в смесителях периодического действия необходимо производить после каждого замеса, в смесителях непрерывного действия — через каждые 2—3 ч и при наладке работы дозаторов.

Контроль плотности пасты должен производиться после намазки и прокатки пластин через каждые 1,5—2 ч и каждый раз при наладке работы намазочной и прокатной машин.

Консистенция пасты, называемая вязкостью, или прочностью, пасты, определяется глубиной погружения конуса в пасту, находящуюся в стакане, с помощью прибора — конусного пенетрометра, представленного на рис. 108. Конус устанавливается вершиной у поверхности пасты и после резкого ослабления стопорного винта погружается в пасту под тяжестью груза. Глубина погружения конуса отмечается указателем на шкале. Угол у вершины конуса принят  $60^\circ$ , масса конуса со штоком и грузом 755 г. Стакан с пастой должен иметь 80 мм в диаметре и 50 мм высотой (внутренние размеры). Конус изготовляют из коррозионно-устойчивой бронзы или латуни.

Определение консистенции пасты необходимо производить сразу после ее приготовления и набивки стакана до схватывания пасты. При хранении паста схватывается. Погружение конуса в пасту

с оптимальной консистенцией происходит на глубину 16—18 мм.

Влажность пасты определяется высушиванием навески пасты, помещенной во взвешенный бюкс — небольшой стеклянный стаканчик. В бюкс помещают 5—10 г влажной пасты и высушивают в электрическом сушильном шкафу при температуре  $170\text{--}200^\circ\text{C}$  в потоке сухого воздуха или, что лучше, в потоке углекислого газа, чтобы металлический свинец не окислялся. Потеря массы в пасте, выраженная в процентах к массе исходной пасты, и есть влажность пасты.

Дисперсность сернокислого бария. Наиболее важным свойством минерального расширителя — сернокислого бария

является его дисперсность, т. е. состав порошка по величине его зерен. В порошке этого материала при контроле определяется содержание фракций с зернами величиной 5 и даже 1 мкм. Такую высокую степень дисперсности порошков можно определять по скорости осаждения частиц порошка, взмученного в воде (суспензии). Называется этот метод *седиментационным анализом*. Более

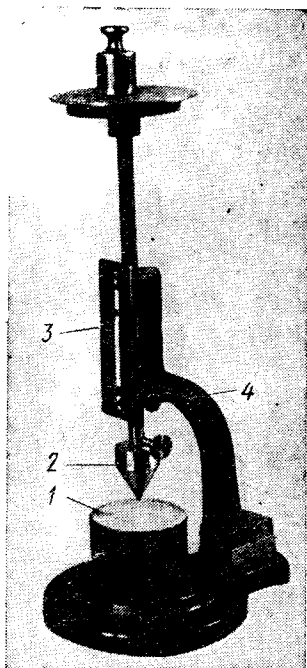


Рис. 108. Конусный пенетрометр для определения консистенции паст:

1 — стакан с пастой, 2 — конус, 3 — шкала, 4 — стопорный винт

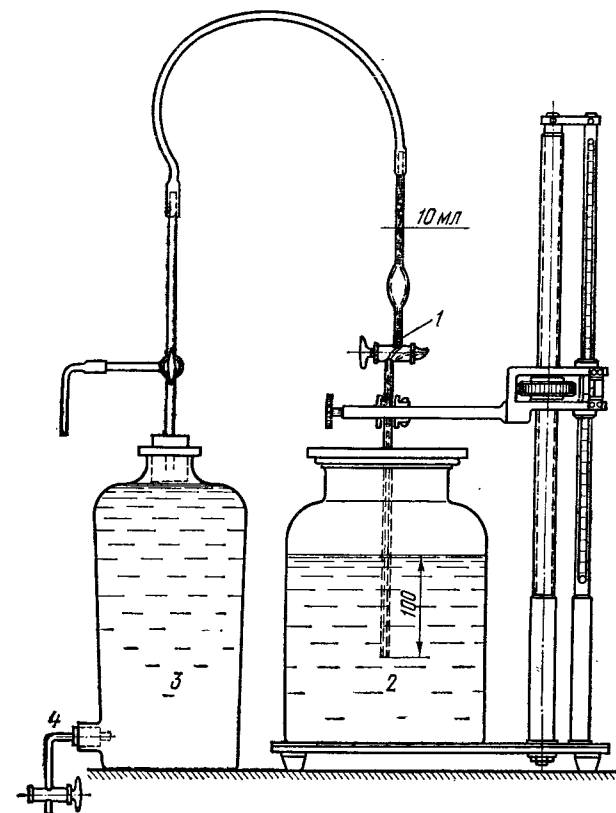


Рис. 109. Прибор для определения дисперсности аккумуляторного порошка сернокислого бария:

1 — пипетка с краном на 10 мл, 2 — сосуд для оседания суспензии сернокислого бария, 3 — сосуд для отсоса суспензии в пипетку, 4 — сливной тубус

мелкие частицы осаждаются медленнее. Частицы величиной 5 мкм и больше на глубину 100 мм осаждаются при температуре воды  $20^\circ\text{C}$  за 37 мин, а частицы в 1 мкм за 15 ч 20 мин.

На рис. 109 показан прибор, с помощью которого определяется дисперсность порошка сернокислого бария. С помощью специальной пипетки 1, опущенной в сосуд 2, наполненный водной суспензией сернокислого бария, с глубины 100 мм отбирается проба объемом 10 мл. Выпариванием определяется количество оставшихся частиц сернокислого бария. Суспензия отсасывается вакуумом, создаваемым в бутылке 3, заполненной водой, при спускании воды

через нижний тубус 4. Первоначально взмученная суспензия содержит 3 г сернистого бария в литре.

Содержание частиц размерами 5 мкм и больше, выраженное в процентах, равно  $\frac{0,03-a}{0,03} \cdot 100$ , где  $a$  — количество оставшихся частиц в объеме пипетки после осаждения в течение 37 мин. Содержание частиц размерами 1 мкм и меньше в процентах равно  $\frac{b}{0,03} \cdot 100$ , где  $b$  — количество оставшихся частиц в объеме пипетки после осаждения суспензии в течение 15 ч 20 мин.

При изменении температуры воды в сосуде и окружающей среды время озвятия проб изменяется. При повышении температуры скорость осаждения суспензии ускоряется, при снижении — замедляется. Поэтому при температуре 15° С первая проба берется через 42 мин, вторая — через 17 ч 26 мин; при температуре 25° С первая проба — через 32 мин, вторая — через 13 ч 35 мин.

Контроль работы дозаторов при изготовлении паст в смесителях непрерывного действия. Этот контроль производится определением количества выдаваемых дозатором компонентов за определенный промежуток времени: сухих окислов свинцового порошка — весовым путем, раствора кислоты, суспензии расширителей и воды — по объему. Рекомендуется определение производить за 3—5 мин работы дозаторов.

Следует отметить, что объемные дозаторы работают несовершенно и требуют частой проверки. Жидкостные дозаторы работают много точнее и их работу можно проверять реже.

Контроль массы пасты, вмазываемой в пластину. Этот контроль необходимо проводить систематически через каждые 2—2,5 ч работы намазочной машины и каждый раз при наладке ее работы, а также в том случае, когда изменяются плотность и вязкость пасты, влияющие на качество намазки. Масса вмазанной в решетку пасты определяется по разности между массами намазанной пластины и заранее взвешенной решетки. Для более точного результата определения взвешивание производят 3—4 раза. Прежде чем производить этот контроль, следует убедиться в том, отвечают ли применяемые решетки требуемым нормам по толщине и массе, от которых прежде всего зависит количество пасты, вмазываемой в эту решетку. Обычно такой контроль производится у решеток, отлитых от каждой литейной формы. Каждая литейная форма на отливках имеет свой номер или знак. Решетки, отлитые в одной и той же литейной форме, имеют обычно близкие массы и толщину.

#### Контрольные вопросы

1. Каков состав паст, применяемых для положительных и отрицательных электродов стартерных батарей?
2. Расскажите о принципе действия оборудования, применяемого при приготовлении паст.
3. Расскажите о принципе действия намазочных и прокатных машин, применяемых в производстве аккумуляторных пластин.

Положительные пластины, изготовленные на глето-суричной пасте, сушке не подвергают, так как при формировании таких пластин, высушенных сразу после намазки, активная масса разрушается и выкрашивается из решетки. Только длительное выдерживание намазанных пластин из этой пасты в сыром состоянии до сушки уменьшает это разрушение.

Положительные пластины, изготовленные из свинцового порошка, проходят обязательную сушку для окисления и укрепления пасты в решетке.

Свеженамазанные отрицательные пластины из свинцового порошка сушат как и положительные, но их можно не сушить и формировать сырыми.

Однако в этом случае после формирования возможно появление вспучивания пасты в ячейках решетки (так называемый брак по пузырению активной массы).

Применение сырых пластин все же требует их частичной подсушки. Без подсушки они слипаются и при отделении друг от друга паста выдирается из решетки.

#### § 64. КАРБОНИЗАЦИЯ СВЕЖЕНАМАЗАННЫХ ПЛАСТИН ПЕРЕД СУШКОЙ

Высушивание почти всех пористых материалов приводит к усадке — уменьшению объема материала. Удаление влаги из микропор материала приводит к сближению частичек материала друг к другу, уменьшению пор и сокращению объема самого материала, т. е. к его усадке.

Усадка пасты в решетке приводит к растрескиванию пасты (рис. 110, а) или к отрыву от жилок решетки (рис. 110, б). В некоторых случаях этого растрескивания не наблюдается (рис. 110, в). Трещины и особенно отходы от жилок ухудшают контакт между решеткой и активной массой и ослабляют прочность ее закрепления в решетке. В результате этого продолжительность формирования пластин увеличивается и появляется почти на всех стадиях производственного процесса увеличенный брак по выкрашиванию активной массы из решетки. Между тем нужно отметить, что в аккумуляторах наличие трещин в активной массе пластин на электрические характеристики и на срок службы не сказывается. В процессе работы электродов трещины затягиваются и исчезают.

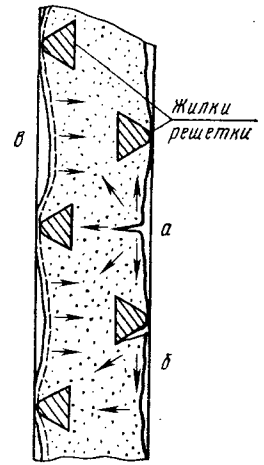


Рис. 110. Усадка пасты при сушке:  
а — образование трещины, б — отход от жилки, в — без растрескивания

Быстрая сушка пластин при конвейерном способе производства способствует появлению растрескивания пасты в пластинах. Поэтому применяются меры для предупреждения этого брака.

Известны три способа предотвращения пластин от растрескивания:

выдержка пластин без высушивания при цеховой температуре в течение 2—3 суток, а затем сушка при любых условиях;

кратковременная обработка пластин сразу после намазки в растворах углекислых солей, серной кислоты или ее солей; после такой обработки пластины также могут сушиться при любых условиях;

очень медленная сушка, продолжающаяся сутки и более.

Первый способ выдерживания сырых пластин во времени без высушивания пасты заключается в том, что в ней создается жесткая структура, усадки пасты при сушке не происходит или она уменьшается, а следовательно, устраняется или снижается степень растрескивания пасты в пластине.

Выдерживание пластин без сушки пасты производят в плотно закрывающихся камерах или на каркасах, на которых пластины плотно завешивают и закутывают влажными полотнами. В этих условиях испарения влаги из пластин почти не происходит. Этот способ применяется редко. Он требует много производственных площадей и оборудования, малопродуктивен и затрудняет создание непрерывного производственного потока.

Второй способ — предварительная перед сушкой обработка свеженамазанных пластин в растворах углекислого аммония, углекислого натрия или серной кислоты — в настоящее время применяется в связи с ускорением и конвейеризацией процесса сушки свеженамазанных пластин. На отечественных заводах нашла широкое практическое применение обработка свеженамазанных пластин из свинцового порошка в растворе углекислого аммония.

Для такой обработки используют растворы углекислого аммония с плотностью в пределах 1,03—1,06 г/см<sup>3</sup>. Продолжительность обработки — от нескольких секунд до 2—3 мин.

На поверхности пасты в пластинах образуется тончайший слой углекислого свинца (10—30 мкм) (рис. 111). Получается он в ре-

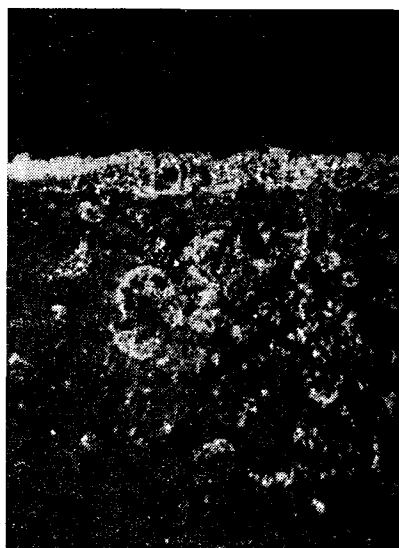
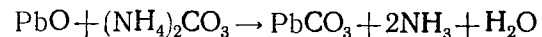


Рис. 111. Тонкий слой углекислого свинца на поверхности пасты (светлая пленка); увел. X100

зультате реакции между углекислым аммонием и окисью свинца, находящейся в пасте,



Образующийся при реакции аммиак NH<sub>3</sub> удаляется из пасты в виде газа.

Исследования показали, что водная паста, приготовленная из углекислого свинца, при сушке практически усадки не дает и растрескиванию не подвергается.

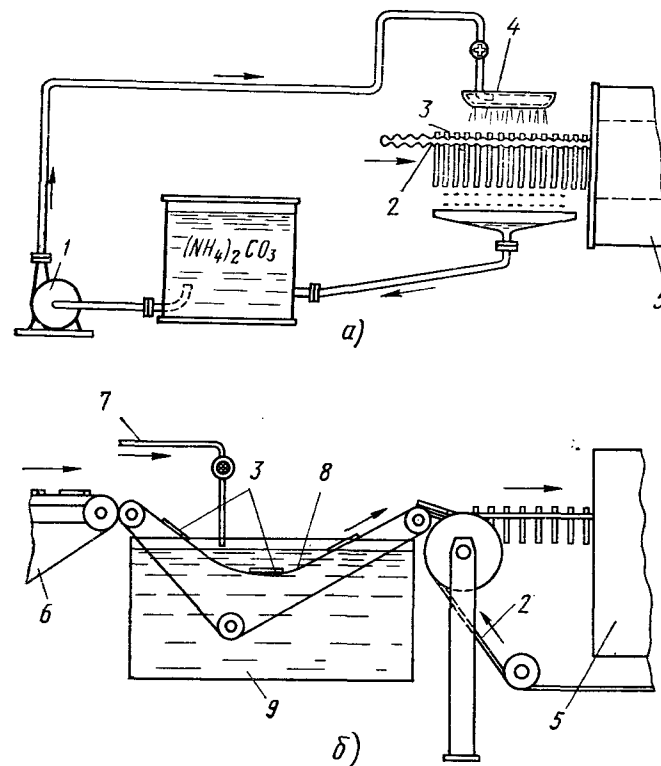


Рис. 112. Обработка свеженамазанных пластин раствором углекислого аммония:

а — орошением, б — окунанием; 1 — насос, 2 — конвейерная цепь, 3 — пластины, 4 — лоток с отверстиями, 5 — сушило, 6 — прокатная машина, 7 — подача раствора углекислого аммония, 8 — бесконечный ремень, 9 — ванна

При общей усадке всей пасты в пластине безусадочная пленка из углекислого свинца на поверхности материала не дает ей растрескиваться. Трещины по мере сушки и усадки любого материала возникают и развиваются с поверхности

На конвейерных линиях производства обработка пластин в растворах углекислого аммония осуществляется двумя способами: орошением или окунанием

Приспособления для осуществления первого способа пристраиваются к конвейерной цепи туннельного сушила (рис. 112, а). Приспособления для второго способа устанавливаются в конце прокатной машины. На рис. 112, б показана схема установки второго способа обработки пластин углекислым аммонием.

В первом способе перед входом в сушило над непрерывной конвейерной цепью устанавливается лоток. В дне лотка имеются отверстия диаметром 1 мм, расположенные друг от друга на расстоянии 10 мм. В лоток самотеком из напорного бака поступает раствор углекислого аммония, который, протекая через отверстия, орошает пластины, проходящие на цепях конвейера в сушило. Длина лотка 400—500 мм. После орошения раствор, стекая с пластин вместе с небольшим количеством смывной пасты, собирается ловушкой и сливается в нижний сборный бак-отстойник, откуда перекачивается насосом обратно в напорный бак.

По мере работы системы орошения углекислый аммоний расходуется на вышеуказанную реакцию образования нерастворимого углекислого свинца. Концентрация раствора углекислого аммония снижается. Этот расход углекислого аммония возмещается добавлением твердой соли и воды непосредственно в напорный бак. В некоторых случаях готовится концентрированный раствор углекислого аммония плотностью 1,070—1,090 г/см<sup>3</sup> в отдельном баке и этим раствором корректируется убыль раствора в напорном баке. Расход углекислого аммония составляет около 1 г на одну пластину 2СТ.

Аналогичная система подачи раствора углекислого аммония и корректировки его концентрации применяется в другом способе обработки свеженамазанных пластин. Однако во втором способе удобность в возврате раствора в напорный бак отпадает.

Обработанные в растворе углекислого аммония свеженамазанные пластины могут сушиться любым способом без возникновения растрескивания.

Углекислый аммоний применяется технический (ГОСТ 3770—64). Упаковывается он в железные барабаны. На воздухе в твердом состоянии и в растворе он легко разлагается уже при температуре около 50° С. Разложение идет по реакции



с образованием газообразных аммиака и углекислоты. В связи с этим вскрывать бачки с углекислым аммонием следует только перед началом работы и готовить растворы в холодной воде.

При приготовлении раствора углекислого аммония и его применении, особенно в непосредственной близости от горячего сушила, выделяется много аммиака. Поэтому в этих местах должна быть усиленная местная вытяжная вентиляция.

В последнее время начинают применять вместо углекислого аммония углекислый натрий — соду (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) или двууглекислый натрий — питьевую соду (NaHCO<sub>3</sub>). Сода не разлагается и не отравляет атмосферу цеха.

Как указывалось ранее, имеется еще один способ предохранения пластин от возникновения трещин в пасте: пластины сушат медленно при пониженных температурах и при повышенной влажности воздуха. При таких режимах сушки усадка материала происходит медленно по всей его массе и направлена в глубь материала и паста не дает усадочных трещин на поверхности пластин. Это близко к двухстадийному способу сушки «подсушка — выдержка». Подсушенные на 25—30% и плотно уложенные в стопки или завешенные на каркасе пластины редко подвергаются растрескиванию.

#### § 65. РЕЖИМ СУШКИ ПЛАСТИН

Процесс сушки пластин заключается в испарении влаги из пористого материала и укреплении вмазанной пасты в решетке.

Желательно процесс сушки производить как можно быстрее, что очень важно при конвейеризации технологического процесса. Вместе с тем сушка должна происходить наиболее экономно с наименьшей затратой тепла.

Скорость сушки пористой пасты в пластинах зависит от следующих параметров сушки: температуры (обозначаемой в дальнейшем через *t*), скорости (*v*) и относительной влажности (*φ*) воздуха.

Чем выше температура и скорость сушащего воздуха и чем ниже его влажность, тем быстрее высыхает пластина.

До температуры воздуха 100° С — температуры кипения воды — испарение последней с поверхности пластин может происходить только до его насыщения, после этого испарение воды прекращается. Чем выше температура воздуха, тем быстрее и больше испаряется влаги до его насыщения. Обычно параметр влажности воздуха характеризуется относительной влажностью. Под относительной влажностью понимается отношение количества влаги в воздухе в данный момент при данной его температуре к количеству влаги, насыщающей воздух при этой же температуре. Если, к примеру, относительная влажность воздуха *φ*=20%, то это значит, что воздух сухой и сушка происходит быстро; если *φ*=90%, то воздух влажный и скорость сушки замедляется. При *φ*=100% влага не испаряется и сушки не происходит.

При температуре воздуха выше 100° С скорость сушки мало зависит от его влажности и сушку можно производить при любом насыщении воздуха водяным паром вплоть до полной замены воздуха паром, иначе говоря сушку при температуре выше 100° можно осуществлять перегретым водяным паром. Последнее, как будет показано дальше, используется при сушке заряженных отрицательных пластин.

При высоких температурах, достигающих 200° С, пластины можно высушить за 4—5 мин, т. е. с большой скоростью. Более высокие температуры сушки применять нельзя вследствие того, что при температуре выше 200° С свинцово-сурьмянистый сплав решет-

ки начинает заметно размягчаться, пластины деформируются, изгибаются и падают с конвейерной цепи, образуя завалы в туннелях сушил. Пластины толщиной 1,6—1,8 мм рекомендуется вследствие этого сушить при температурах не выше 150—160° С.

Большое значение для скорости сушки имеет расстояние между пластинами при их завешивании на каркасы или на цепь конвейера. При движении сушащего воздуха параллельно плоскости пластин 2СТ со скоростью 2—3 м/с влияние завески пластин начинает сказываться уже при расстоянии между ними ближе 27—30 мм друг от друга. При сближении пластин до 12,7 мм (принятый шаг завески пластин на конвейерных цепях, являющийся расстоянием между выемками в звеньях цепи) продолжительность их сушки увеличивается примерно на 30—40%.

При меньших скоростях движения воздуха и для пластин больших размеров влияние расстояния между ними на скорость сушки сказывается сильнее.

Продолжительность сушки пластин, естественно, увеличивается с толщиной пластин. Например, при увеличении толщины пластины с 2,5 до 3,5 мм продолжительность сушки возрастает на 35—40%.

Несмотря на то что применение высоких параметров сушки позволяет осуществить сушку пластин весьма быстро, обычно выбирают и применяют более умеренные режимы сушки. Делается это для того, чтобы улучшить качество сухих пластин, уменьшить затраты энергии, расходуемой на нагрев воздуха, и не усложнять применяемое оборудование.

Содержание окиси свинца в сухой пасте автомобильных пластин желательно иметь от 75 до 85%. Чем выше окисленность применяемого свинцового порошка, тем более окислена должна быть сухая паста. При применении исходного свинцового порошка с содержанием окиси свинца 65—72% окисленность пасты должна быть 75—83%.

Чем глубже происходит окисление металлического свинца в пасте, тем больше выделяется тепла.

Теплота окисления металлического свинца в пасте ускоряет испарение влаги из пластины, что экономит расход тепла, идущего на нагрев сушащего воздуха сушил. Практически, используя это внутреннее тепло сырых пластин, можно сэкономить 50% и более затрат тепла, идущего на сушку этих пластин.

На конвейерных линиях производства свеженамазанных пластин, изготовляемых из свинцового порошка, применяются в основном два двухстадийных способа сушки: полностью конвейеризованный процесс и более экономичный комбинированный с выдержкой пластин на платформах или на специальных каркасах.

Первый двухстадийный способ заключается в том, что первая стадия сушки осуществляется за возможно короткий промежуток времени 7—15 мин воздухом с высокими параметрами ( $t = 90—140^\circ$ ,  $v = 3—4$  м/с,  $\phi$  до 30%). На первой стадии сушки паста

должна высушиваться на 30—55%. Во второй стадии сушка происходит за счет самопроизвольного окисления металлического свинца в пасте при температуре 30—50° С при небольшом движении и повышении влажности ( $\phi = 70—100\%$ ) воздуха. Вторая стадия продолжается от 20 мин до 2,5 ч. Чем продолжительнее вторая стадия сушки, тем полнее окисляется и упрочняется паста в пластинах.

Обычно во время второй стадии сушки в пластинах остается 10—20% влаги. Но эта недосушка вреда не приносит и качество пластин не ухудшается.

В некоторых случаях для ускорения сушки и полного высыхания пластин во второй стадии сушки ее проводят при более повышенной температуре (60—80° С) с дополнительным нагревом воздуха. В этом случае окисление металлического свинца в пасте происходит не так полно. Иногда применяется третья стадия с целью досушки пластин. Проводится она при повышенных температурах 100—140° С сухим воздухом с относительной влажностью  $\phi = 40—60\%$  при скорости его 2—4 м/с.

Важно знать, что при проведении первой стадии сушки воздухом с температурой больше 100° С влажность его не должна быть более 30%. В противном случае, несмотря на хорошее окисление пасты, прочность ее остается низкой, и уже при формировании появляется массовый брак по разрушению и выкрашиванию активной массы из пластин. Особенно часто он проявляется при разрубке пластин на штампе.

Второй экономичный, но не полностью поточный, двухстадийный процесс сушки свеженамазанных пластин, изготовленных из свинцового порошка, заключается в том, что пластины в первой стадии подсушиваются всего лишь на 20—30% в туннельных конвейерных сушилах. При применении сухого воздуха с температурой 70—140° С подсушку осуществляют за 5—10 мин в коротких однозональных сушилах длиной 7—10 м. Для проведения второй стадии сушки, окисления металлического свинца в пасте и ее упрочнения пластины после подсушки укладывают в стопки на платформы или завешивают на специальные многэтажные каркасы. Пластины выдерживаются в течение двух-трех суток. Чем мельче свинцовый порошок, тем дольше должна быть выдержка.

Поскольку самопроизвольный процесс окисления и сушки во второй стадии протекает очень медленно, металлический свинец в пасте окисляется более полно и содержание окиси свинца в ней достигает 78—85%.

Небольшая подсушка свеженамазанных пластин не требует их обработки в углекислых солях, поскольку растрескивания почти не возникает; не появляется она и при медленной сушке пластин в стопках.

Этот способ сушки требует большого количества платформ или каркасов и места для хранения и выдержки пластин при проведении второй стадии сушки.

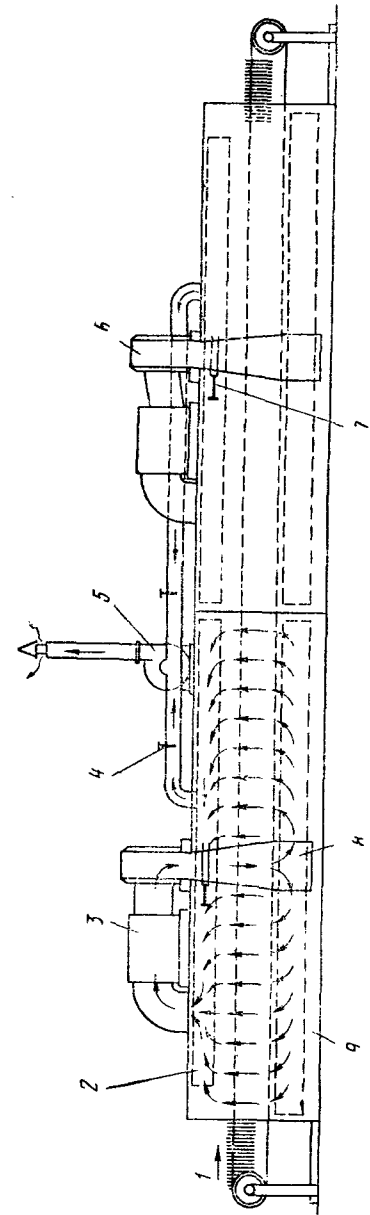


Рис. 113. Устройство туннельного конвейерного сушила с камерой квадратного сечения с распределительными каналами по зонам:

1 — цепь конвейера с пластинами, 2 — верхний сборный воздушный канал, 3 — калорифер, 4 — заслонка, 5 — вытяжной вентилятор, 6 — рециркуляционный вентилятор, 7 — шибер, 8 — вертикальный воздуховод, 9 — нижний распределительный воздушный канал

## § 66. СУШИЛА

Для сушки свеженамазанных пластин применяют многозональные туннельные конвейерные сушила непрерывного действия с поперечным или продольным движением воздуха в зонах сушки. Каждая зона имеет индивидуальную рециркуляционную вентиляцию с калорифером или без него в зависимости от того, какая стадия процесса осуществляется в данной зоне.

По конструкции туннельные сушила можно разделить на четыре варианта, отличающиеся между собой распределением воздуха в туннельных камерах.

Камеры первого варианта сушил имеют квадратное сечение. В камерах воздух распределяется и направляется посредством воздушных каналов и регулируемых отверстий в них.

Второй вариант имеет камеры круглого сечения без распределительных каналов.

Туннели третьего варианта имеют овальное сечение и снабжены распределительными каналами переменного сечения с отверстиями.

В четвертом варианте нагретый воздух поступает в туннель через боковую щель, проходящую вдоль всей длины сушила.

Принципиальная схема работы этих сушил изображена на рис. 113—118. Во всех этих вариантах нагретый в калорифере воздух вентилятором направляется посредством вертикального

воздуховода в нижнюю часть туннеля сушила под движущимся конвейер или сбоку завешенных на цепи пластин.

В первом варианте сушила (внешний вид такого типа сушил показан на рис. 114) воздух из вертикального воздуховода, расположенного посредине зоны, направляется по нижнему каналу в обе стороны туннеля и через регулируемое отверстие в верхней стенке канала обдувает пластины вертикально вверх вдоль их по-

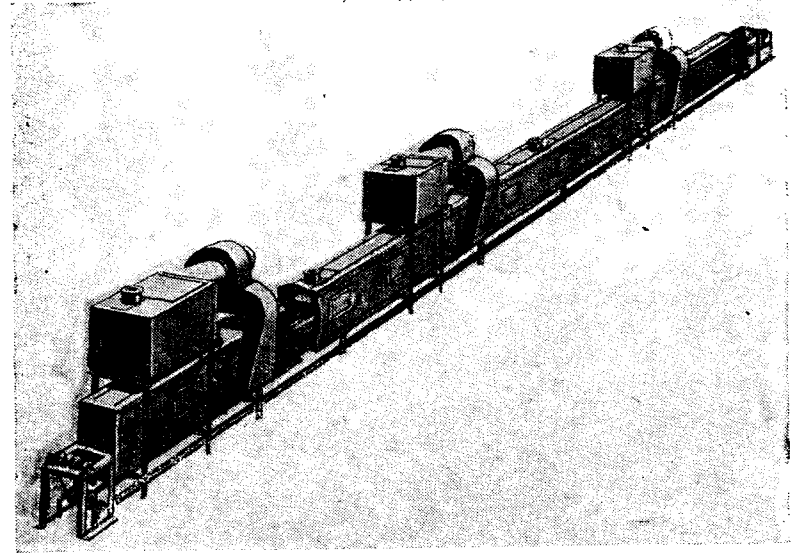


Рис. 114. Внешний вид конвейерного туннельного сушила для сушки свеженамазанных пластин с камерой квадратного сечения и распределительными каналами по зонам

верхности. Несколько охлажденный, он проходит сквозь отверстия в стенке верхнего канала, отсасывается в калорифер, где вновь подогревается и направляется на новый цикл работы.

Часть влажного воздуха из верхнего канала отбирается либо общецеховой вытяжной вентиляцией, либо специальным вентилятором, который обычно устанавливается для всех зон. Влажный загрязненный воздух из сушил направляется в фильтры и выбрасывается в атмосферу вне цеха.

Регулировка отбора отработанного воздуха производится шиберами, установленными в выводных трубах каждой зоны. Регулировка скорости воздуха в туннеле производится шибером, установленным в зональном вертикальном воздуховоде, или сразу рассчитывается в соответствии с мощностью устанавливаемого зонального вентилятора. Отобранный влажный воздух восполняется сухим воздухом из цеха, который засасывается через входное и выходное отверстия для пластин и через неуплотненные щели установки.

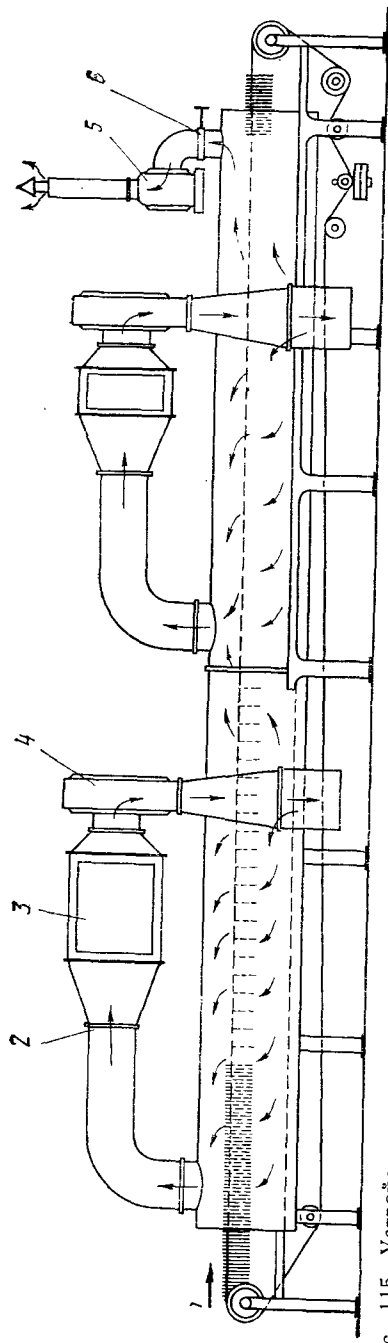


Рис. 115. Устройство туннельного конвейерного сушила круглого сечения без распределительных каналов: 1 — цепь конвейера с иастинами, 2 — заслонка, 3 — калорифер, 4 — рециркуляционный вентилятор, 5 — вытяжной вентилятор, 6 — шибер

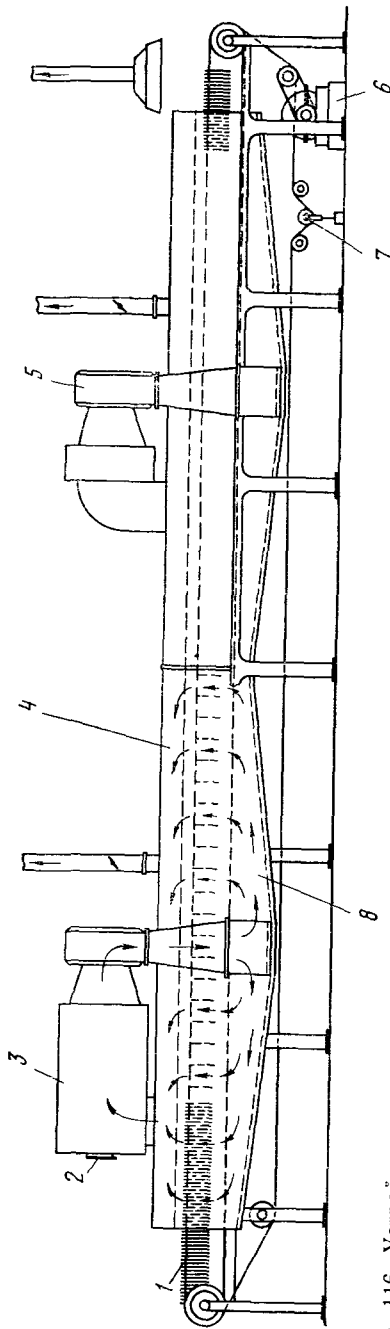


Рис. 116. Устройство туннельного конвейерного сушила с распределительными каналами переменного овального сечения: 1 — цепь конвейера с пластинами, 2 — заслонка, 3 — калорифер, 4 — верхний сборный воздушный канал, 5 — рециркуляционный вентилятор, 6 — редуктор привода, 7 — натяжное приспособление, 8 — нижний распределительный воздушный канал

Регулировка подачи нагретого воздуха в туннель из нижнего канала по длине зоны осуществляется жалюзи, прикрывающими отверстия, или простым загибом щитков, изготовленных из листового тонкого железа. Описанный вариант конструкции сушила позволяет нагретый воздух распределять равномерно по всей длине зоны сушила со строгим вертикальным его направлением в самой туннельной камере вдоль плоскости пластин, висящих на цепи конвейера. В этом случае можно применять большие скорости воздуха (до 6 м/с), не сбивая пластин с мест. Длина каждой зоны 5—10 м.

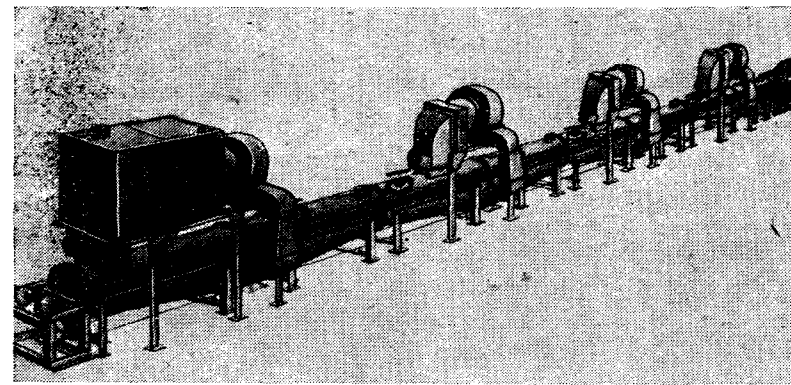


Рис. 117. Конвейерные туннельные сушила для сушки свеженамазанных пластин, имеющие воздушные распределительные каналы переменного сечения

Стенки сушила делают или из листового железа с прослойкой из асбеста, или из шлаковой ваты, или из кирпича для теплоизоляции и уменьшения потерь тепла.

Недавно в практике появились аналогичные сушила, в которых пластины на конвейерных цепях располагают в два этажа. Эти сушила рассчитаны на сушку пластин двух размеров.

Для удобства чистки туннеля и ухода за сушилом внутри предусмотрен узкий коридор, отделенный от рабочего пространства туннеля раздвижными щитами.

Второй вариант сушила (см. рис. 115) имеет упрощенную конструкцию. Распределительной нижней и собирающей верхней камер не имеется. Воздух, поступающий из воздуховода, направляется, как по трубе, к вытяжному отверстию, завихряясь и проходя между пластинами. Распределение воздушного потока неравномерное. Воздушные потоки могут быть применены с небольшими скоростями, так как возможно сбивание пластин с конвейерной цепи. Между зонами возникают пространства с небольшой скоростью воздуха.

В третьем варианте конструкции конвейерного сушила (см. рис. 116, 117), имеющего также круглое или овальное сечение, предусмотрены нижний и верхний распределительные каналы для



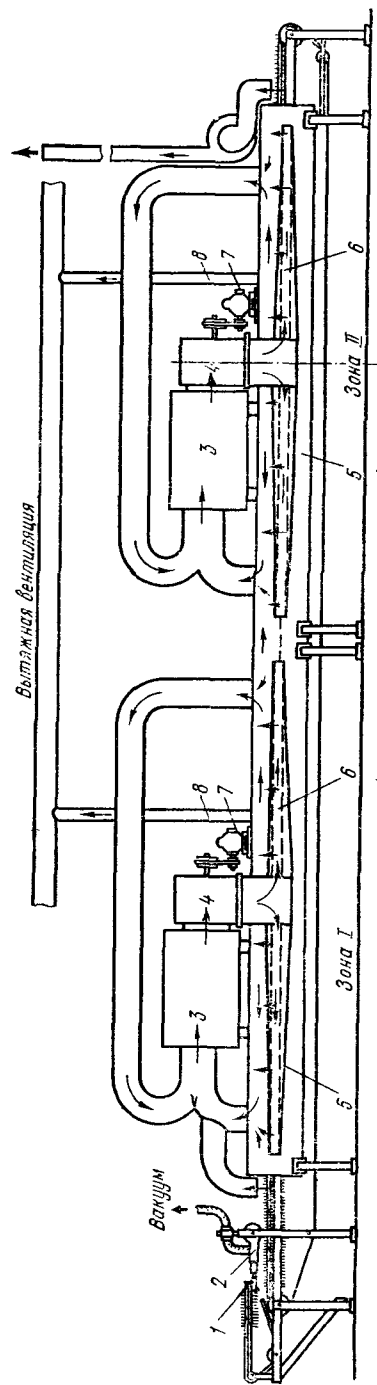


Рис. 118. Конвейерное туннельное сушило с боковым поддувом воздуха: 1 — присосок, 2 — шатун с клатаном, 3 — калорифер, 4 — рециркуляционный вентилятор, 5 — боковой горизонтальный воздуховод, 6 — щель, 7 —

8 — заслонка

нагретого и отработанного воздуха, как в конструкции первого варианта. Однако одинаковая скорость воздуха, выходящего из канала через отверстия в верхней его стенке по всей длине сушила, достигается уменьшающимся сечением этого канала, как это делается обычно в воздуховодах систем вентиляции.

Существенным недостатком конструкции сушил второго и третьего вариантов является небольшое пространство под движущимися пластинами в каналах. Это затрудняет чистку сушила от пластин, упавших с конвейерной цепи, и от крошки пасты, падающей с пластин и постепенно накапливающейся на дне туннеля и в распределительном воздушном канале.

Кроме того, малое пространство под движущимися пластинами нередко приводит к тому, что упавшие пластины затормаживают движение пластин на конвейере и в туннеле образуются заторы, которые трудно разбираются.

В сушиле четвертого варианта (см. рис. 118) упавшие пластины и крошка пасты не засоряют воздушную щель. Скорость воздуха может быть повышена до 10 м/с.

Длина зон в сушилах делается от 4 до 7 м. Конвейерные цепи применяются стандартные с шагом 12,7 или 19,1 мм, определяющим шаги завески пластин, иначе говоря, расстояние меж-

ду ними. Они приводятся в движение посредством червячного редуктора электродвигателем мощностью 1,5—2 кВт. Этот механизм устанавливается в конце сушила. В туннеле цепи движутся по направляющим со скоростью от 0,5 до 2 м/мин. Скорость движения цепи устанавливается в зависимости от типа пластин, выбранного режима их сушки и производительности установки.

Производительность сушила рассчитывается на выпуск от 2 до 5 тыс. пластин 2СТ в час. Пластины больших размеров сушатся более продолжительное время и производительность сушил уменьшается.

В сушилах с производительностью около 3000 пластин в час в первой зоне, где обычно осуществляется первая стадия сушки, мощность калорифера составляет около 90 кВт. В остальных зонах сушила, где проводится вторая стадия сушки, калориферы вообще не применяют или устанавливают паровые калориферы мощностью 10—20 кВт. В некоторых случаях, если вторая стадия процесса осуществляется в нескольких зонах (3—4), в последней зоне устанавливается более мощный калорифер для усиления нагрева воздуха с целью более полной досушки пластин.

Вентиляторы в зонах обычно устанавливают типа «Сирокко» № 4 или 5 с двигателем мощностью 2,5—3 кВт.

Для осуществления первой стадии сушки в первом двухстадийном способе сушки применяют электрические и парозлектрические калориферы или воздух нагревается газовыми установками. Обогрев воздуха на этих установках легко автоматизируется и может быть строго отрегулирован в требуемых пределах колебаний температур. Во второй стадии процесса не требуется высоких температур и строго температурного режима. Этот режим устанавливается самопроизвольно, особенно когда вторая стадия процесса протекает без внешнего нагрева воздуха, поэтому здесь температура обычно автоматически не регулируется и применяются паровые калориферы.

Электрические калориферы представляют собой коробки с теплоизолированными стенками, в которых расположены спирали из тугоплавкого хромоникелевого сплава высокого сопротивления, нагреваемые электричеством. Холодный воздух пропускают через коробку. Проходя между раскаленными спиралями, он нагревается. Последнее время нагревательными элементами служат герметически закрытые трубки, в которых помещена тугоплавкая проволока с большим электрическим сопротивлением, изолированная от стенок трубки кварцевым песком (рис. 119). Эти трубки выпускают стандартными под названием НВП мощностью от 2 до 6 кВт. Работа с этими нагревательными элементами более удобна, и калориферы работают более надежно.

В электрической схеме калорифера нагревательные элементы подключаются секционно. Основная часть секций включается вручную. Одна или две секции включаются через автомат терморегулирующего устройства. При заданном режиме сушки вначале производится грубая регулировка подключения секций вручную, затем

подключаются секции для автоматического регулирования температуры в сушиле. Такая схема позволяет экономить электроэнергию и более плавно и точнее поддерживать необходимую температуру в сушиле.

В паровом калорифере вместо электрических спиралей в коробку монтируются паровые трубки или система трубок, имеющих теплоотводящие металлические пластины, как это устроено в радиаторах автомобилей. Через трубы пропускают перегретый пар заводских парокотельных установок или теплоцентралей. Обычно

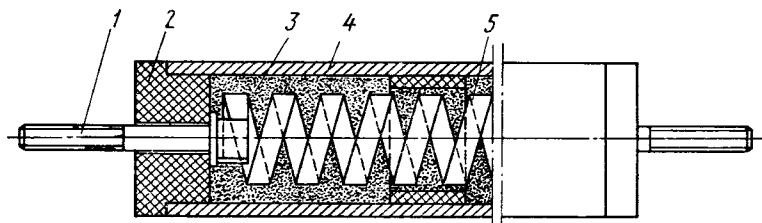


Рис. 119. Устройство трубчатого нагревательного элемента электрического калорифера:  
1 — контактный болт, 2 — керамиковый изолятор, 3 — засыпная изоляция (кварцевый песок), 4 — трубка, 5 — лента с высоким электрическим сопротивлением

регулировку нагрева воздуха в паровых калориферах производят вручную простыми паровыми вентилями. Хорошо и надежно работающей аппаратуры автоматического регулирования температуры воздуха паровыми калориферами не имеется. Поэтому с целью экономии электроэнергии и точного автоматического регулирования температуры в сушиле применяются комбинированные пароэлектрические калориферы. В этих калориферах электрические секции нагревателей, включаемых вручную, заменены на паровые нагреватели.

Паровые калориферы, в особенности в комбинации с электрическими, применяются только в том случае, когда температура рабочего пара выше температуры рабочего воздуха в сушиле.

Весьма удобным и дешевым является нагрев воздуха газом. Этому источнику тепла, по-видимому, принадлежит большое будущее. Газовая индустрия развивается очень быстро. В городах уголь и электричество заменяются газом.

На рис. 120 можно видеть чертеж газовой установки для обогрева воздуха, а на рис. 121 — схему подачи нагретого воздуха к сушилам.

Газовая установка представляет собой цилиндрическую камеру сгорания, открытую снизу. У входа в нее установлена газовая горелка, по конструкции в принципе схожая с бытовой газовой горелкой, к которой подведен газ, регулируемый вентилем. Нагретый при сгорании в воздухе газ, смешиваясь с подсасываемым цеховым воздухом, нагнетаемым вентилятором, направляется к сушилам.

Проходя через сушило, он без рециркуляции или с рециркуляцией выбрасывается в атмосферу посредством дополнительного вытяжного вентилятора.

Регулировка подачи нагретого воздуха и его отсос из сушила по зонам производится посредством системы заслонок и шиберов в трубах, а также подсосом свежего цехового воздуха посредством специальной патрубка с заслонкой, устанавливаемой перед каждой зоной сушила.

В табл. 39 показаны примерные режимы работы сушильных установок.

### § 67. КОНТРОЛЬ РАБОТЫ СУШИЛ

Контроль за работой сушил заключается в постоянном поддержании и регулировании установленных параметров режима сушки.

Температура воздуха контролируется ртутными термометрами, установленными в воздухопроводах, направляющих нагретый воздух в сушило от вентиляторов. Датчиками для регулировки нагрева воздуха электрическими калориферами или при нагреве воздуха газом служат термопары, которые устанавливаются в том же месте, где и ртутные термометры. Контактные потенциометры или

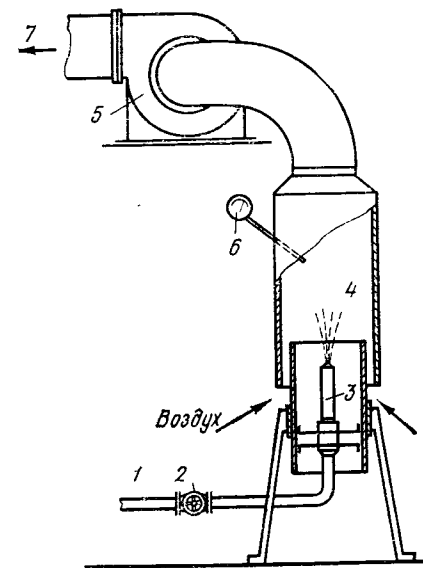


Рис. 120. Газовая установка для нагрева воздуха:  
1 — газопровод, 2 — вентиль, 3 — газовая горелка, 4 — камера сгорания, 5 — вентилятор, 6 — термопара, 7 — к сушилам

Таблица 39

Режим работы конвейерных сушил при сушке свеженамазанных пластин аккумуляторов стартерного типа

Параметры сушки	Конвейерный режим		Комбинированный режим	
	1-я стадия (1-я зона)	2-я стадия (2-я и 3-я зоны)	1-я стадия (в сушиле)	2-я стадия (на каркасах в цеху)
Температура, °С . . . . .	90—150 2—4	40—80 2—4	70—140 2—4	Цеховая —
Скорость воздуха, м/с . . . . .	Не более 35	Не более 65	Не более 20	Цеховая
Влажность, % . . . . .	5—10	15—25	5—10	18—48 ч
Продолжительность, мин . . . . .	40—55	75—100	20—30	80—95
Степень высушивания, % . . . . .	Не изменяется	70—75	Мало изменяется	75—85
Содержание PbO в сухой пасте, % . . . . .				

гальванометры в зависимости от показаний температур подключают или выключают электрические секции нагревательных элементов в калориферах или регулируют подачу газа в горелке на газовых установках.

Скорости воздуха в сушилах обычно контролируют и регулируют перед запуском сушила в эксплуатацию. Определяют скорости воздуха посредством анемометра, представляющего собой небольшую чашечную вертушку, вращающаяся ось которой связана со счетным механизмом. По числу оборотов вертушки за определен-

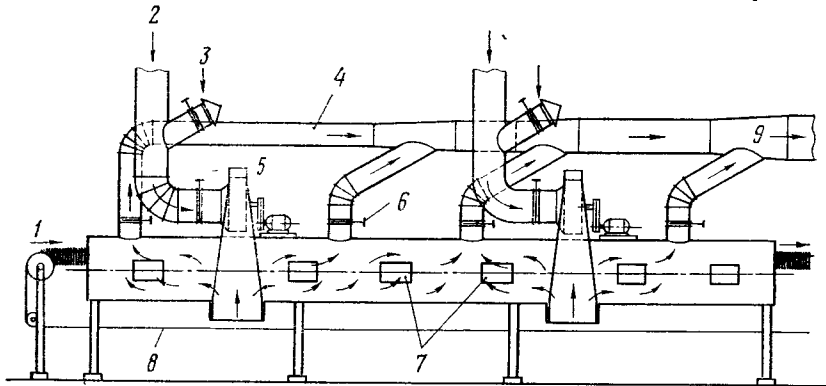


Рис. 121. Распределение горячего воздуха, нагретого газом, по многозольному конвейерному сушилу:  
1 — пластины, 2 — нагретый воздух из газовой печи, 3 — холодный воздух, 4 — вытяжная система, 5 — нагнетающий вентилятор зоны, 6 — шибер, 7 — смотровые окна, 8 — цепь, 9 — к вытяжному вентилятору

ный период времени с помощью специальной таблицы, прилагаемой к прибору, определяется скорость воздуха.

Влажность воздуха в воздуховоде определяется по разности показаний сухого и влажного термометров. Ртутный шарик термометра увлажняется обертыванием во влажную марлю. Чем суше воздух, тем сильнее испаряется влага на влажном термометре, тем больше охлаждается термометр, а следовательно, увеличивается разность показаний термометров. Определение производят по специальной таблице.

На рис. 122 показана схема примерного устройства постоянного контроля влажности воздуха в воздуховоде сушила.

Для того чтобы марлевая обмотка была постоянно смочена водой, к ней по трубке подводится вода из напорного бачка, в который, в свою очередь, вода поступает из водопровода. Необходимо помнить, что обильное смачивание влажного термометра водой или его высыхание приводит к неправильным показаниям.

Степень высушивания пластин определяется взвешиванием намазанных пластин в процессе сушки. Первое взвешивание производят перед входом данной пластины в сушило (а); второе взвешивание той же пластины — после ее прохождения первой зоны, где осуществляется первая стадия процесса (б); третье — после про-

хождения зон второй стадии сушки в конце сушила (в) и, наконец, последнее — после досушки пластины в термостате или повторного ее пропускания через первую зону сушила (г).

Степень высушивания будет равна:

$$\text{после первой стадии сушки} \frac{a-b}{a-g} \cdot 100\%;$$

$$\text{после второй стадии сушки} \frac{a-v}{a-g} \cdot 100\%.$$

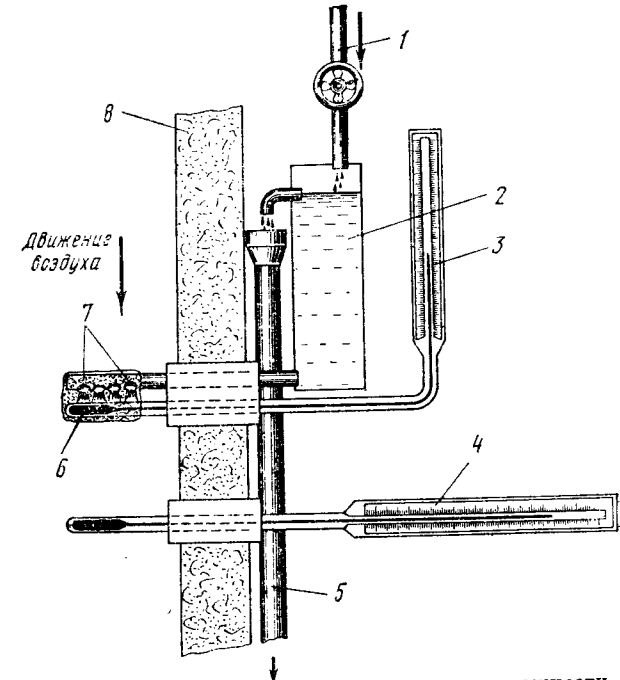


Рис. 122. Устройство для определения влажности воздуха в воздуховодах сушила сухим и мокрым термометрами:  
1 — водопровод, 2 — бачок с водой, 3 — влажный термометр, 4 — сухой термометр, 5 — сливная труба, 6 — марлевая обмотка, 7 — фитили из водяной трубки, 8 — стенка воздуховода

Если  $v=g$ , то пластины высушены полностью, степень высушивания равна 100%.

Содержание окиси в сухой пасте определяется химическим путем.

После сушки пластины плотно укладывают на каркасы или на транспортные платформы в штабеля. Высота штабеля не допускается выше 1000 мм. Температура помещения, где хранятся сухие намазанные пластины, не должна быть ниже 5° С. Пластины должны быть защищены от загрязнений. Срок хранения пластин не ограничивается. На формирование пластины должны поступать в хронологической последовательности.

1. Какими способами устраняется растрескивание пасты при сушке намазанных пластин?
2. Каковы конструкции туннельных конвейерных сушил и принцип их работы?
3. Какие физико-химические процессы повышают прочность пасты при сушке намазанных пластин?
4. Какие технологические параметры определяют режим сушки намазанных пластин? Как осуществляется их контроль?
5. В чем особенность двухстадийных режимов сушки намазанных пластин?

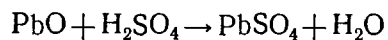
## Глава XI. ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАСТИН

### § 68. СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ И ЕГО РАЗНОВИДНОСТИ

*Формировкой* аккумуляторных пластин называется процесс образования на них электрохимически активных масс. Процесс формирования намазанных пластин завершается образованием двуокиси свинца на положительных пластинах и губчатого свинца — на отрицательных. Для этого пластины, подлежащие формированию, погружают в ванны с электролитом, состоящим из раствора серной кислоты ( $H_2SO_4$ ) плотностью 1,07—1,15 г/см<sup>3</sup>. Положительные пластины присоединяют к положительному полюсу источника постоянного тока, а отрицательные — к отрицательному.

Процесс формирования ведется при определенной плотности тока, температуре и концентрации электролита и в течение определенного времени. Совокупность этих данных составляет режим формирования. Качество аккумуляторов во многом зависит от соблюдения режима формирования пластин, поэтому принятые в производство режимы формирования должны точно соблюдаться.

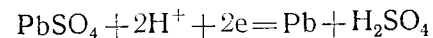
Как известно, подлежащие формированию намазанные пластины состоят из окислов свинца, сульфата свинца и некоторого количества металлического свинца. При погружении пластин в формируемый электролит количество сульфата в пластинах растет вследствие химического воздействия кислоты на окись свинца, которое может быть выражено уравнением



Таким образом, к моменту включения формирующего тока в пластинах обоих электродов содержится достаточно большое количество сульфата свинца. Последний по мере формирования переходит в губчатый свинец на отрицательном электроде и двуокись свинца на положительном электроде.

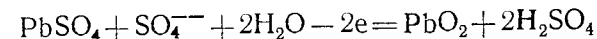
Электродные процессы при формировании пластин могут быть выражены следующими электрохимическими уравнениями:

на отрицательном электроде



т. е. сульфат свинца восстанавливается до металлического свинца, который образуется в виде свинцовой губки;

на положительном электроде



т. е. сульфат свинца окисляется до двуокиси свинца.

Приведенные здесь электродные процессы начинаются на границе решетка — паста и постепенно распространяются по всей массе пластины.

Серная кислота формирующего электролита, которая в начале процесса прореагировала в пасте пластин с окисью свинца, при заряде вновь выделяется в электролит.

В ряде случаев после формирующего заряда дается разряд. Электрохимическая реакция при формирующем разряде, как и при разряде аккумулятора, протекает в обратном направлении, и в активных массах обоих электродов появляется сульфат свинца. Количество его зависит от глубины разряда. Разряд ведется или по времени (10—15 мин), или до конечного разрядного напряжения на баке 1,7—1,5 В. Плотность разрядного тока в 1,5—2 раза меньше зарядной. Практически при полном формирующем заряде в активных массах остается небольшое количество сернокислого свинца: в положительном электроде 3—7%, в отрицательном 0,5—3%. Остаются также непрореагированными в положительной пластине 3—10% окиси свинца и 2—6% металлического свинца.

Формирование бывает совместное, отдельное и блочное. При совместном формировании одновременно в одном сосуде формируются пластины обоих знаков заряда, при отдельном — пластины каждого знака заряда формируются отдельно с вспомогательными электродами; для блочного формирования пластины предварительно собираются в блоки с сепараторами. В ряде случаев блочному формированию подвергают уже собранные аккумуляторы. В таком случае они должны поступать к потребителю залитыми электролитом или без электролита.

Совместное формирование наиболее распространено, поскольку в этом случае требуются меньшая площадь и расход энергии.

Отдельное формирование применяется для пластин тех типов аккумуляторов, к которым предъявляют особые требования по качеству, и в том случае, когда необходимо формировать пластины только одного знака. Блочное формирование применяют также для очень тонких пластин, так как они могут покоробиться при свободном завешивании в сосуд.

В ряде случаев при формировании пластин проводят 1—2 тренировочных разряд — заряда, чтобы повысить начальную емкость аккумуляторных батарей, собираемых из этих пластин.

Технология батарейного формирования устраняет процесс обычного формирования, заменяя его первым зарядом батарей, собран-

ных из пастированных пластин. Батарей выпускают готовыми к немедленной эксплуатации с гарантией хранения в течение 1—3 мес. Для облегчения транспортировки и уменьшения саморазряда после формирования электролит выливается, в некоторых случаях центрифугируется. В последнем случае в конструкции крышек предусматривается клапан для предохранения попадания в аккумулятор воздуха и окисления губчатого свинца во время хранения.

Формировочный заряд осуществляется в группах батарей, установочных или на переносных поддонах, которые размещаются на многоэтажных стеллажах, или на конвейерах. Батареи заливаются раствором электролита плотностью 1,235—1,250 г/см<sup>3</sup>. Промышленностью разрабатываются автоматизированные конвейеры батарейного формирования. Применяют 20—40-часовые режимы формирования. Технология батарейного формирования устраняет также операции сушки сформированных электродов и их разборку.

Обычно на первых циклах эксплуатации емкость аккумулятора ограничивается емкостью положительных электродов. При работе этих пластин в аккумуляторе емкость их постепенно нарастает и по существующим Государственным стандартам (ГОСТ) и Техническим условиям (ТУ) к 4—15 циклам должна достигнуть номинальной емкости батареи. Для каждого типа батарей устанавливается определенное число допустимых циклов, позволяющих набрать требуемую емкость. Если этого не достигается, то при формировании пластин в производстве применяют несколько (1—2) тренировочных разряд—зарядов в условиях формирования в установочных режимах, при которых активная масса положительных пластин разрабатывается и емкость их повышается.

#### § 69. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ

На процесс формирования пластин существенное влияние оказывают концентрация и температура электролита и плотность тока. На кривых рис. 123 показаны изменения концентрации и температуры электролита и общего напряжения на формировочном баке при нормально протекающем процессе формирования пластин.

Для формирования, как указывалось, применяется электролит с начальной плотностью 1,07—1,15 г/см<sup>3</sup>. Электролит большей плотности используют для пластин, имеющих большую толщину, т. е. содержащих большое количество активной массы (пасты). Начальную плотность электролита, его количество и число пластин в баке для данного типа аккумулятора подбирают таким образом, чтобы плотность электролита во время формирования не снижалась ниже 1,020—1,025 г/см<sup>3</sup>.

Применение для намазных пластин формировочного электролита серной кислоты с плотностью более 1,15 г/см<sup>3</sup> нежелательно, поскольку увеличивается газовыделение и заметно затрудняется перевод поверхностного слоя сульфата в двуокись свинца на положительном электроде и в губчатый свинец — на отрицательном.

Сильно разбавленные растворы кислоты использовать также недопустимо, так как заметно увеличивается сопротивление в порах активных масс и затрудняется формирование вследствие этого глубинных слоев паст.

Увеличение сопротивления электролита повышает напряжение на ванне, нагрев электролита усиливается и температура его повышается. Объем формировочного электролита в ванне должен быть не менее 2—3 л на 1 кг пасты в пластинах.

Важное значение для качества формирования пластин имеет температура электролита. При низких температурах наблюдается отставание активной массы отрицательных электродов от решеток; иногда на этих пластинах, формируемых в холодных электролитах, появляются вздутия (пузыри). У положительных пластин активная масса также получается непрочной, наблюдается шелушение пластины. Использование тока снижается, усиливается газовыделение, продолжительность формирования увеличивается. Минимально допустимой температурой формировочного электролита является 10° С.

Максимальная температура электролита во время формирования его не должна превышать 60° С, начальная температура электролита — 30° С. Более высокая начальная температура электролита затрудняет перевод поверхностного слоя сульфата свинца в двуокись свинца и губчатый свинец.

Процесс формирования всегда сопровождается повышенным температурой электролита. В летнее время температура электролита часто может быть выше допустимой. Для снижения ее поступают следующим образом: охлаждают электролит льдом или змеевиками, через которые циркулирует холодная вода; уменьшают количество пластин, загружаемых в ванну; периодически отключают ток.

Продолжительность процесса формирования определяется плотностью тока: чем меньше плотность тока, тем больше продолжительность формирования (рис. 124). Применение низких плотностей

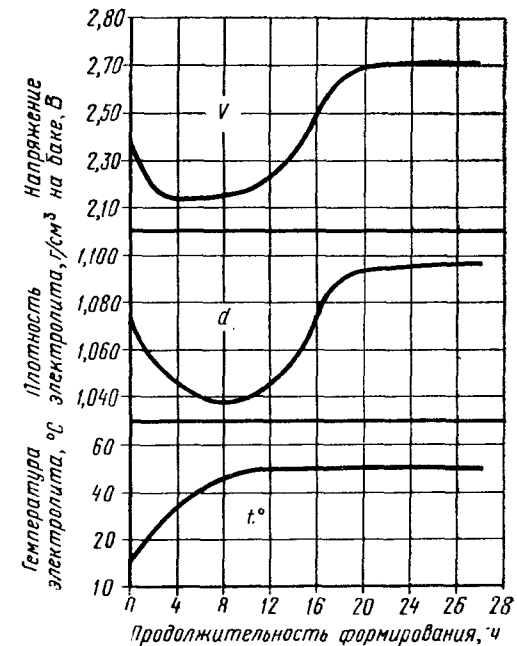


Рис. 123. Изменение концентрации и температуры электролита и общего напряжения на баке при формировании пластин

тока (0,1—0,2 А/дм<sup>2</sup>) обеспечивает высокий коэффициент использования электроэнергии, но сильно удлиняет процесс формирования.

При формировании стартерных пластин плотность тока должна быть 0,75—2,5 А/дм<sup>2</sup> на видимую поверхность пластин. В последнее время найдена возможность формирования пластин форсированными режимами при плотности тока 2,5—6 А/дм<sup>2</sup>. Продолжительность формирования при этом сокращается с 10—30 до 4—10 ч.

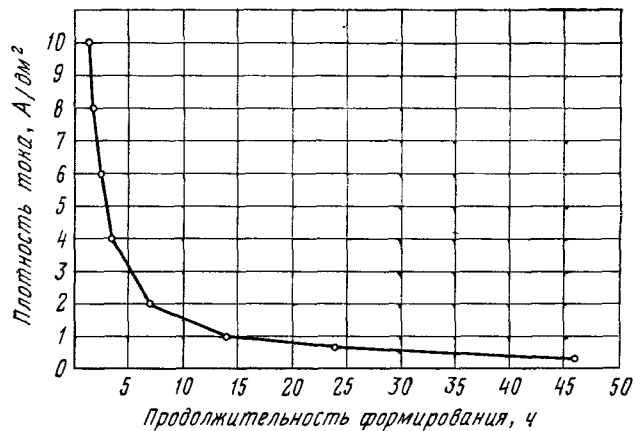


Рис. 124. Длительность формирования пластин 2 СТ в зависимости от плотности тока

Установлено, что ступенчатый режим формирования, при котором плотность тока в процессе формирования понижается, дает лучшие результаты, чем формирование при постоянной плотности тока. Ступенчатое формирование позволяет лучше использовать электрический ток, уменьшает газовыделение на пластинах, ускоряет формирование. Применяют режим двух-, трех- и четырехступенчатого изменения тока. Ток второй ступени обычно равен половине тока первой ступени. Ток третьей ступени равен половине тока второй ступени и т. д. Могут применяться и другие соотношения токов различных ступеней формирования. В ряде случаев формирование производится с перерывами тока, т. е. после определенного времени пропуска тока последний отключают на некоторое время, затем вновь включают.

#### § 70. РЕЖИМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАСТИН АВТОМОБИЛЬНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Наиболее употребительные режимы формирования пластин автомобильных аккумуляторов приведены в табл. 40. Первые два режима применяют для пластин из свинцового порошка, третий — из

Таблица 40

Вариант	Характеристика пластин	Количество пластин в баке	1-я ступень, заряд				2-я ступень, заряд				Общая продолжительность формирования, ч		
			плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	сила тока на (+) полюсе, А	сила тока на (-) полюсе, А	продолжительность, ч	плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	сила тока на (+) полюсе, А	сила тока на (-) полюсе, А	продолжительность, ч			
1	Формировочный конвейер и стационарные группы	Высота — 119 мм Толщина (+) пластин — 2,7 мм Толщина (-) пластин — 2,3 мм Активные массы из свинцового порошка	94(+)-46(-)	2	14,3	660	3	1	1	7,2	330	6	10
2	Стационарные группы и формировочный конвейер	Высота — 133,5 мм Толщина (+) пластин — 2,25 мм Толщина (-) пластин — 2,00 мм Активные массы из свинцового порошка	94(+)-46(-)	0,93	7,2	330	12	1	1	5,45	250	5	18
3	Формировочный конвейер	Высота — 133,5 мм Толщина (+) пластин — 2,25 мм Толщина (-) пластин — 2,00 мм Активные массы (+) пластин из сурьки и глета (-) — 48	96(+)-48(-)	0,71	5,5	265	8	—	—	4,16	200	5	13

Режимы формирования пластин для автомобильных батарей

тлета и сурика. Первый и третий режимы рекомендуют использовать при конвейерном способе формирования.

Более интенсивные режимы формирования с повышенной плотностью тока увеличивают температуру электролита в баке, что требует охлаждения электролита или применения баков из термостойкого материала. Обычно используемые баки из твердого эбонита заметно деформируются при температуре электролита выше 60°С. Однако с повышением температуры процесс формирования ускоряется без ухудшения качества пластин.

Напряжение на баках в начале формирования равно примерно 2,1—2,3 В, затем, несколько снижаясь, оно постепенно повышается до 2,6—2,8 В. При достижении этого напряжения температура электролита повышается до 55°С и усиливается газовыделение.

Окончание формирования пластин определяется по ряду признаков:

в конце заряда происходит обильное газообразование на пластине обоих знаков; весь ток при этом расходуется на разложение воды на водород и кислород;

напряжение к концу заряда достигает своего максимального значения и становится постоянным. Величина напряжения может быть от 2,6 до 2,8 В в зависимости от конечной плотности тока, концентрации и температуры электролита. Постоянство напряжения на баках должно быть не менее 2 ч;

цвет положительной активной массы становится коричневым, присущим цвету двуокиси свинца; отрицательные электроды приобретают стальной серый цвет.

При наличии этих признаков ток выключается и формовочный заряд прекращается.

Несформированные пластины имеют на своей поверхности несмываемые белые пятна сульфата свинца. Такие пластины продолжают формироваться до полного исчезновения белых пятен.

Формирование целой группы может прерываться из-за пережога формовочных прутков, что обычно замечается по отсутствию тока на контрольных приборах и прекращению газовыделения на всех баках. Разрыв тока должен быть немедленно устранен наложением нового прутка (причем это можно делать под током); место контакта подплавляется и приваривается самим током, проходящим по группе через это место контакта.

Формирование может прекращаться или замедляться в отдельных баках вследствие коротких замыканий между положительными и отрицательными пластинами. Это замечается по отсутствию или уменьшению газовыделения в баке, запаздыванию изменения цвета пластин и по отсутствию или снижению напряжений на данном баке. Короткие замыкания возникают в результате выхода пластин из паза гребенок, коробления пластин, падения их и других токопроводящих предметов на дно бака. При обнаружении коротких замыканий в баке следует выяснить и устранить их причину.

Прекращение формирования отдельных пластин обнаруживают по отсутствию газовыделения на них и запаздыванию изменения их цвета. Причиной этого является потеря контакта между ушком пластины и токоподводом, что легко устраняется.

Пластины, применяемые для изготовления сухозаряженных батарей, собираемых с сухими сепараторами из синтетических микропористых материалов, формовочному разряду не подвергаются.

Сохранение пластинами полученного заряда возможно при соблюдении ряда мер при дальнейших технологических операциях.

При разборке групп необходимо соблюдать меры предосторожности. Не разрешается держать группу после выключения тока более 2—3 ч до ее разборки; возможные короткие замыкания неизбежно приводят к саморазряду пластин в каком-нибудь из баков. Формовочные прутки должны отрываться без возникновения коротких замыканий положительных и отрицательных пластин. Первыми желательно вынимать из баков отрицательные пластины, активная масса которых легко подвержена окислению кислородом воздуха, поэтому их дальнейшую обработку желательно производить в первую очередь. Промывке водой от электролита пластины не подвергаются.

Если формирование производится в стационарных группах или поточные агрегаты не связаны последовательно между собой, межцеховой транспорт пластин до и после формирования осуществляется подъемными электрокарами с помощью подъемных платформ. Обычно на платформы укладывают пластины одного знака стопками высотой до 700 мм.

Для облегчения подсчета в стопках пластины укладывают пачками по 20 штук ушками в разные стороны. После формирования заряженные отрицательные пластины, изготовленные без ингибитора в активной массе, во избежание окисления хранят и перевозят в баках залитыми водой. На воздухе в сыром состоянии они не должны находиться более 10 мин во избежание подсушки и окисления. За это время их необходимо направить в активную зону сушила для сушки или погрузить в воду на хранение.

Отрицательно заряженные пластины с ингибитором, защищающим их активную массу от окисления, после формирования могут перевозиться на платформах в стопках. Однако в таких условиях их можно хранить не более 2—3 ч. В слабом растворе серной кислоты и в воде заряженные отрицательно пластины практически не окисляются и могут безопасно храниться несколько суток.

При выгрузке из бака пластин одного знака и их укладке на транспортное средство следует всячески избегать соприкосновения с пластинами другого знака — коротких замыканий, которые приводят к потерям емкости пластин.

Положительные пластины также не должны долго оставаться невысушенными. Не следует допускать попадания на них органических веществ, в особенности растворимых в воде.



При использовании формировочных конвейеров сушильные агрегаты для сушки формированных пластин располагают рядом с конвейером и вынутые из бака пластины сразу перекадывают в сушило.

Расход тока при формировании. На преобразование 1 кг сухой пасты в конечное состояние заряженных пластин при формировании необходимо затратить следующее количество электричества.

Начальный состав пасты	Конечный состав активной массы	Затрачиваемое количество электричества, А·ч/кг пасты
Окись свинца (PbO)	Металлический свинец (Pb) или двуокись свинца (PbO <sub>2</sub> )	259
Сернистый свинец (PbSO <sub>4</sub> )	Свинец (Pb) или двуокись свинца (PbO <sub>2</sub> )	177
Свинец (Pb)	Двуокись свинца (PbO <sub>2</sub> )	518
Двуокись свинца (PbO <sub>2</sub> )	Металлический свинец (Pb)	448

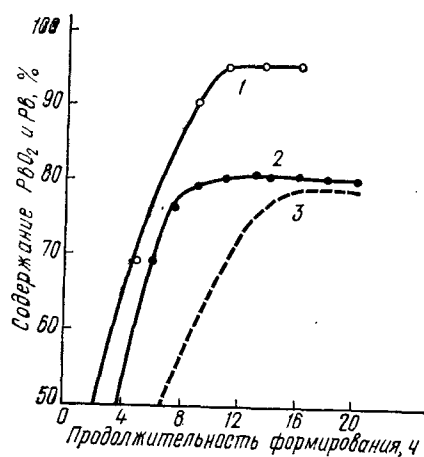


Рис. 125. Зависимость содержания PbO<sub>2</sub> в положительной и Pb в отрицательной активной массах от продолжительности формирования электродов пластин 20-часовым режимом:

1 — содержание Pb в отрицательной активной массе, 2, 3 — содержание PbO<sub>2</sub> в положительной активной массе, изготовленной на сурике с 18% PbO<sub>2</sub> и на свинцовом порошке

стоит одно из преимуществ применения сурико-глетной технологии для изготовления положительных пластин (рис. 125).

Практически в производстве при обычных режимах формирование происходит с коэффициентом использования тока в пределах 70—80%, при ускоренных режимах — 65—70%.

Положительные пластины, изготовленные из смеси сурика и глета, уже имеющие около 28% двуокиси свинца в составе сурика или 9—15% в сухой пасте, по сравнению с положительными пластинами из свинцового порошка требуют для своего формирования на 15—30% электричества меньше. Продолжительность их формирования сокращается. В этом случае продолжительность формирования положительных и отрицательных пластин почти одинакова. Положительные пластины, изготовленные из свинцового порошка, сформировываются значительно позже отрицательных. В этом со-

## § 71. ОБРАЗОВАНИЕ КИСЛОТНОГО ТУМАНА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ

Вредным для здоровья рабочих, разрушительным для здания, оборудования и приборов в формировочном цехе является так называемый кислотный туман — мельчайшие капельки серной кислоты, выделяющиеся в воздух из формировочных баков в процессе заряда пластин. Кислотный туман возникает в результате электролитического разложения воды и выделения газов водорода и кислорода на электродах, в особенности к концу заряда, когда почти весь электрический ток идет на эту реакцию. Обильно выделяющиеся газы на электроде по выходе из электролита механически захватывают и уносят в воздух помещения мельчайшие капельки этого электролита.

Общая приточно-вытяжная вентиляция необходимого эффекта не дает. Местная вентиляция снижает образование тумана, но значительно затрудняет производительную работу установок, загромождая цех.

Значительный эффект снижения образования кислотного тумана достигается применением пенообразователей. Некоторые вещества обладают свойством образовывать устойчивую пену. Газ, выделяющийся из баков с помощью этих веществ на поверхности электролита, образует высокую шапку мелкокапельистой пены. Захваченные из электролита капельки кислоты по мере прохождения газа через пену осаждаются и возвращаются в электролит. Без пенообразователя к концу формирования пластин 2СТ при обычных режимах (плотность тока 0,8 А/дм<sup>2</sup>) из одного бака выделяется значительное количество кислоты. Устойчивая пена над электролитом улавливает до 96—99% этой кислоты. Применение суриковых паст, как указывалось ранее, уменьшает газообразование.

В пене содержится смесь газов водорода и кислорода, так называемый гремучий газ, способный при зажигании давать взрывную вспышку. Поэтому при работе и нахождении вблизи формировочных групп, где в баках имеется пена, необходимо соблюдать все меры предосторожности от возникновения искры и появления открытого огня. Вблизи этих мест воспрещается курить.

Широкое применение нашел пенообразователь П, являющийся составной частью травильной присадки ЧМ (ГОСТ 9638—61), используемой при травлении металлов.

Не следует путать эту часть присадки П с другой частью присадки Р (регулятором травления), являющейся сильным ядом для аккумуляторных пластин. Регулятор травления затягивает формирование и способствует пассивации активной массы, емкость аккумулятора при этом уменьшается.

В настоящее время в качестве пенообразователя применяют также жидкий концентрат сульфитно-спиртовой барды КБЖ, входящий в состав присадки П. Препарат, обладая свойством расширителя, несколько улучшает электрические характеристики батарей.

Перечисленные пенообразователи представляют собой жидкости. Перед употреблением их разбавляют водой. К 1 части П по

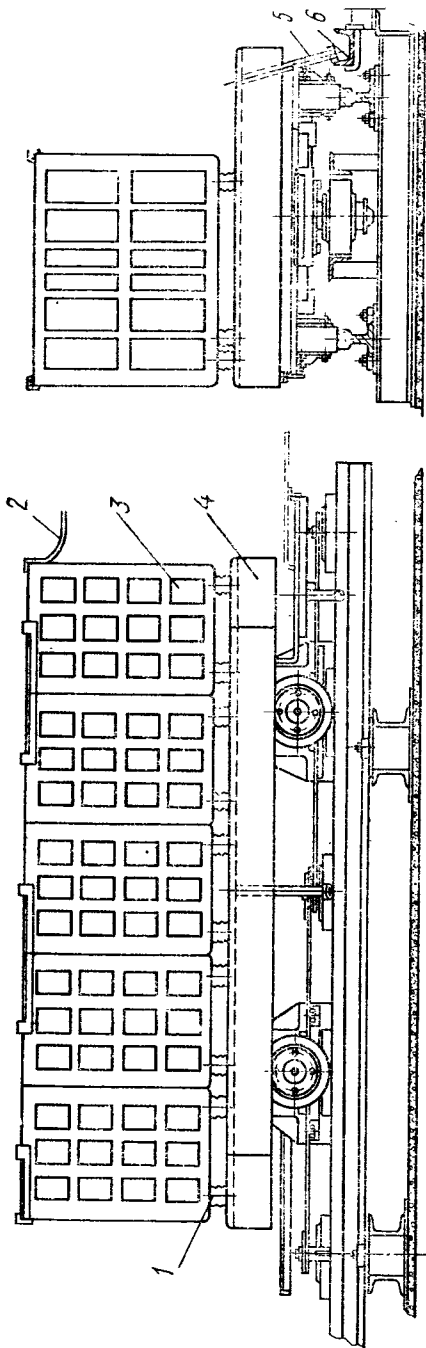


Рис. 126. Установка формиловочных баков на тележке конвейера: 1 — фарфоровые изоляторы, 2 — гибкий провод для передачи электрического тока для сбора кислоты с тележек

тока на тележки, 3 — эбонитовый бак, 4 — тележка, 5 — труба

объему добавляют 4 части воды; КБЖ разбавляют водой до плотности 1,10—1,15 г/см<sup>3</sup>.

Раствор пенообразователя заливают в каждый бак небольшими порциями объемом 5—10 мл специальными черпачками-мерниками. Заливку производят в начале газообразования. Под действием тока и двуокиси свинца положительных пластин пенообразователь — органическое вещество — подвергается окислению и «сгорает» до углекислого газа и воды и пена постепенно спадает. В этот момент в электролит необходимо вносить новую порцию пенообразователя. Заливку пенообразователя производят 1—2 раза за 6-часовую рабочую смену.

#### § 72. ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАСТИН НА ОВАЛЬНЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНО-ЗАМКНУТЫХ КОНВЕЙЕРАХ

Формиловочные двухрельсовые горизонтально-замкнутые тележечные конвейеры имеют длину по периметру около 175 м и состоят из 85 тележек. На платформе каждой тележки установлено пять эбонитовых формиловочных баков. Баки на конвейере соединены в 5—6 формиловочных групп.

Ходовая часть конвейера состоит из специальной гусеничной цепи, к которой прикрепляют тележки. Привод цепи, т. е. движущие конвейера, осуществляется через два последовательных редуктора и вариатора числа оборотов электродвигателем небольшой мощности (1,7 кВт). Скорость движения конвейера — 0,33—0,66 м/мин.

Платформы тележки (рис. 126) покрыты листовым свинцом. По краям платформы имеется бортик, препятствующий растека-

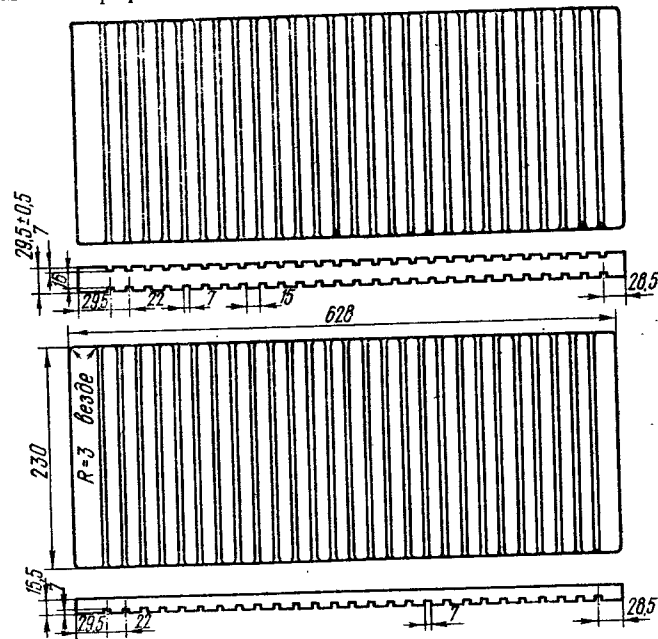


Рис. 127. Эбонитовые гребенки для формиловочных баков

нию по цеху электролита в случае выплескивания последнего из бака 3. Эта кислота стекает по сливной трубе 5, смонтированной сбоку тележки 4, в сборный желоб 6, размещенный рядом с конвейером. По этому желобу электролит направляется в сборный бак электролитного отделения.

Формиловочные эбонитовые баки 3 устанавливают на фарфоровых изоляторах для уменьшения утечек тока через листовой свинец, покрывающий платформу тележек.

В баке пластины ставят в два ряда ушками в вертикальном направлении. Пластины вставляют в пазы эбонитовых гребенок (рис. 127). Боковые гребенки имеют ребра с одной стороны, средние гребенки — с двух сторон. В собранном с пластинами виде формиловочный бак показан на рис. 128. Нередко тонкие пластины (примерно толщиной до 2,1 мм) собираются и формируются вдвоем. В этом случае в каждый паз гребенки вставляют две пластины; только крайними в ряду по одной отрицательной пластине.

Положительные пластины в обоих рядах ставят ушками к средней гребенке. Верхние ушки этих пластин, расположенные по оси бака, припаивают к токоподводящей шине — формировочному прутку. Пайку производят водородным пламенем с помощью паяльного прутка. Применяют также электросварку. Нижние ушки положительных пластин упираются в изолирующую подставку из дерева, эбонита и пр.

Отрицательные пластины устанавливают ушками к боковым гребенкам. Контакт этих пластин с токоподводящей шинкой осуществляется без пайки, что значительно облегчает и удешевляет сборку пластин в баке. Контакт служит шина, расположенная на подставке, в которую упираются отрицательные пластины своими нижними ушками. Для улучшения контакта торцовая часть ушка может зачищаться карчетками от налипшей при намазке пасты и от окислов свинца.

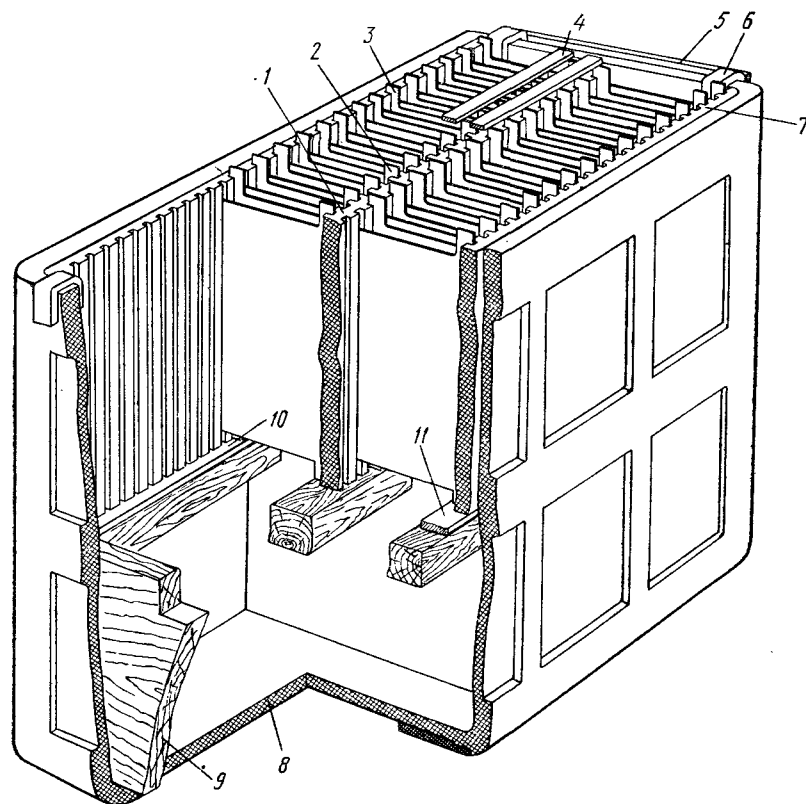


Рис. 128. Разрез формировочного бака с пластинами:

1 — средняя гребенка, 2 — положительные пластины, 3 — отрицательные пластины, 4 — формировочные токоподводящие прутки, 5, 6 — токопроводы от контактных шинок отрицательных пластин, 7 — боковая гребенка, 8 — формировочный бак, 9 — деревянная подставка под гребенки, 10, 11 — контактные шпикки для отрицательных пластин

Беспайковый контакт положительных пластин с токоотводом затруднен вследствие окисления свинца и возникновения большого сопротивления в месте контакта и не применяется. Токоотводы отрицательных пластин выводят на край бака и подводят к середине следующего бака, где присоединяют к шинам положительных пластин соседнего бака последовательно по схеме, показанной на рис. 129.

Между тележками токоподвод производят медным гибким кабелем, изолированным кислотостойкой изоляцией.

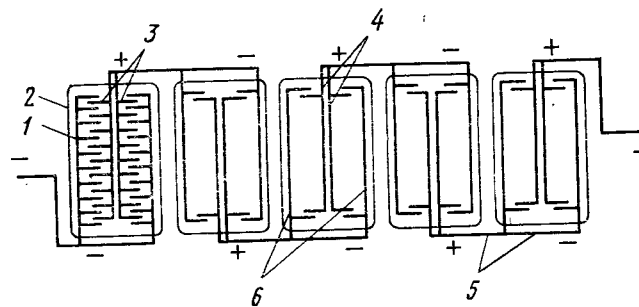


Рис. 129. Схема включения формировочных баков в сеть питания током:

1 — отрицательные пластины, 2 — бак, 3 — положительные пластины, 4 — формировочные прутки, 5 — шины, 6 — токоподводы к отрицательным пластинам

Питание формировочных групп постоянным током осуществляют с помощью кольцевых шин токоподводов, расположенных концентрически конвейеру во внутреннем его кольце.

Крайние тележки формировочных групп имеют скользящие токошьемники (троллей). Минусовая шина — общая для всех формировочных групп конвейера, положительные шины — отдельные для каждой группы. На рис. 130 показана принципиальная схема питания конвейера постоянным током для шести формировочных групп.

В токораспределительном отделении от общих шин, подводящих постоянный ток к конвейеру из преобразовательной подстанции, отрицательный полюс подключается непосредственно к минусовой шине. Положительный полюс общих шин имеет ответвления к положительной шине каждой формировочной группы. В каждой группе последовательно включены предохранитель *П*, рубильник *Р*, регулировочный реостат *Р* и контрольный амперметр *А* для регулирования и контроля силы тока, проходящего через группу.

В первой части конвейера предусмотрена обесточенная часть шин. Здесь происходят рабочие операции разборки и сборки групп. Эти операции заключаются в отсосе электролита из баков, отрыве формировочных прутков от ушков положительных пластин, выемке из бака сформированных отрицательных и положительных пластин, укладке сухих неформированных пластин в баки, пайке к ушкам

положительных формировочных прутков и перемычек между баками и заливке собранного бака скорректированным и охлажденным электролитом. Все эти операции производят последовательно по ходу конвейера в строго определенных местах для каждой операции, откуда отводится и куда поступает электролит, удаляются и поступают пластины.

Электролит поступает на формировочный конвейер по кислотной системе электролитного отделения. Это отделение расположено рядом или в нижнем помещении под формировочным цехом. Схема этой системы приведена на рис. 131.

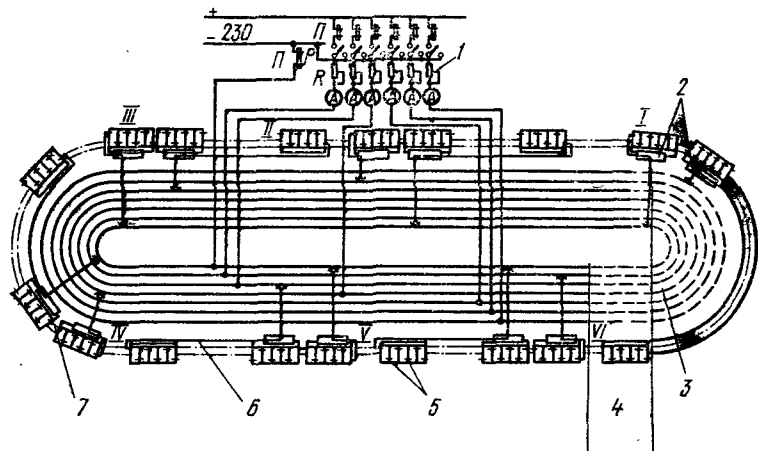


Рис. 130. Принципиальная схема питания электрическим током формировочных групп конвейера:

1 — регулировочные реостаты, 2 — токосъемники, 3 — обесточенная часть троллейных шин, 4 — рабочие места, 5 — перемычка между баками, 6 — кабель соединения конца группы с токосъемником, 7 — перемычка между платформами; I—VI — формировочные группы

После окончания формирования и подхода группы к месту разборки баков 8 ток отключается. Рабочий спускает резиновый шланг 6 в бак, и электролит по кислотопроводу 7 отсасывается с помощью водокольцевого насоса или вакуумным насосом 12 и через сливной сосуд сливается в отстойник 16 емкостью 9 м<sup>3</sup>. Из отстойника осветленный раствор самотеком поступает в бак 14 для корректировки концентрации электролита. В случае недостаточной плотности электролита или для приготовления нового электролита применяют кислоту плотностью 1,83 г/см<sup>3</sup>, которая из бака 1 поступает в другой бак 2 на предварительное разбавление водой до плотности 1,4 г/см<sup>3</sup>. Разбавленная кислота расходуется для корректировки формировочного электролита. Для ускорения перемешивания на дне бака проложен змеевик с отверстиями для барботажного раствора сжатым воздухом. Воздух, выходя из отверстия змеевика, барботирует смесь и ускоряет ее перемешивание. Если плотность электролита необходимо уменьшить, в корректировочный бак заливают воду.

При смешивании кислоты с водой или слабого электролита с крепким, как уже ранее упоминалось, происходит сильный нагрев электролита. Заливка неформированных пластин электролитом допускается при температуре последнего не выше 30° С, а она обычно бывает выше. Поэтому горячий откорректированный электролит поступает самотеком в следующий бак 14 для охлаждения. Охлаждение электролита производится свинцовым змеевиком, через ко-

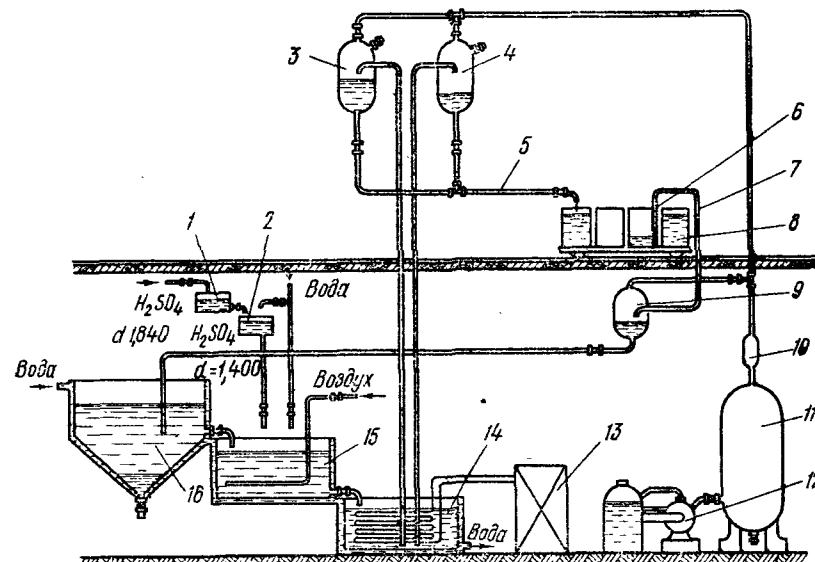


Рис. 131. Принципиальная схема питания электролитом формировочных баков на конвейере:

1 — бак для концентрированной исходной кислоты, 2 — бак для разбавления концентрированной кислоты до кислоты плотностью 1,400 г/см<sup>3</sup>, 3, 4 — напорные баки для откорректированной и охлажденной кислоты, 5 — кислотопровод для заливки формировочного бака кислотой, 6 — резиновый шланг, 7 — кислотопровод для слива кислоты, 8 — формировочный бак, 9 — сливной сосуд, 10 — кислотная ловушка, 11 — ресивер, 12 — вакуумный насос, 13 — холодильная установка, 14 — бак для охлаждения откорректированного электролита, 15 — бак для корректировки концентрации электролита, 16 — сборный бак для отработанного формировочного электролита (отстойник)

торый пропускается холодная вода, которая, в свою очередь, охлаждается холодильной аммиачной установкой 13. Более высокая температура электролита при заливке собранных намазанных пластин приводит к увеличению времени формирования.

После заливки перед включением тока пластины припитывают в электролите в течение 1—2 ч. Содержание примесей в формировочном электролите, выраженное в мг/л, не должно превышать: железа — 100, хлора — 10, марганца — 6, уксусной кислоты и других органических веществ — 100.

Отбор проб формировочного электролита для анализа необходимо производить перед загрузкой пластин в электролит или перед заливкой электролитом собранных баков. Анализ растворов элект-

ролита на содержание примесей должен производиться не реже 1 раза в две недели, а также в тех случаях, когда предполагается в электролите содержание примесей выше нормы.

Откорректированный и охлажденный электролит поступает в сборный бак и оттуда центробежным или вакуумным насосом направляется в напорные баки 3, 4 для заливки электролитом формиловочных групп с намазанными пластинами.

Заливка бака электролитом автоматизирована. При подходе очередного бака под заливочное устройство специальный рычаг, прикрепленный к тележке, подключает магнитный клапан этого устройства, который пропускает электролит.

После достижения электролитом необходимого уровня в баке над пластинами срабатывает электронный сигнализатор уровня (ЭСУ-1), гибкий сигнализирующий контакт которого устанавливается на необходимой высоте, и подача кислоты в бак прекращается.

Параллельно формиловочному конвейеру располагаются туннельные конвейерные сушила для отформированных пластин. Загрузочное отверстие в сушиле расположено рядом с местом разборки формиловочных баков. Формирование пластины сразу из формиловочного бака непосредственно переносится на загрузочное приспособление сушила.

### § 73. ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАСТИН В СТАЦИОНАРНЫХ ГРУППАХ

В стационарных формиловочных группах баки устанавливают в два ряда для удобства подвода электрического тока к группе. От положительного полюса на щитке ток подводится к началу одного ряда, последовательно обходит все баки этого ряда, переходит к концу во второй ряд, возвращается к началу и подключается к отрицательному полюсу на том же щитке.

Между двухрядовыми группами оставляют проходы для транспортировки пластин. Баки устанавливают в рядах на фарфоровых изоляторах. Пряжки необходимы для стока воды и проливого электролита.

К каждому двум рядам стоящим группам подводят трубопроводы для электролита и для воды, сжатого воздуха и водорода для пайки пластин. От этих мест подводок газы и жидкости направляются к формиловочным бакам по гибким резиновым шлангам.

Устройство формиловочных баков, укладка в них пластин и схема электрического питания аналогичны описанным ранее для формиловочного конвейера. Снабжение стационарных формиловочных групп электролитом и его корректировку производят двумя способами.

Первоначально централизованно приготовленный электролит нужной концентрации в электролитном отделении в баках большой емкости самотеком или центробежным насосом подается по трубопроводам в формиловочное отделение. Этим электролитом запол-

няют баки с собранными пластинами. После формирования, как и на формиловочном конвейере, электролит отсасывается в электролитное отделение, там корректируется и затем вновь возвращается в формиловочный цех для заливки баков.

Второй способ применяют тогда, когда нет специальной аппаратуры для корректировки и охлаждения электролита. После выключения группы из формиловки и разборки пластин электролит корректируется и охлаждается непосредственно в самих формиловочных баках.

Обычно после очередного формирования концентрация электролита повышается, поэтому его разбавляют водой. Перемешивание производят барботажем воздуха с помощью шланга, опущенного в бак. Нагретый при формировании и разбавлении электролит нередко охлаждают льдом, куски которого опускают непосредственно в электролит.

После корректировки и охлаждения электролита осуществляют загрузку пластин в баки и пайку формиловочных прутков и перемычек. Пайка пластин в баке, заполненном электролитом, усложняет работу паяльщика, и качество припайки ухудшается. Ухудшаются также условия сборки и разборки пластин в баках, заполненных электролитом.

Систематическое опоражнивание баков от электролита на время его корректирования и охлаждения позволяет всегда держать баки очищенными от осадка шлама и упавших пластин и прутков, наличие которых на дне бака при формировании нередко приводит к частичному или полному закорачиванию положительных и отрицательных пластин и, следовательно, к их недоформировке. Это легко обнаруживается, как указывалось, по цвету пластин: они остаются светлыми.

Щиты с электрической контролирующей и регулирующей аппаратурой, как и у формиловочного конвейера, выносятся в отдельное помещение, находящееся рядом с формиловочным цехом, но хорошо изолированное от кислотной атмосферы цеха. Обычно это помещение располагается вдоль цеха в виде галереи.

Электрическая схема распределения электроэнергии подобна показанной для групп формиловочного конвейера. Для лучшего ведения формиловочного процесса, кроме амперметра, устанавливают также счетчики ампер-часов, которые помогают точнее учитывать расходующую на формиловочную группу электроэнергию.

### § 74. КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ

При формировании контролируется электрический ток, проходящий по группе, концентрация и температура электролита при его приготовлении, заливке и в течение формиловочного процесса. Контролируется качество сформированных пластин.

Ток, как указывалось, контролируют амперметром, а количество электричества — счетчиком ампер-часов, включенных в электрическую цепь каждой группы.

Концентрацию электролита определяют обычно ареометрами по плотности электролита, температуру — техническими термометрами с точностью  $\pm 1^\circ \text{C}$ .

Качество отформированных пластин определяют обычно по внешнему виду и цвету пластин. Белые пятна, присущие сульфату свинца, указывают на недоформировку пластин. Допускается небольшая недоформировка — наличие белых пятен, занимающих не более 1% поверхности пластин.

Пригодными являются пластины, покрытые поверхностным, легко смываемым белым налетом сульфата свинца. Такой налет на качестве пластин не отражается, но требует дополнительного формирования.

Снижает качество пластин появление трещин в ячейках пластин, выкрашивание активной массы (шелушение, отслаивание) и вспучивание активной массы отрицательных пластин (пузырение).

Наличие трещин в пластинах не влияет на электрические характеристики аккумуляторов, но приводит к ослаблению удержания активной массы в решетке. Это сказывается на увеличении брака пластин по выпадению активной массы из ячеек пластин во время их транспортировки и разрубке и при сборке батарей.

Выкрашивание активной массы как из положительных, так и отрицательных пластин допускается только из одной-двух ячеек. Этот брак, появляющийся в процессе формирования иногда в большом количестве, связан с нарушениями режимов намазки и сушки пластин перед формировкой. Нарушения приводят к ослаблению прочности высушенной пасты в пластине и вызывают выкрашивание активной массы из решеток во время формирования. Выкрашивание усиливается при увеличении концентрации и температуры формирующего электролита.

Причины появления пузырения на поверхности отрицательных пластин еще недостаточно хорошо изучены. Но они также связаны с отклонениями от установленного технологического процесса и прежде всего с уменьшением прочности сухой пасты.

Практика производства показывает, что обычно недоформируются положительные пластины, количество которых находится в пределах 0,5—1,5%. Недоформированные пластины собирают в отдельный бак и там доформируют.

#### Контрольные вопросы

1. С какой целью производят формирование пластин?
2. Какие электрохимические процессы происходят на электродах при формировании пластин?
3. Какие применяют основные режимы формирования? Объясните, почему важно соблюдать постоянство заданных параметров процесса формирования.
4. Каковы основные признаки окончания процесса формирования?
5. Какие способы формирования аккумуляторных пластин применяют в промышленности?

#### § 75. РАЗЛИЧНЫЕ МЕТОДЫ СУШКИ ФОРМИРОВАННЫХ ПЛАСТИН

Аккумуляторные батареи стартерного типа выпускают без электролита с сухими заряженными электродами в так называемом сухозаряженном исполнении. Согласно ГОСТ 959—71 эти батареи приводятся в действие без подзаряда сразу после 20-минутной пропитки в электролите. В сухозаряженном исполнении электроды должны обеспечивать сохранность полного заряда батарей в течение 1 года.

Ранее выпускаемые батареи требовали пятичасового подзаряда, что усложняло и удорожало приведение их в действие.

Как уже указывалось, формирование пластин заканчивается полным их зарядом. Соблюдая осторожность в обращении с заряженными пластинами, формируемые баки разбирают и пластины отправляют на сушку.

Ранее формируемые пластины перед сушкой отмывались водой от серной кислоты формирующего электролита; на это затрачивались время, большое количество воды и применялись громоздкие промывочные ванны.

Поскольку в настоящее время при формировании используют электролит, состоящий только из раствора серной кислоты, то оказывается возможно его часть, находящуюся в порах активной массы, нейтрализовать в процессе сушки пластин.

Сушку положительных пластин производят воздухом, в отрицательных — различными способами, предохраняющими губчатый свинец от окисления. Например, в вакуумных сушилках, в атмосфере перегретого пара и других инертных газах, в атмосфере воздуха с применением ингибиторов, задерживающих окисление губчатого свинца.

В отечественной промышленности применяют способы сушки воздухом с помощью ингибиторов и перегретым паром. Сушку выполняют при строго определенных режимах, обеспечивающих требуемое качество пластин и высокую производительность оборудования. При вводе в эксплуатацию батарей, не требующих подзаряда, необходимо строго соблюдать установленные нормы сушки.

Как и при сушке свеженамазанных пластин, основными параметрами режима являются: температура, скорость и влажность воздуха, при сушке перегретым паром — скорость его и температура. Все закономерности кинетики процесса сушки сохраняются такими же.

Далее будет показано, что при температурах воздуха или пара более  $100^\circ \text{C}$  продолжительность сушки невелика. Практически сушка заканчивается за 10—40 мин, что позволяет сушку формируемых пластин осуществлять в конвейерных туннельных многозонных сушилах производительностью до 7000 пластин 2СТ в час.

Только в редких случаях, когда сухозаряженные батареи выпускают в небольших количествах или с пластинами оригинальной конструкции, применяют сушильные камеры периодического действия.

#### § 76. НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ В АКТИВНЫХ МАССАХ

Нейтрализация серной кислоты в активных массах сформированных и непромытых пластин происходит в основном за счет окиси свинца.

После формирования отрицательная активная масса окиси свинца содержит очень мало — десятые доли процента. При хранении, транспортировке и любых способах сушки кислород воздуха проникает в активную массу и губчатый свинец начинает окисляться. Появившаяся окись свинца на поверхности зерен сразу же реагирует с серной кислотой, находящейся в порах активной массы, с образованием нейтрального сульфата свинца. Серная кислота реагирует также и с металлическим свинцом по мере повышения ее концентрации, особенно при повышенных температурах.

После формирования в глубинах зерен положительной активной массы остается от 4 до 12% непроореагированной окиси свинца. Обычно, чем форсированнее режим формирования, тем больше окиси свинца сохраняется в активной массе к концу заряда. Для полной нейтрализации кислоты, находящейся в порах непромытой положительной пластины, отформированной в электролите с начальной плотностью 1,07 г/см<sup>3</sup>, достаточно, чтобы в активной массе имелось 2,5—3,0% окиси свинца. При нагревании во время сушки процесс нейтрализации кислоты происходит быстро и заканчивается обычно несколько раньше конца высушивания пластины. Сушка положительных пластин при температуре воздуха 150—160°С приводит к нейтрализации кислоты в активной массе в течение 15 мин.

Таким образом, нейтрализация кислоты в пластинах совмещается одновременно с операцией их сушки.

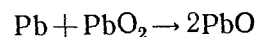
#### § 77. СУШКА ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ПЛАСТИН

На рис. 132 показаны кривые зависимости продолжительности сушки отдельных положительных отформированных заряженных пластин 2СТ от температуры и скорости воздуха при его относительной влажности около 20%. Если скорость воздуха равна 3 м/с, а температура 120°С, продолжительность сушки отдельной пластины 12 мин, а при 180°С — всего 7 мин.

Скорость сушки отформированных пластин, завешенных между соседними, замедляется (как в случае сушки свеженамазанных пластин). При шаге завески пластин на цепи конвейера, равном 12,7 мм, продолжительность сушки увеличивается примерно в 1,3 раза. Изменение влажности воздуха при его температуре более 100°С незначительно влияет на скорость сушки пластины. При дальнейшем увеличении скорости воздуха более 3 м/с и температуре выше 100°С продолжительность сушки практически мало уменьшается (всего на 1—2 мин), но снижается влияние соседних пластин, что позволяет уменьшать шаг завески пластин.

Положительные пластины, высушенные при высоких температурах, пассивируются. Для приведения их в рабочее состояние необходим непродолжительный подзаряд. Уменьшение температуры сушащего воздуха снижает степень пассивации. Сушку пластин без пассивации одностадийным режимом проводят при температуре около 80°С.

Пассивация возникает вследствие образования на границе решетка — активная масса слоя окиси свинца, непроводящего электрического тока. Попадая в электролит, эта окись свинца превращается также в непроводящий сульфат свинца. Окись свинца возникает в результате окислительно-восстановительной реакции между металлическим свинцом решетки и двуокисью свинца



Происходит эта реакция как раз в месте соприкосновения решетки с активной массой. Реакция протекает тем активнее, чем выше температура, и заметно начинается при температуре выше 80°С. Особенно сильно влияние высокой температуры воздуха на пассивацию высушенных пластин.

При сушке воздухом влажных пластин их температура, как ранее указывалось, значительно ниже 100°С и близка к температуре влажного термометра. Чем суше воздух и чем больше его скорость, тем больше снижается температура высушиваемой активной массы и тем меньше она пассивируется.

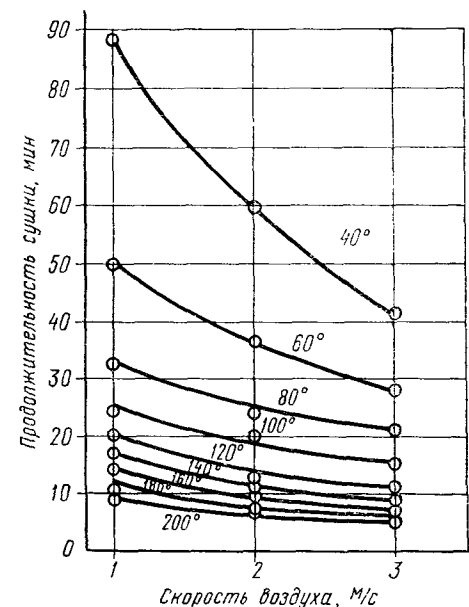


Рис. 132. Зависимость продолжительности сушки положительных отформированных пластин 2СТ от температуры и скорости воздуха



В связи с вышеизложенным при сушке положительных отформированных пластин, предназначенных для батарей, применяемых без подзаряда, на первой стадии используют высокотемпературные режимы до 180—200°С. Затем температуру воздуха снижают и к концу сушки ее поддерживают около 80—100°С.

Высокую влажность воздуха допускать не рекомендуется, поскольку в наиболее холодных местах воздухопроводов и вентилятора наступает конденсация воды, что усиливает их коррозию. В первой зоне многозональных конвейерных сушилок, куда поступают холодные пластины, содержащие кислоту, конденсация паров воды из влажного воздуха происходит особенно обильно и легко. Сконденсированная вода частично омывает пластину, стекает на под туннеля сушилка, а брызги кислой воды разносятся по воздухопроводам, попадая в калорифер и вентилятор и приводя к их усиленной коррозии. Поэтому для предупреждения конденсации воды температуру воздуха в первой зоне поддерживают максимально большой — 180—200°С, влажность минимально возможной — не более 20% при скорости 3—6 м/с.

Во второй и последующих зонах температуру воздуха поддерживают 130—150°С, а в последней зоне, в которой пластины полностью досушивают, 80—100°С. Во всех зонах скорость воздуха должна быть 3—6 м/с, влажность — не более 40%.

#### § 78. СУШКА ОТФОРМИРОВАННЫХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ПЛАСТИН ВОЗДУХОМ

После формирования необходимо тщательно сохранять заряд отрицательного электрода, заряженная активная масса которого состоит из губчатого свинца, легко окисляющегося в присутствии влаги до окиси свинца и, таким образом, теряющего заряд.

У батарей, приводимых в действие без подзаряда, окиси свинца в активной массе должно быть не больше 12% (лучше 5—9%) и падение плотности — не более 0,02 г/см<sup>3</sup>.

После формовочного заряда сырые отрицательные пластины, не содержащие ингибитора, сразу загружают в сушилку или хранят залитыми водой или раствором слабой серной кислоты в специальных небольших освинцованных баках, которые установлены на подъемных платформах. В этих баках пластины по мере надобности транспортируют к сушилкам. Сырые пластины без ингибитора могут находиться на воздухе не более 10 мин, а в воде или в растворе кислоты — несколько суток.

Пластины, имеющие в активной массе ингибитор  $\alpha$ -ОНК, после выгрузки из формовочного бака можно хранить в течение 2—3 ч в стопках, уложенных на подъемные транспортные платформы.

Сушка заряженных отформированных отрицательных пластин воздухом является в настоящее время наиболее распространенным способом в отечественной промышленности. Этот способ наиболее быстрый, легко осуществляется в конвейерных сушилах непрерывного действия и высокопроизводительный.

На рис. 133 показана зависимость сушки отдельных отрицательных пластин 2СТ воздухом с относительной влажностью около 20% от его температуры и скорости. Продолжительность сушки отрицательных пластин меньше положительных (см. рис. 132).

Чем выше скорость сушки, тем меньше успевает окисляться губчатый свинец в активной массе. Если сушка протекает при температуре выше 100°С и при больших скоростях воздуха, то с повышением его влажности окисление вначале протекает более интенсивно, а затем уменьшается, приближаясь к случаю полной замены воздуха паром (рис. 134).

При температурах сушки ниже 100°С повышение влажности воздуха и уменьшение его скорости увеличивают продолжительность сушки и губчатый свинец окисляется более интенсивно, несмотря на присутствие ингибитора.

Особенно энергичное окисление наблюдается при прекращении движения воздуха, повышении его влажности и температуре выше 200°С. В этих условиях губчатый свинец сгорает до желтой окиси свинца, последняя нагревается до красного каления, расплавляет решетку и пластины падают с цепей или каркасов на под сушилка в виде бесформенной массы.

Без ингибитора при оптимальных условиях сушки воздухом заряженных отрицательных пластин содержание окиси свинца в сухой активной массе можно получить около 17—23%.

Применение ингибиторов окисления металлического свинца при сушке воздухом в конвейерном сушилке позволяет получить отрицательные пластины для батарей в сухозаряженном исполнении. В отечественной практике применяют ингибиторы: альфаоксинафтойную кислоту ( $\alpha$ -ОНК), которую вводят в активную массу при изготовлении пластин, и борную кислоту ( $H_3BO_3$ ), в растворе которой отформированные пластины обрабатываются перед сушкой.

Альфаоксинафтойную кислоту вводят в пасту совместно с расширителем-дубителем БНФ (см. гл. IX):  $\alpha$ -ОНК в количестве 0,4—0,6%, а дубителя БНФ 0,25—0,4% к массе свинцового порошка в рецепте пасты. Большее содержание ингибитора пассивирует электрод — он перестает воспринимать заряд, меньшее — не дает достаточного ингибирования.

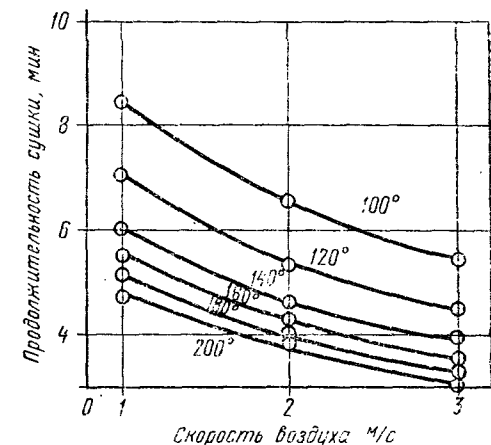


Рис. 133. Зависимость продолжительности сушки отрицательных отформированных пластин 2СТ от температуры и скорости воздуха

Пластины обрабатывают в растворе борной кислоты с концентрацией 4—6% при температуре 40—80° С не менее 3 мин. Обработку производят или выдержкой пластин в ваннах, или орошением пластин, завешенных на цепь конвейера перед поступлением их в туннель сушила, способом аналогичным обработке свеженамазанных пластин углекислым аммонием (см. гл. X). Температуру и концентрацию раствора борной кислоты корректируют по мере ее остывания и расхода.

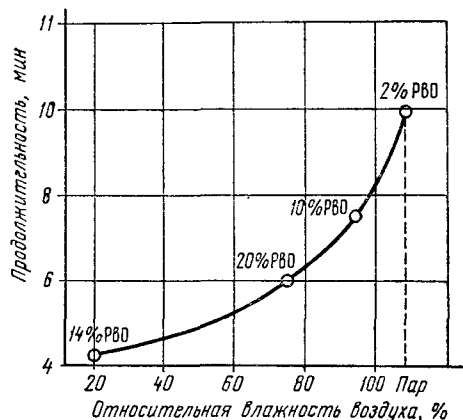


Рис. 134. Окисление губчатого свинца при сушке заряженных отрицательных пластин воздухом при температуре 180° и скорости 2 м/с в зависимости от содержания в нем паров воды

В последнее время установлено, что специальную обработку пластин в борной кислоте в отдельных баках можно не производить, формируя пластины в электролите с добавками борной кислоты, причем в электролит борная кислота попадает выщелачиванием из пасты, в которую она вносится при приготовлении в виде порошка в количестве нескольких десятых долей процента к массе свинцового порошка.

Однако применение ингибитора  $\alpha$ -ОНК с БНФ предпочтительнее в виду ряда преимуществ. Сочетание этих веществ значительно

улучшает и стабилизирует электрические характеристики отрицательного электрода, особенно при низких температурах в течение всего срока службы батарей.

Альфаоксинафтольная кислота является также ингибитором растворения губчатого свинца в серной кислоте, что снижает саморазряд батарей в 2—2,5 раза.

Ингибирующее действие  $\alpha$ -ОНК проявляется также при длительном хранении заряженных высушенных отрицательных пластин в цехе перед сборкой, а также при хранении аккумуляторных батарей в случае их дегерметизации. Большое значение при этом имеет гидрофобизирующее (лагоотталкивающее) действие  $\alpha$ -ОНК на отрицательную активную массу. Борная кислота этими свойствами не обладает.

В последнее время применяют смесь ингибиторов  $\alpha$ -ОНК и  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . В рецепт отрицательной пасты вносят 0,25%  $\alpha$ -ОНК и 0,5%  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . В этом случае формирование производят в электролите, содержащем около 16 г/л  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Такое сочетание ингибиторов позволяет осуществлять качественную сушку при низких скоростях воздуха и повышенной его влажности.

Сушка воздухом отформированных заряженных положительных и отрицательных пластин стартерного типа аккумуляторов 2СТ осуществляется в многозональных туннельных конвейерных механизированных сушилах большой производительности — до 2000—7000 пластин в час. Конструкции их в основном такие же, какие применяются для сушки свеженамазанных пластин.

Большое значение для соблюдения режимов сушки пластин имеют правильная их укладка на конвейерную цепь, а также сохранение установленного расстояния между ними во время прохождения пластин по туннелю. Сохранение принятого шага завески, например 12,7 мм, гарантирует необходимое качество высушенных пластин. Поэтому пластины завешиваются на цепь конвейера специальными автоматическими пластиноукладчиками.

Тесное завешивание пластин или их сближение при движении в туннеле снижает скорость высушивания и пластины не досыхают. Свинец активной массы недосушенных отрицательных пластин окисляется после их выгрузки из сушила на воздухе. Влажные положительные пластины, попадая в батарею, способствуют окислению губчатого свинца отрицательных пластин.

Движение воздуха со скоростями больше 4 м/с должно быть направлено в туннеле сушила строго вдоль плоскости пластин, чтобы не сбивать их с места. При расположении плоскости пластин перпендикулярно их движению в туннеле потоки воздуха должны быть направлены поперек туннеля. Если же потоки воздуха направлены вдоль туннеля, пластины целесообразно завешивать плоскостью вдоль движения пластин по туннелю. Для этого к конвейерным цепям крепят поперечные перекладки, на которых пластины завешивают за ушки. В этом случае скорость воздуха можно повысить до 10 м/с и более, пластины сблизить до шага 2,5—3,0 мм и повысить производительность сушила до 7000 пластин в час.

Высокая влажность воздуха во всех случаях не допускается, поскольку в наиболее холодных местах воздухопроводов и вентилятора наступает конденсация воды, что усиливает коррозию металлических частей последних. В первой зоне многозональных конвейерных сушилов, куда поступают холодные пластины, содержащие кислоту, конденсация паров воды из влажного воздуха облегчена. Сконденсированная вода частично омывает пластину, стекает на дно сушила, а брызги кислой воды разносятся по воздухопроводам и, попадая в калорифер и вентилятор, вызывают коррозию их деталей.

В первых зонах для предупреждения разрушения сушила от возможного действия кислоты стенки и под туннеля обкладывают рольным свинцом.

Для трехзонального конвейерного сушила могут быть рекомендованы следующие режимы сушки воздухом отформированных пластин автомобильных аккумуляторов, активная масса отрицательных пластин которых содержит ингибитор  $\alpha$ -ОНК и расширитель БНФ (табл. 41).

## Режимы сушки воздухом отформированных пластин

Параметры сушки	Положительные пластины			Отрицательные пластины		
	1-я зона	2-я зона	3-я зона	1-я зона	2-я зона	3-я зона
Температура воздуха, °C	160—180	130—150	80—100	160—180	140—160	90—110
Скорость воздуха, м/с	4—6	4—6	3—4	5—6	5—6	3—4
Влажность воздуха, %	<20	<40	<40	<12	<12	<12
Продолжительность сушки по всем зонам, мин	—	15—25	—	—	10—15	—

## § 79. СУШКА ЗАРЯЖЕННЫХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ПЛАСТИН В АТМОСФЕРЕ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА

Сушка заряженных отрицательных пластин перегретым паром еще остается в промышленности при изготовлении сухозаряженных батарей.

Как уже указывалось, перегретый водяной пар может быть использован в качестве инертного газа, обеспечивающего высыхание отрицательных пластин без окисления губчатого свинца его активной массы. Самым главным требованием такого способа сушки является недопущение попадания в сушило с перегретым паром воздуха из окружающей атмосферы. Поэтому сушила делают герметичными и в них постоянно поддерживают избыточное давление сушащего перегретого пара. Избыточное давление внутри сушила препятствует попаданию в него внешнего воздуха.

Продолжительность сушки пластин перегретым паром, как и при сушке воздухом, зависит от температуры пара и его скорости. Эта зависимость показана на рис. 135. В данном случае, так же как и при сушке воздухом, необходимо делать поправку на сушку пластин

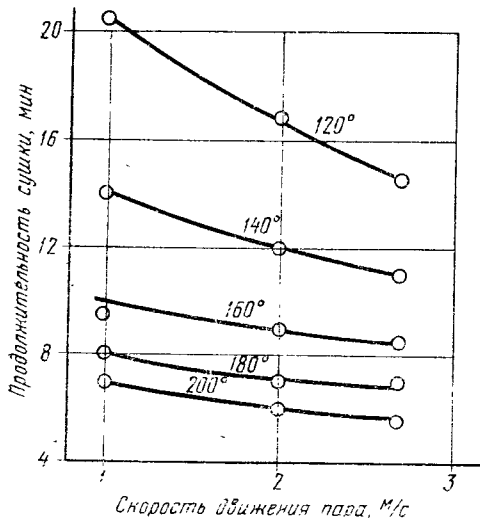


Рис. 135. Зависимость продолжительности сушки заряженных отрицательных отформированных пластин 2СТ от температуры и скорости перегретого водяного пара

на конвейере или каркасах, где каждая пластина находится между другими, что замедляет сушку (при шаге завески 12,7 мм примерно на 30%).

Скорость сушки отрицательных пластин паром почти в два раза меньше скорости сушки этих пластин воздухом. Объясняется это, в частности, тем, что при сушке воздухом активная масса отрицательных пластин частично окисляется и выделяющееся тепло в самой активной массе значительно ускоряет ее сушку.

Сушку отформированных отрицательных пластин перегретым водяным паром производят в сушилах трех видов: в камерном су-

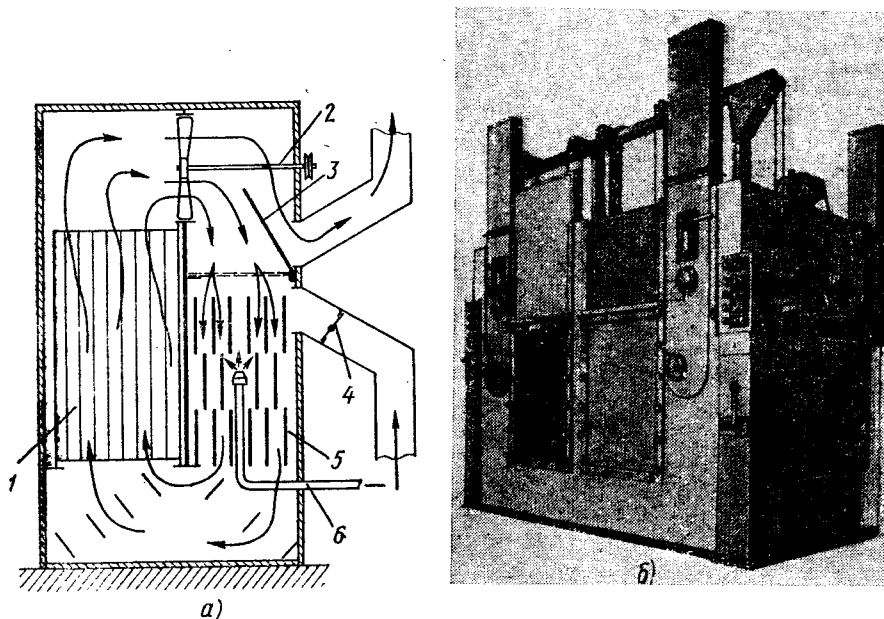


Рис. 136. Камерное сушило периодического действия для сушки заряженных отрицательных пластин перегретым паром:

а — схема действия, б — внешний вид; 1 — отделение для пластин, 2 — вентилятор, 3 — заслонка, 4 — шибер, 5 — отделение для электрокалорифера, 6 — паропровод

шиле периодического действия (рис. 136, а, б), в сушиле типа автоклава также периодического действия и в туннельном механизированном герметичном конвейерном сушиле непрерывного действия большой производительности (рис. 137).

В промышленности распространено двухкамерное сушило периодического действия КПС-8 (см. рис. 136) емкостью 1000 пластин в каждой камере. Камера разделена перегородкой. В отделении 1 помещают пластины, в отделении 5 — электрокалорифер. Через обе половины камеры рециркулирует пар со скоростью около 1 м/с с помощью вентилятора 2. В передней стенке камеры имеется одностворчатая дверь, поднимающаяся вверх с помощью тросов с противовесом.

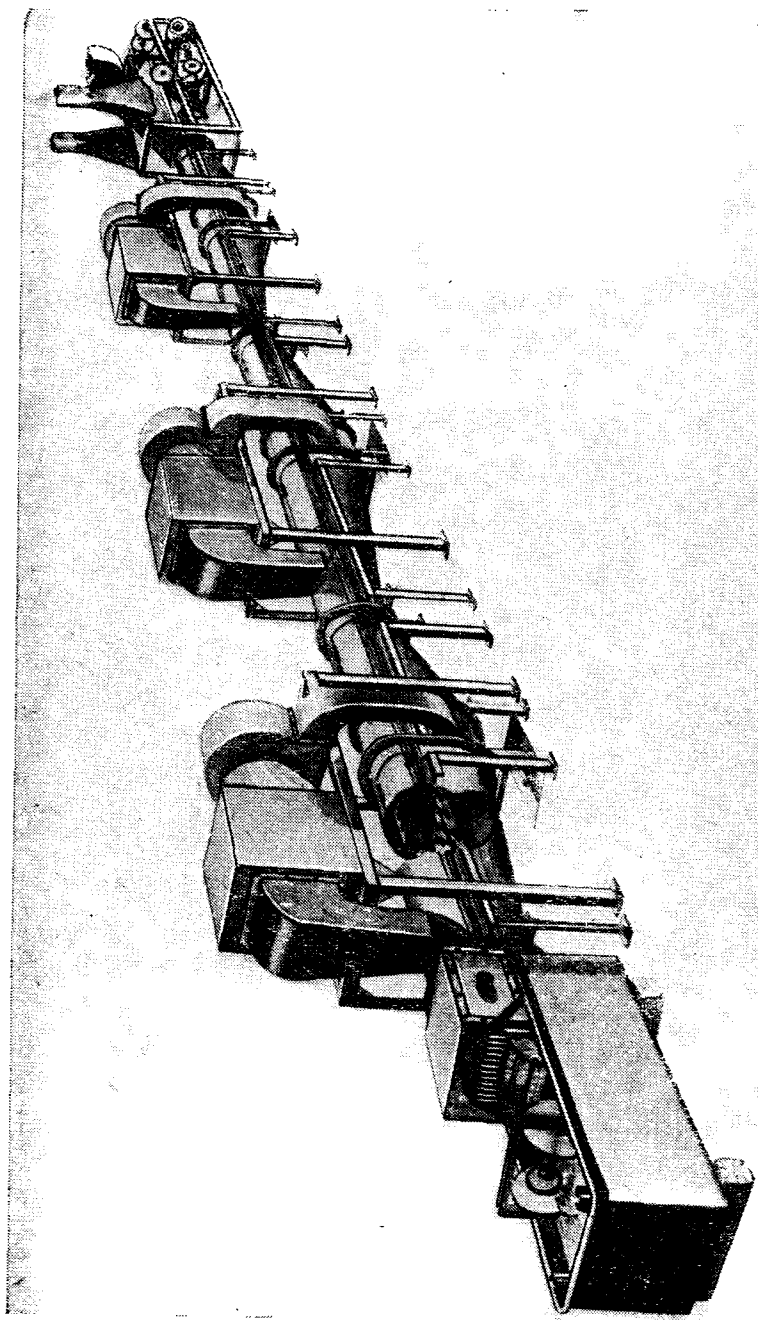


Рис. 137. Внешний вид конвейерного герметичного сушила с гидравлическим затвором непрерывного действия для сушилки заряженных отрицательных пластин перегретым паром

Пластины, завешенные на каркасах, устанавливаются на специальную тележку в четыре-пять этажей и завозят в камеры сушилки. Заслонка 3 опускается, шибер 4 закрывается. Дверь опускается и через форсунку камера заполняется перегретым паром из паропровода 6, вытесняя воздух через верхнюю трубу. После этого подключают электрический калорифер, заслонка 3 поднимается и закрывает верхнюю трубу, включается вентилятор. Мощность калорифера каждой камеры 40—50 кВт.

По мере испарения воды, находящейся в пластинах, необходимость в подаче пара извне отпадает или снижается. Давление пара внутри камеры поддерживается около 98—147 Па (10—15 мм вод. ст.).

Сушка продолжается 2—3 ч. Конец сушки отмечается по падению давления пара в камере. Перед сушкой сушилку нагревают до 125° С. После загрузки сушилки температура постепенно поднимается до 170—180° С и поддерживается в течение 1 ч. Затем калорифер отключают и сушилку охлаждают до 125° С, дверь открывается и пластины быстро выкатываются из сушилки. В этот момент возможно возгорание губчатого металлического свинца пластин с образованием глета и расплавлением решетки. С целью предупреждения этого пластины подвергают интенсивной обдувке в течение 10—15 мин вентилятором, установленным вблизи сушилки. Весь процесс длится 3—5 ч.

Сушка пластин в автоклавах принципиально мало чем отличается от сушки в камерных сушилках. Цилиндрический стальной автоклав диаметром около 1,5 м и длиной до 3,5 м с хорошо теплоизолированными стенками устанавливают горизонтально по отношению к оси. Одна торцовая стенка является дверью. Каркасы с вымытыми пластинами также ставят на тележки и завозят по подставным рельсам в автоклав. Дверь опускается и плотно задривается прижимными болтами. Включаются все нагреватели, расположенные у стенок автоклава, и пускается пар с избыточным давлением в 5,33—6,67 кПа (40—50 мм рт. ст.) для вытеснения воздуха и первоначального нагрева пластин и сушилки до 170—180° С. Такое пропускание пара продолжается 1,5—2 ч при указанной температуре. После этого подачу пара прекращают, и начинается процесс сушки пластин. Выпускной кран закрывается, но периодически открывается для выпуска пара, образовавшегося при испарении влаги из пластин.

Температура поддерживается в пределах 175—185° С регулированием включений секций нагревателя. Сушка продолжается 9—13 ч. Признаком окончания сушки пластин служит прекращение повышения давления пара в автоклаве при закрытии выпускного клапана и выхода пара при его открытии. Электронагреватели выключаются, выпускной вентиль плотно закрывается и сушилка охлаждается до 100—120° С.

После охлаждения автоклава последний открывается и тележка с пластинами быстро выкатывается, попадая под вентилятор для быстрого охлаждения пластин.

Если работа на автоклаве начинается, когда он холодный, то перед загрузкой пластин его предварительно нагревают.

Преимуществом автоклава по сравнению с камерным сушилом является надежная защита от попадания воздуха в автоклав во время сушки. Содержание окиси можно получить не более 5%. Одновременно в сушило загружается 2500—4000 пластин; мощность нагревателей 25—32 кВт. Общее время операции сушки в автоклаве длится до 17 ч.

Недостатками описанных сушил являются периодичность их работы, низкая производительность и использование ручного труда. В этом отношении большим шагом вперед является применение в промышленности механизированных туннельных конвейерных сушил непрерывного действия производительностью 3000—4000 пластин в час (см. рис. 137).

Эти сушила состоят из гидравлического затвора и собственно сушила. Гидравлический затвор наиболее удачной конструкции представляет собой продолговатую ванну, заполненную проточной водой. Начало конвейерной цепи, на которую завешиваются пластины, опущено в эту ванну. Эта часть цепи закрыта наклонной трубой. Внешний конец трубы погружен в ванну вместе с цепью, противоположный — герметично прикреплен к началу туннеля конвейерного сушила, в которое переходит труба. Отрицательные заряженные пластины, вынутые из формиловочных баков или транспортных ванн, переносят в ванну гидравлического затвора, в воде опускают на цепь конвейера. Через трубу они попадают в изолированную среду сушила.

Ванна и труба изготовлены из кислотостойкого материала или защищены кислотостойким покрытием. Поскольку пластины сушатся непромытыми, часть кислоты из пластин при прохождении через ванну вымывается и вода становится кислой, поэтому ванну делают проточной для воды.

Само туннельное сушило, как видно на рис. 137, конструктивно мало чем отличается от конвейерного туннельного сушила с круглым или овальным сечением, применяемого для сушки свеженамазанных пластин. Оно состоит из трех или четырех зон, отличается герметичным выполнением как самого туннеля, так и калориферов и вентиляторов. Все рабочие и смотровые люки и окна плотно задраиваются дверками, снабженными прокладками и прижимными винтами. Открытым остается только выходное отверстие для пластин в конце сушила.

Перед началом работы агрегата первые зоны сушила нагреваются до 170—180°С, последняя — до 110—120°С. Затем через сушило пропускают пар, которым из туннеля вытесняется воздух. Пар подводят к трубопроводу перед вентилятором или перед калорифером. После этого запускают конвейер с пластинами.

Температура пара в первых зонах поддерживается в пределах 160—180°С, в последней — 100—120°С, скорость пара 3—5 м/с. Продолжительность сушки 20—30 мин. Длина всего сушила с гид-

равлическим затвором производительностью 3000—4000 пластин в час составляет 30—35 м. Мощность калориферов каждой зоны около 70 кВт. Калорифер первой зоны выполняют более мощным с той целью, чтобы холодные пластины, попадая из воды гидравлического затвора в паровую атмосферу туннеля сушила, не успевали конденсировать на себе пар до воды, которая, набирая кислоту из пластин, стекает с них и портит оборудование сушила.

Высушенные пластины выходят из сушила вместе с паром и попадают под сильный поток холодного воздуха местной вытяжной вентиляции. Пар из сушила, таким образом, сразу отводится и не конденсируется на пластинах, которые, быстро охлаждаясь, предохраняются от окисления (сгорания).

Содержание окиси свинца в активной массе пластин при хорошей герметизации сушила находится в пределах 3—8%. Однако постепенно при эксплуатации, ремонте и износе сушила герметизация нарушается и окисленность активной массы достигает 15—18%.

После сушки пластины укладывают на подъемные платформы стопками высотой не более 700 мм. На этих платформах пластины хранят и транспортируют электрокарами в разрубочное отделение.

Сухие заряженные пластины хранят не более восьми суток в сухих помещениях. Они должны быть ограждены от попадания на них влаги. На дальнейшие операции эти пластины должны быть использованы в хронологическом порядке их поступления на хранение, иначе говоря, на разрубку и сборку батарей идут прежде всего пластины, которые были высушены раньше.

Поскольку в сухозаряженных батареях отрицательный электрод при хранении не должен подвергаться окислению, сборка этих батарей возможна только с сухими сепараторами.

## § 80. КОНТРОЛЬ СУШКИ ФОРМИРОВАННЫХ ПЛАСТИН

От строгого соблюдения технологии и режимов сушки заряженных формируемых пластин зависит качество выпускаемых сухозаряженных батарей.

Контроль работы сушила, как и при сушке свеженамазанных пластин, заключается в регулировании и соблюдении установленных параметров сушки воздухом и паром, проверке полноты высушивания пластин, определении содержания окиси свинца в отрицательной активной массе и наличии свободной кислоты в положительной пластине. Параметрами сушки являются скорость воздуха или пара, их температура и относительная влажность воздуха. Контроль этих параметров, а также степень высушивания описаны в гл. X для сушил свеженамазанных пластин.

В высушенных пластинах содержание влаги не допускается более 0,5%. Содержание окиси свинца в отрицательной активной массе заряженных пластин определяется химическим путем, а

также экспресс-методом, именуемым определением степени заряженности отрицательных пластин.

Из отобранных для испытаний отрицательных и положительных пластин, предварительно разрубленных и зачищенных, собирают неспаянный блок одного из серийных типов аккумуляторов с применяемой сепарацией. Блок пластин опускают в ячейку выбранного аккумулятора и заливают раствором серной кислоты плотностью 1,280 или 1,285 г/см<sup>3</sup> при температуре 15—20° С. После трехчасовой пропитки пластин в этом электролите падение его плотности не должно превышать 0,02 г/см<sup>3</sup>, т. е. плотность электролита не должна снижаться соответственно ниже 1,260 или 1,265 (15° С) г/см<sup>3</sup>.

Заряженные отрицательные пластины контролируют на гидрофобность — несмачиваемость активной массы водой. Этот контроль называется также проверкой качества консервации, т. е. гарантии длительного хранения батарей без потери заряженности.

Если губчатый свинец активной массы заряженных отрицательных пластин легко смачивается водой, он легко ее адсорбирует из атмосферы, а в присутствии влаги металлический свинец быстрее окисляется, и отрицательный электрод теряет свою заряженность.

На сухую зачищенную поверхность отрицательной пластины осторожно наносят одну-две капли воды. Капли не должны впитываться активной массой ранее 30 мин. Вместе с тем капля раствора электролита должна впитываться не позже 6 с. Нейтрализация остатков серной кислоты в положительной пластине происходит медленно и при высоких температурах, поэтому контроль полноты этой нейтрализации необходим. Производят качественную пробу: после сушки или перед сборкой батарей выбранные для испытания пластины (2—3 шт.) опускают в бачок с водой; после 1 ч выдержки берут пробу воды на кислотность индикатором, например метилоранжем. Переход капли метилоранжа в испытуемой воде из оранжевого в красный цвет указывает, что в пластинах имеется кислота.

**Контрольные вопросы**

1. Каковы требования к высушенным после формирования заряженным положительным и отрицательным пластинам?
2. Какой процесс, происходящий в активной массе сформированных пластин, позволяет заменить операцию их промывки от кислоты формирующего электролита?
3. Каковы основные условия сушки положительных и отрицательных пластин, обеспечивающих сохранность их емкости?
4. Какие способы сушки сформированных заряженных отрицательных пластин вам известны?
5. Какова конструкция сушила для сушки заряженных отрицательных пластин?

Формированные пластины после сушки поступают в сборочный цех. Туда же направляют остальные полуфабрикаты и детали аккумулятора: моноблок-сосуды (в комплекте с крышками, пробками и прокладками), баретки, сепарацию, предохранительные щетки, заливочную мастику и пр.

Технологический процесс сборки показан на схеме рис. 138. Сборка состоит из ряда последовательных операций: разрубки технологически сдвоенных пластин на одинарные, зачистки ушков,

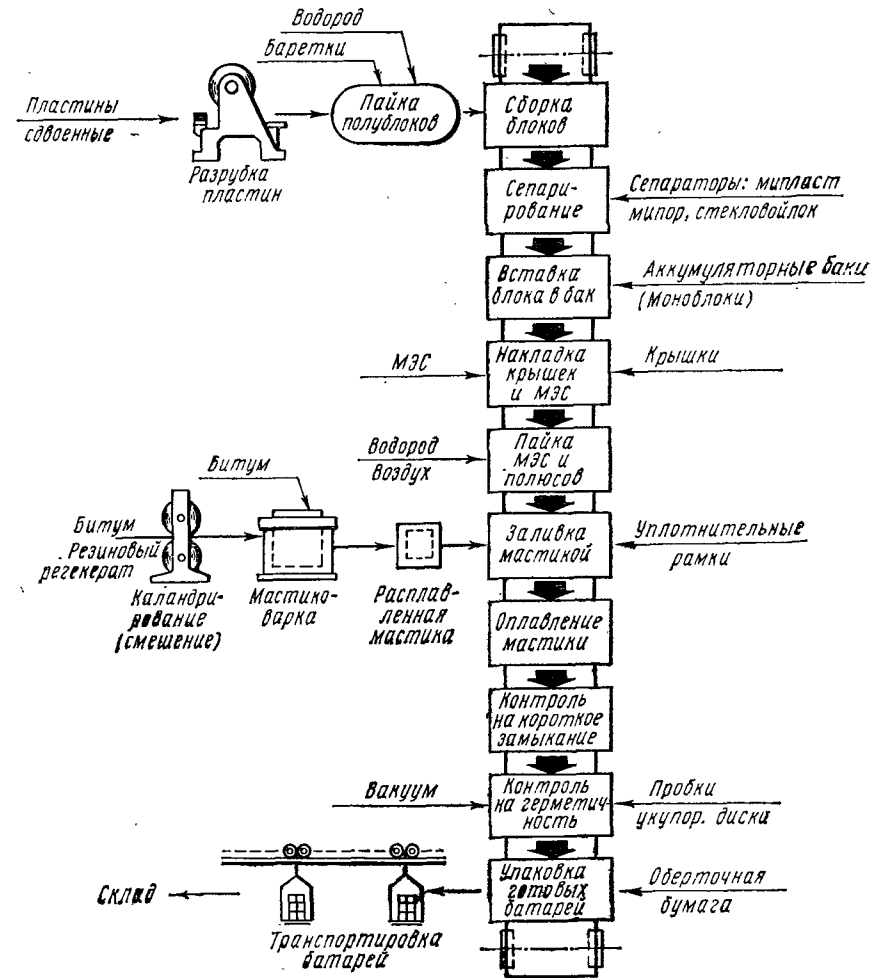


Рис. 138. Схема технологического процесса сборки аккумуляторных батарей стартерного типа



пайки полублоков с бареткой, устранения подтеков сплава, сборки полублоков в блок, вставки сепараторов в блок, вставки блока в ячейку моноблока, накладки крышек вставки уплотнителей зазора между крышками и стенками блока, припайки межэлементных соединений (МЭС), напайки выводных полюсов, заливки зазоров заливочной мастикой, оплавления поверхности мастики, контроля на герметичность, короткие замыкания и переполюсовку, вставки прокладок и ввинчивание пробок, упаковки в бумагу и транспортировки готовых батарей на склад. К местам пайки деталей и заливки крышек мастикой подведен сжатый воздух и водород.

### § 81. РАЗРУБКА СДВОЕННЫХ ПЛАСТИН

Разрубку производят на штамповочном эксцентриковом станке-полуавтомате (рис. 139). С подъемной платформы двойные пластины накладывают в питатель разрубочного станка-полуавтомата. Наиболее распространенным питателем является механизм, кратко описанный ранее как питатель намазочной машины. Пластины укладывают в стопку в специальные направляющие. Нижняя пластина при подготовительном ходе автомата толкателем подается на исходное место перед штампом станка. Вторым движением механизма (когда пуансон штампа поднимается вверх) другой толкатель подает пластину на матрицу штампа, пуансон опускается, отрубает формовочную часть ушка и из гладкой перемычки между пластинами вырубает профиль нижней кромки пластины с двумя ножками. Пуансон поднимается, движением толкателя две разрубленные половинки выталкиваются из-под штампа и с помощью валика и бесконечных ремней подаются на приемный стол, расположенный с другой стороны машины. Матрицы штампа сквозные, и вырубка падает на движущуюся ленту, которая проходит под разрубочными станками, установленными в цехе в один ряд. Производительность станка около 4500 пластин в час.

Разрубленные пластины проходят отбраковку. Годные укладывают на транспортную платформу или полки цепного конвейера и направляют к овальному конвейеру пайки полублоков или на промежуточный склад. Вырубки, собранные из-под разрубочных станков, направляют в отделение переплавки металлических свинцовых отходов, откуда переплавленный в чушки сплав возвращается в литейный цех на литье решеток. Забракованные пластины переплавляют в отделении восстановительной переплавки отходов.

В некоторых случаях перед пайкой полублоков ушки, к которым припаиваются баретки, подвергают зачистке. Зачищаемое ушко пластины вставляют по направляющим в паз станка, где оно попадает между вращающимися круглыми металлическими щетками, которые очищают спаиваемую часть поверхности ушков от окисных и сульфатных наслоений.

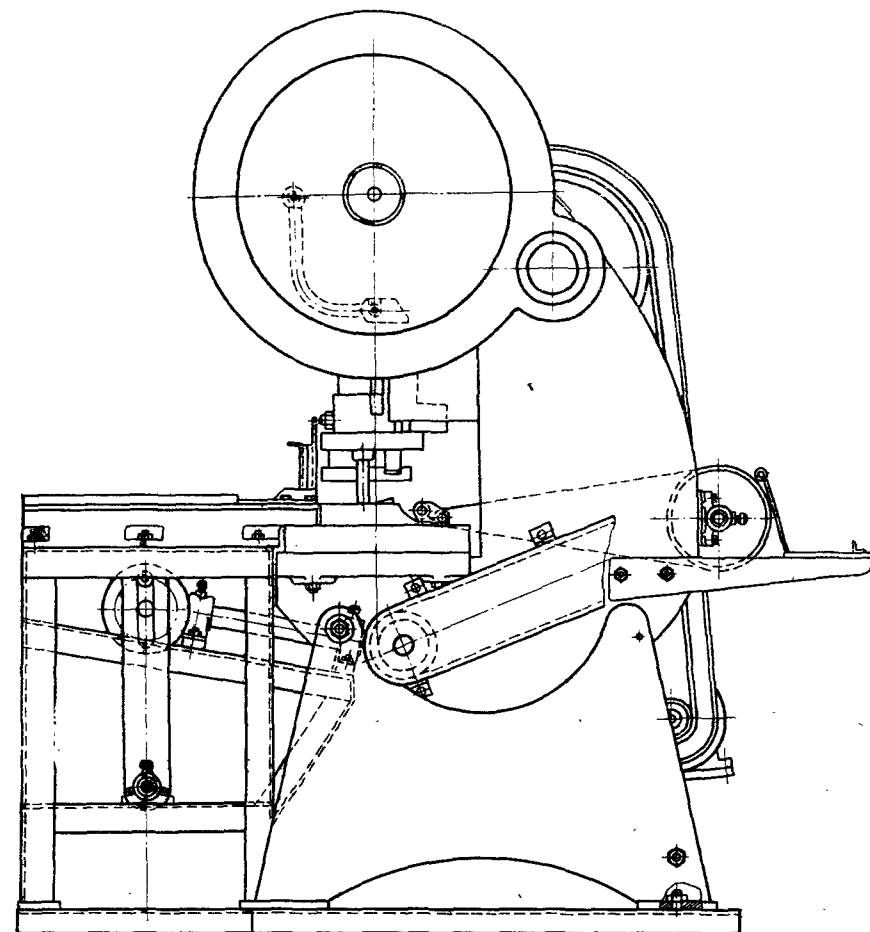


Рис. 139. Штамповочный станок-полуавтомат для разрубки технологически двойных пластин стартерного типа

### § 82. ПАЙКА ПОЛУБЛОКОВ

Операцию пайки полублоков производят на овальном замкнутом конвейере. По углам конвейера находятся четыре зубчатых колеса, расположенных горизонтально. Одно колесо — ведущее, приводимое в движение электродвигателем с помощью редуктора. На колесо надета цепь, к ней прикреплены паяльные «машинки» с гребенками, основания которых при движении скользят по направляющим конвейера.

Овальный конвейер имеет длину овала около 8 м. На конвейере расположены примерно 36 гнезд для «машинки». Овальный кон-



вейер при выпуске 700—900 батарей 6СТ-75 за шестичасовую смену имеет около 14 об/ч.

Паяльная машинка имеет паяльную гребенку, состоящую из двух половин, расположенных на уровне высоты пластины и каркаса. Передняя половина гребенки откидная. При сборке полублока пластины вставляют ушками в пазы неподвижной половины гребенки и после подачи второй половины гребенки впритык к первой образуется литейное гнездо с торчащими ушками пластин. В гнездо вставляют баретку с выводным штырем, надетую на ушки. В каждой паяльной машинке, таким образом, собирается пять-шесть полублоков.

Припайку бареток к ушкам пластин производят специальными газовыми водородными горелками вручную или полуавтоматическим способом. В последнем случае при движении конвейера собранные полублоки попадают под направленные языки пламени установленных над конвейером ряда горелок, которыми осуществляется пайка.

Однако обычно после механизированной пайки рабочим приходится подправлять пайку ручным способом. Для пайки применяют паяльные прутки из сплава свинца с сурьмой (5%).

Высокое качество пайки возможно только в восстановительной атмосфере, т. е. при таких условиях, когда в местах пайки металл не подвергается окислению и не образуется окись свинца, которая, как известно, препятствует сплавлению деталей между собой. Необходимо, чтобы окисные пленки, имеющиеся обычно на поверхности свинцовых деталей, в момент сварки восстанавливались, превращаясь в металл. Спайка ушков пластин с бареткой должна быть прочной, чтобы отделение пластин от баретки без разрушения ушков было невозможно.

Такое качество пайки свинцовых деталей обеспечивается использованием газовой горелки с водородным пламенем. Поэтому на заводах свинцовых аккумуляторов при сварке свинцовых деталей широко применяют газ водород, несмотря на то что его производство сложно и стоимость относительно высока.

После пайки полублока для ускорения охлаждения места припоя обдувают холодным воздухом. В дальнейшем переднюю половину паяльной гребенки откидывают и полублоки вынимают из паяльных машинок и перекладывают на сборочный конвейер.

Процесс пайки полублоков начинается на одной половине овального конвейера и, проходя все последовательные операции по ходу конвейера, заканчивается в конце другой его половины.

#### § 83. КОНВЕЙЕР СБОРКИ БАТАРЕЙ

Сборку батарей осуществляют на пластинчатом конвейере, представляющем собой длинный стол (30—50 м) шириной около 700—900 мм с движущейся посередине столешницей, которая имеет ширину около 500—600 мм и состоит из металлических или дере-

вянных пластин, прикрепленных к тяговым цепям и скользящих по направляющим станины конвейера. Движение со скоростью около 1 м/мин производится с помощью двух пар зубчатых колес, расположенных на концах конвейера, на которых натянута цепь. Одна пара колес — ведущая; привод состоит из электродвигателя, редуктора и коробки передач, позволяющей менять скорости движения конвейера.

Расположение рабочих-сборщиков у конвейера может быть двустороннее и одностороннее.

В первом случае расположение рабочих удобнее и свободнее их движение, но хуже выполняются требования по защите рабочих от свинцовой пыли. Местный отсос воздуха производят зонтами, расположенными над узким конвейером, что недостаточно избавляет рабочего от пыли. Плохо организовано и освещение.

При одностороннем расположении рабочих около конвейера отсос воздуха местной вентиляцией производится сбоку (рис. 140), что обеспечивает нормальные условия работы сборщика.

Операция на конвейере начинается с просмотра полублока и удаления подтеков сплава и литников — кусочков свинца, появляющихся в местах пайки полублоков пластин. Кусочки свинца, попадая в блок аккумулятора, могут привести к короткому замыканию положительного и отрицательного электродов между собой и выходу батарей из строя. Затем производят вставку положительных и отрицательных полублоков и «сепарирование» блока, т. е. вставку между отрицательными и положительными пластинами сепараторов.

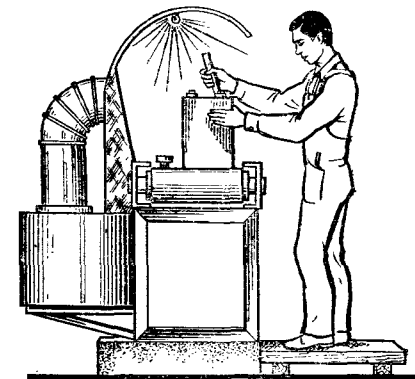


Рис. 140. Работа на сборочном конвейере с бортовым отсосом

#### § 84. СБОРКА БЛОКОВ В МОНОБЛОКИ, ПРИПАЙКА МЭС И НАПЛАВЛЕНИЕ ПОЛЮСНЫХ КОНЦОВ

Аккумуляторные батареи стартерного типа собирают в многоместных баках — моноблоках. Для аккумуляторных батарей на 6, 12 и 24 В используют соответственно 3, 6 и 12-местные моноблоки. В некоторых случаях для батарей большей емкости применяют еще отдельные бачки, собираемые в батареи в деревянных контейнерах.

При сборке батарей блоки аккумуляторных пластин вставляют в ячейки моноблоков так, чтобы припайка МЭС производилась в

последовательном соединении полюсов (знаков) электродов, выводной штырь баретки отрицательного электрода соединялся с выводным штырем положительного электрода другого блока.

Поверх блока в некоторых батареях накладывают предохранительный щиток из перфорированного тонкого листа винипласта или другого синтетического материала. Щиток предохраняет блок от коротких замыканий пластин посторонними предметами, слу-

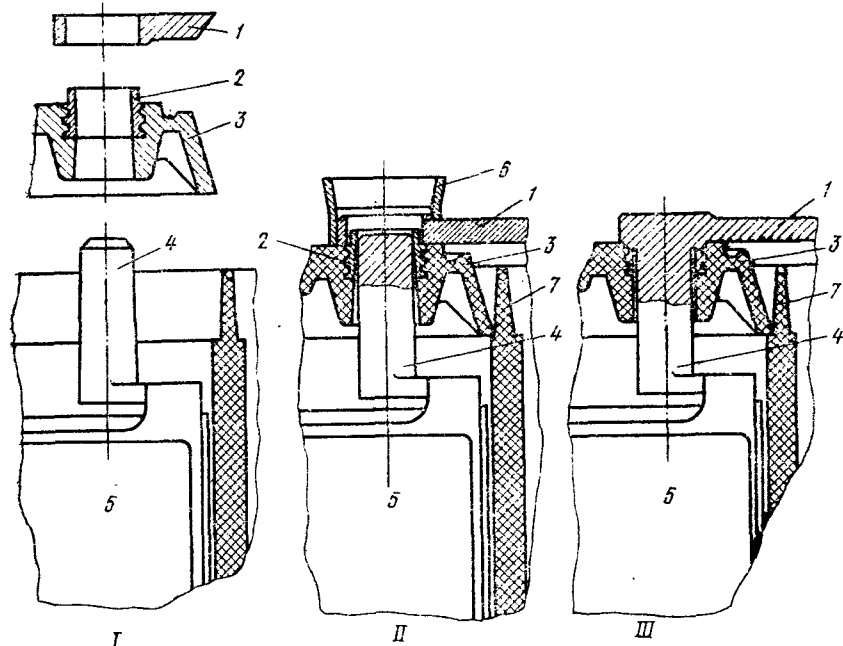


Рис. 141. Стадии припайки МЭС и втулки крышки к выводному штырю баретки блока пластины:  
1 — МЭС, 2 — втулка крышки, 3 — крышка, 4 — штырь баретки, 5 — блок пластины, 6 — литейная формочка, 7 — стенка моноблока

чайно попавшими в аккумулятор, и от поломок верхних кромок сепараторов.

Крышки в последних конструкциях батарей хорошо обеспечивают герметичную укупорку аккумулятора. Выводные штыри электродов проходят через отверстия втулок крышек. Эти втулки, состоящие из 6,5%-ного сплава сурьмы и свинца, плотно впрессованы в тело крышки во время их изготовления. Верхняя кромка втулок выходит поверх крышки. Втулки изготовляют в литейных цехах аккумуляторных заводов и отправляют на заводы аккумуляторных моноблоков. Припайка МЭС к штырю и втулке крышки показана на рис. 141. Диаметр выводного штыря электродов близок к диаметру отверстия втулки, через которую этот штырь проходит.

Поверх втулки накладывается МЭС своим кольцом (I). При наложении сплавляемых деталей наставляется формочка (II).

Сплавление этих деталей производится с помощью паяльного прутка из 5%-ного сплава сурьмы со свинцом (III).

Контактные полюса батареи наплавляют на крайних выводных штырях электродов. Для этого применяют специальные формочки. Размеры выводных полюсов стандартны для всех типов автомобильных аккумуляторных батарей. В момент застывания наплавленного полюсного контакта к поверхности расплава прикладывается клеймо соответствующего полюсного знака: — (минус) или + (плюс).

## § 85. ЗАЛИВКА БАТАРЕЙ МАСТИКОЙ

Закрепление крышки к корпусу моноблока и герметизация мест стыка ее краев со стенками ячейки моноблока производится заливочной мастикой, состоящей из нефтяного битума, минерального масла и невулканизированной резиновой смеси (рис. 142).

Заливочная мастика обладает эластичностью в условиях эксплуатации, хорошей адгезией (прилипаемостью) к стенкам блока и крышки, сравнительно небольшой температурой плавления и обратимостью применения, т. е. возможностью вторичного ее применения, а также химической стойкостью и герметичностью.

Такая заливочная мастика позволяет легко разбирать батарею для ее ремонта с повторным использованием всех целых деталей батареи и самой мастики, что фактически значительно увеличивает срок службы батарей в целом. Ремонт аккумуляторов производится в специальных ремонтно-зарядных станциях (РЗС) при больших автохозяйствах и в специальных мастерских.

Кроме того, эластичность мастики позволяет сохранять герметичность укупорки крышки к блоку при небольшом росте положительных пластин и поднятии крышки в процессе эксплуатации батарей.

Мастикку изготовляют на аккумуляторном заводе и в сборочный цех поставляют в расплавленном состоянии или кусками в засты-

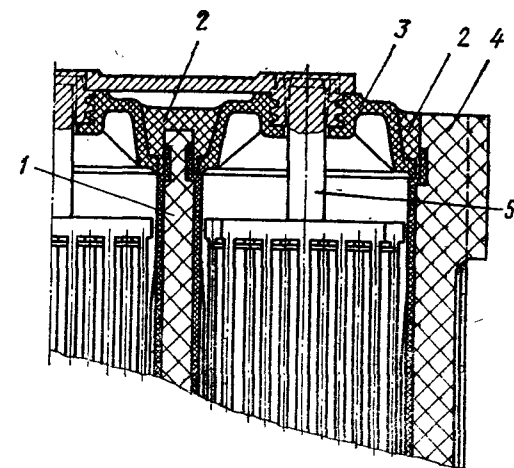


Рис. 142. Аккумулятор, залитый мастикой:  
1 — средняя стенка моноблока, 2 — заливочная мастика, 3 — крышка, 4 — внешняя стенка моноблока, 5 — штырь

тем состоянии. Заливку батарей мастикой выполняют вручную с помощью специальных ковшей с оттянутым сливным носиком.

Перед заливкой крышек мастикой во избежание ее протекания в щели между крышкой и стенками блока в паз между ними вкладывают и уплотняют укупорочный асбестовый или резиновый шнур или специальную укупорочную резиновую рамку-вкладыш, имеющуюся в комплекте моноблока.

После заливки батарей мастикой производят ее оплавление для получения гладкой ровной поверхности, лучшего схватывания со стенками крышек блока и заполнения узких мест. Эту операцию

выполняют водородными горелками, применяющимися для пайки свинцовых деталей, или нагревом лампами инфракрасного (теплого) излучения, устанавливаемыми над сборочным конвейером. Это место конвейера закрывается стенками, образуя туннель. Время такого облучения 3—7 мин.

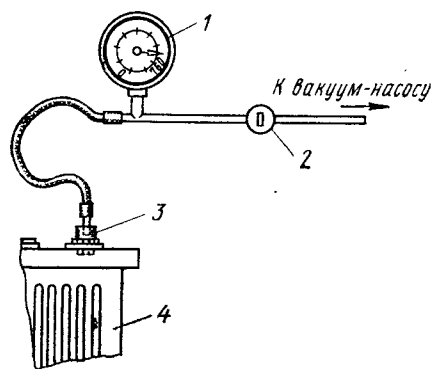


Рис. 143. Схема установки для проверки собранности батарей на герметичность:

1 — вакуумметр, 2 — кран,  
3 — пробка, 4 — батарея

#### § 86. ГЕРМЕТИЗАЦИЯ УПАКОВКИ И ХРАНЕНИЕ БАТАРЕЙ

После оплавления мастики остается только вложить в горловину крышки элементов резиновые герметизирующие диски, завинтить пробки, упаковать батарею в бумагу и отправить ее на склад. Однако прежде

производят проверку сборки батарей на герметичность и короткое замыкание. Герметизация элементов батарей необходима для того, чтобы в сухозаряженных батареях воздух не проникал внутрь ячеек и не окислял активную массу отрицательных электродов.

Герметизация крышки мастикой также необходима для обеспечения непроницаемости электролита во время эксплуатации батарей.

Испытание батарей на герметичность производят под давлением или вакуумом при разности давлений по отношению к окружающей атмосфере в 150 мм рт. ст.

На рис. 143 показана схема установки для контроля батарей на герметичность с применением вакуума.

Установка присоединена к вакуумному насосу. После крана 2 одна ветвь гибкой трубки направляется к батарее 4 и заканчивается резиновой пробкой 3, другая ветвь — к вакуумметру 1. Пробкой плотно закрывается отверстие в крышке каждого элемента батареи. После закрытия элемента пробкой кран открывают и в

элементе создается вакуум, близкий к 610 мм по показанию вакуумметра. В момент достижения этого вакуума кран закрывают и вакуумный насос отключается. Если герметичность укупорки элемента хорошая, то показание вакуумметра не должно изменяться в течение 3—5 с.

Проверка батарей на короткое замыкание производится следующим образом. Через испытуемый элемент и последовательно подключенный вольтметр на 20 В с внутренним сопротивлением около 3000 Ом пропускается ток от 36-вольтовой батареи.

При коротком замыкании происходит мгновенное полное отклонение стрелки вольтметра. Небольшие отклонения стрелки указывают на повышенную влажность сепарации, проводящей электрический ток. Обычно по ТУ требуется полное отсутствие отклонения стрелки, однако практически отклонения всегда имеют место, так как в сепараторах допускается содержание влаги до 2%.

В последнее время стали допускать отклонения стрелки на 8—10 В, что соответствует примерно сопротивлению 8—10 кОм.

После контроля качества сборки в отверстие крышки вставляют резиновые герметизирующие диски и плотно ввинчивают вентиляционные пробки.

Конструкция пробок предусматривает, с одной стороны, выход из аккумулятора газов, возникающих при заряде и подзаряде, с другой — максимально возможное улавливание брызг и мельчайших капель серной кислоты, захватываемых газами.

Поскольку пробка имеет вентиляционное отверстие, герметичность укупорки обеспечивается круглыми укупорочными дисками, вкладываемыми под пробки.

При подготовке батарей к эксплуатации герметизирующие диски заменяют герметизирующими шайбами.

В настоящее время применяют полиэтиленовые пробки с заплавленным бугорком вентиляционным отверстием. Эластичность полиэтилена позволяет обходиться без укупорочных резиновых шайб и колец. Вводя в действие батареи, бугорок срезают.

Готовые батареи завертывают в 2—3 слоя оберточной бумагой и затем отправляют на электрокарах или на воздушных цепных транспортных конвейерах (рис. 144) непосредственно к автомобильному или железнодорожному транспорту либо на склад. На монорельсе, протянутом по нужному направлению, на роликах-каретках 2 со скоростью 1—2 м/мин катятся подвешенные полочки или корзины 3. Полочки подвешены по всей длине пути на равном расстоянии в 1—2 м друг от друга. Все каретки связаны между собой цепями 1. Движение цепи осуществляется специальными ведущими колесами через редуктор электродвигателя. Движение транспортера непрерывное или прерывисто-периодическое. На склад направляют готовые батареи, со склада транспортер доставляет в сборочный цех моноблока.

Таким образом, у сборочного конвейера не образуется промежуточных складов моноблоков и готовых батарей. Батареи складывают друг на друга в боковом положении штабелями.

Производительность сборочных конвейеров зависит от типа собираемых батарей и обычно колеблется от 500 до 2500 шт. за шестичасовую смену.

Водород, необходимый для операции пайки и сварки деталей из сплава свинца с сурьмой при сборке аккумуляторных батарей и формировочных баков, получается электролитическим разложением (электролизом) воды. Для этого применяют специальные электролитические ванны.

Водород и кислород отводят от анодных и катодных участков, собирают в общие системы трубопроводов и очищают от примесей щелочи. Водород направляют в цехи по назначению, кислород обычно выпускают в атмосферу.

Электролизер состоит из 100 ячеек, рассчитан на постоянный ток с максимальной силой 610 А и рабочим напряжением 230 В. Электролитом является 20%-ный раствор едкого натра. Рабочая температура ванны 30° С. Расход электроэнергии на 1 м<sup>3</sup> водорода составляет 5—6 кВт·ч. Производительность электролизера около 24 м<sup>3</sup>/ч.

Основным элементом контроля работы электролизера является поддержание в системе газопровода определенного давления соответственным регулированием силы тока, проходящего через электролизер, и равномерным питанием электролизера водой.

Содержание кислорода в водороде допускается не более 2% по объему. Большое содержание кислорода является взрывоопасным — образуется так называемая гремучая смесь.

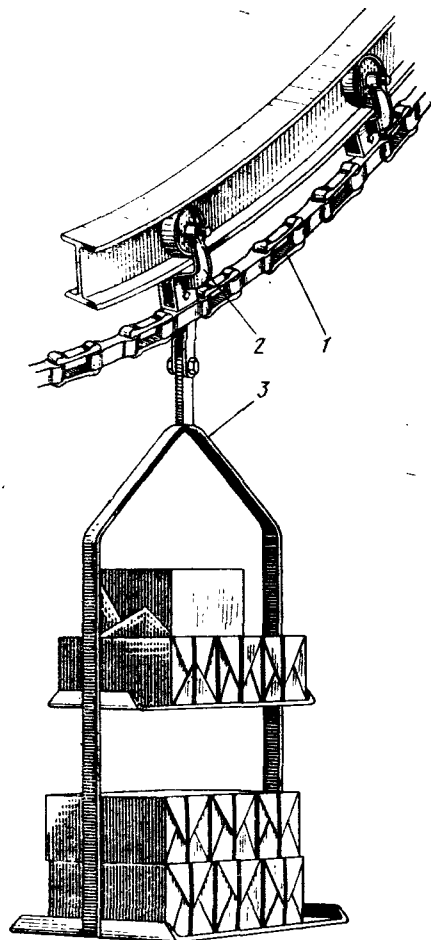


Рис. 144. Транспортировка воздушным цепным конвейером собранных батарей на склад

#### Контрольные вопросы

1. Какова технологическая схема сборки стартерных батарей?
2. Каким способом сваривают детали из свинцово-сурьмянистых сплавов?
3. Какое оборудование применяют при сборке блоков и батарей?
4. Какие методы используют для контроля качества сборки батарей?

## Часть III

## ПРОИЗВОДСТВО ЩЕЛОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Изготовление щелочных железоникелевых и кадмиево-никелевых аккумуляторов серийных типов является в достаточной степени отработанным и механизированным процессом.

На рис. 145 приведена схема изготовления тяговых железоникелевых аккумуляторов ламельной конструкции, являющаяся в известной степени типичной для других видов ламельных щелочных аккумуляторов.

Как видно из схемы, изготовление щелочного аккумулятора разделено между несколькими участками, значительно отличающимися друг от друга как по характеру выполняемых операций, так и по применяемому оборудованию. Участки изготовления активных масс для положительного и отрицательного электродов аккумулятора представляют собой отделения химического производства, оборудованные аппаратурой для переработки исходного сырья в соответствующие активные материалы. Необходимые для осуществления этих операций агрегаты объединены между собой в единую технологическую цепочку и почти на всех аккумуляторных заводах образуют механизированные линии.

Смешением предварительно нагретых веществ — щелочи и серноокислого никеля — получают суспензию гидрата закиси никеля. Последнюю подогревают и подвергают фильтрации под давлением на фильтропрессах. Влажный осадок снимают с фильтропрессов в виде коржей и дробят на мелкие куски. Полученную массу сушат во вращающихся или полочных сушилах и затем подвергают отмывке от ионов  $SO_4^{2-}$  в центрифугах. Продукт снова сушат и дробят на мельницах. К измельченному гидрату закиси никеля добавляют графит — для улучшения электропроводности массы, гидроокись бария и раствор щелочи — для улучшения последующего брикетирования массы. Полученную массу иногда подвергают многократному вальцеванию с целью улучшения контакта между частицами гидрата закиси никеля и графита и собирают в бочки или в специальные сборники (бункера), откуда масса по мере надобности поступает в электродный цех для изготовления ламельных пластин.

Для изготовления железной массы применяется либо искусственная окись железа, либо криворожская железная мартитовая руда в смеси с окисью железа.

Железная руда содержит много вредных примесей и поэтому должна быть очищена от них. Очистку (обогащение) руды для по-

лучения чистого концентрата производят гравитационным или флотационным способами.

При гравитационном обогащении пустая порода (с вредными примесями) удаляется на концентрационных столах путем разделения минеральных зерен различной плотности в потоке воды.

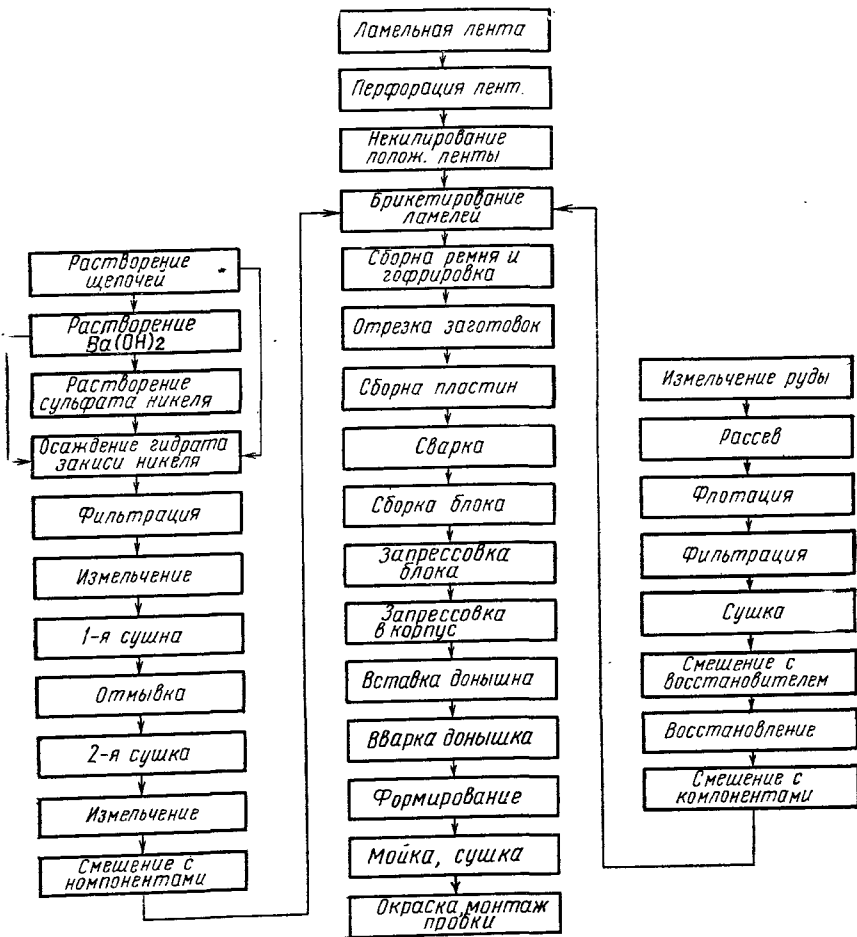


Рис. 145. Схема изготовления тяговых железоникелевых аккумуляторов ламельной конструкции

При флотации руду измельчают и обогащают во флотационной машине в присутствии флотореагентов. Примеси удаляются с пенной, а обогащенная руда оседает на дно аппарата.

Концентрат сушат, просеивают и после смешения с восстановителем подвергают восстановлению в печи. Восстановленная железная масса после смешения с компонентами поступает в бочки или

в специальный приемник, откуда по мере необходимости транспортируется в электродный цех.

Железную массу применяют для изготовления отрицательных электродов железоникелевых аккумуляторов.

Активная масса отрицательного электрода кадмиево-никелевых аккумуляторов состоит из смеси окиси кадмия и окислов железа. К указанной смеси добавляют от 2,8 до 4,5% солярового масла для стабилизации емкости электрода. Окись кадмия получают возгонкой с последующим окислением металлического кадмия.

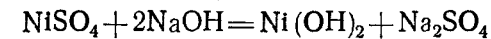
Поточные линии электродного цеха имеют узкоспецифический характер, они служат для изготовления ламельных пластин и в значительной мере оснащены нестандартным оборудованием.

Электродный цех выдает готовые пластины на сборочный конвейер, куда поступают и остальные детали, комплектующие аккумулятор. Собирают аккумуляторы на конвейере, оборудованном необходимыми приспособлениями. Затем следует формирование и окраска аккумуляторов. Большинство щелочных аккумуляторов пока еще формируются на стационарных стеллажах.

Такова вкратце общая схема производства щелочных аккумуляторов ламельной конструкции.

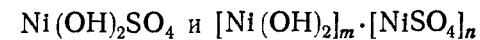
#### Глава XIV. ПРИГОТОВЛЕНИЕ АКТИВНОЙ МАССЫ ДЛЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ЩЕЛОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Активная масса положительных электродов щелочных аккумуляторов состоит из гидрата закиси никеля, к которому добавлены графит — для увеличения электропроводности и гидроокись бария — для повышения коэффициента использования никеля при эксплуатации аккумуляторов. Промышленный способ получения гидрата закиси никеля на аккумуляторных заводах основан на реакции обмена между сернокислым никелем и едким натром



Реагенты производства применяются в виде водных растворов: сернокислого никеля плотностью 1,16—1,17 г/см<sup>3</sup> и едкого натра 1,28—1,29 г/см<sup>3</sup> (при 45—50° С).

Процесс образования гидрата закиси никеля должен протекать в условиях избытка щелочи в границах 1,7—3,8 грамм-ионов OH' на литр, так как в кислой и нейтральной средах происходит образование основных и комплексных солей



Эти соли труднорастворимы и выпадают в реакторе вместе с осадком гидрата закиси никеля. Попадая в положительную массу, они вследствие неактивности содержащегося в них никеля снижают

коэффициент использования никеля в активной массе работающего аккумулятора.

Для поддержания концентрации избыточной щелочи в реакционной среде осаждение гидрата закиси никеля производят вливанием сульфатного раствора в щелочь при температуре исходных растворов 45—50° С.

Суспензия (звесь порошка в водном растворе) гидрата закиси, жидкой фазой которой является раствор сернокислого натрия с небольшим содержанием щелочи, должна пройти ряд этапов обработки: фильтрацию, первую сушку, отмывку от солей маточного раствора, вторую сушку, размол, смешивание с раствором щелочи и графитом.

Отмывка от солей имеет своей целью удаление из гидрата закиси никеля анионов  $\text{SO}_4^{2-}$ , которые, попав в значительных количествах в активную массу, могут вызвать ее чрезмерное разбухание в пластинах при эксплуатации аккумулятора и, следовательно, преждевременный выход последнего из строя. Наиболее эффективным способом удаления анионов  $\text{SO}_4^{2-}$  из гидрата закиси никеля является отмывка водой предварительно высушенного продукта. При сушке происходит кристаллизация гидрата с выделением на поверхности кристаллов солей, легко отмываемых водой.

#### § 87. ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАСТВОРОВ ДЛЯ ОСАЖДЕНИЯ ГИДРАТА ЗАКИСИ НИКЕЛЯ И ДЛЯ ВВЕДЕНИЯ В АНОДНУЮ МАССУ

Исходные материалы:

никель сернокислый технический ГОСТ 2665—73, марок НС1 и НС2;

натр едкий технический ГОСТ 2263—71, жидкий или твердый, соответственно марок РЖ-1 и ТХ-2;

гидрат окиси бария технический ГОСТ 10848—72;

едкий кали технический ГОСТ 9285—59, твердый марки А или жидкий марки В.

Приготовление раствора сернокислого никеля. В деревянный или из нержавеющей стали бак загружают сернокислый никель и заливают воду. Растворение соли в воде производят при перемешивании раствора сжатым воздухом. Плотность раствора должна быть 1,18—1,30 г/см<sup>3</sup>.

Приготовленный раствор пропускают через небольшой рамочный фильтр-пресс низкого давления для отделения нерастворимых примесей. Из фильтр-пресса раствор поступает в корректировочный бак, где его разбавляют водой до плотности 1,17—1,18 г/см<sup>3</sup> при 15° С.

Приготовление раствора едкого натра. Раствор едкого натра готовят из твердой щелочи или путем разбавления концентрированного раствора щелочи.

Твердый едкий натр растворяют в воде и раствор доводят до плотности 1,29—1,30 г/см<sup>3</sup> при 15° С. Если готовый раствор при-

готовлен из твердой щелочи, то он подвергается отстаиванию не менее 24 ч.

Приготовление раствора гидрата окиси бария. В бачок из нержавеющей стали заливают воду и нагревают ее до 70—80° С, после чего загружают гидрат окиси бария. Растворение гидрата окиси бария производят в течение 10—15 мин при перемешивании раствора. Плотность готового раствора при 70—80° С 1,09—1,10 г/см<sup>3</sup>.

Приготовление раствора щелочи для анодной массы. Для изготовления анодной массы применяют раствор едкого натра или едкого кали плотностью 1,09—1,11 г/см<sup>3</sup>, который приготавливают так же, как и раствор щелочи для осаждения гидрата закиси никеля.

#### § 88. ОСАЖДЕНИЕ ГИДРАТА ЗАКИСИ НИКЕЛЯ

Для осаждения применяют следующие растворы:

раствор сульфата никеля плотностью 1,17—1,18 г/см<sup>3</sup>;

раствор едкого натра плотностью 1,29—1,30 г/см<sup>3</sup>;

раствор едкого бария плотностью 1,09—1,10 г/см<sup>3</sup>.

Везде плотность растворов дана при температуре 15—18° С.

Раствор едкого натра из отстойника подают в бак-мерник, где его подогревают до 45—50° С.

Подогретый раствор сливают в бак-реактор, который представляет собой цилиндрический сосуд с коническим дном из нержавеющей стали, снабженный вертикальной рамной мешалкой, которая вращается со скоростью 20—25 об/мин.

После сливания раствора щелочи в реактор подают из бака-мерника раствор сульфата никеля, подогретый до 45—50° С, из расчета 3,4—3,7 л на один литр щелочи. Одновременно с раствором сернокислого никеля в реактор вливают раствор гидрата окиси бария, подогретый до 70—80° С. Количество этого раствора в литрах устанавливается с таким расчетом, чтобы содержание бария в готовом гидрате составляло 1,7—2,3% Ва/Ни. Сливание растворов производят при непрерывном перемешивании содержимого бака-реактора. В результате сливания исходных растворов образуется светло-зеленый осадок гидрата закиси никеля и в нем соль бария. Время сливания раствора сульфата никеля должно быть не менее 15 мин, раствора бария — 5—7 мин.

По окончании сливания растворов осадок гидрата закиси никеля перемешивают не менее 25 мин.

Осаждение гидрата закиси никеля совместно с едким калием (назначение которого — повысить коэффициент использования никеля при разряде электрода) производят только для тяговых и фонарных аккумуляторов.

По окончании перемешивания пульпы гидрата закиси никеля из реактора отбирают пробу суспензии. В отфильтрованном растворе

лучения чистого концентрата производят гравитационным или флотационным способами.

При гравитационном обогащении пустая порода (с вредными примесями) удаляется на концентрационных столах путем разделения минеральных зерен различной плотности в потоке воды.

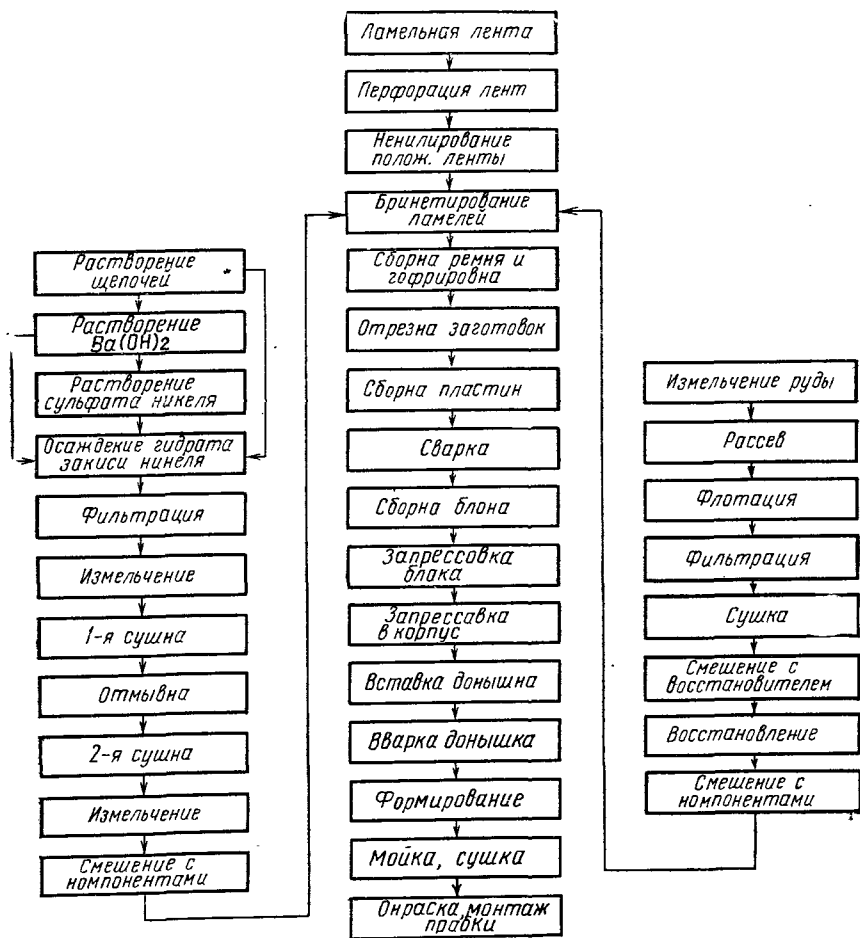


Рис. 145. Схема изготовления тяговых железоникелевых аккумуляторов ламельной конструкции

При флотации руду измельчают и обогащают во флотационной машине в присутствии флотореагентов. Примеси удаляются с пеной, а обогащенная руда оседает на дно аппарата.

Концентрат сушат, просеивают и после смешения с восстановителем подвергают восстановлению в печи. Восстановленная железная масса после смешения с компонентами поступает в бочки или

в специальный приемник, откуда по мере необходимости транспортируется в электродный цех.

Железную массу применяют для изготовления отрицательных электродов железоникелевых аккумуляторов.

Активная масса отрицательного электрода кадмиево-никелевых аккумуляторов состоит из смеси окиси кадмия и окислов железа. К указанной смеси добавляют от 2,8 до 4,5% солярового масла для стабилизации емкости электрода. Окись кадмия получают возгонкой с последующим окислением металлического кадмия.

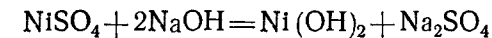
Поточные линии электродного цеха имеют узкоспецифический характер, они служат для изготовления ламельных пластин и в значительной мере оснащены нестандартным оборудованием.

Электродный цех выдает готовые пластины на сборочный конвейер, куда поступают и остальные детали, комплектующие аккумулятор. Собирают аккумуляторы на конвейере, оборудованном необходимыми приспособлениями. Затем следует формирование и окраска аккумуляторов. Большинство щелочных аккумуляторов пока еще формируются на стационарных стеллажах.

Такова вкратце общая схема производства щелочных аккумуляторов ламельной конструкции.

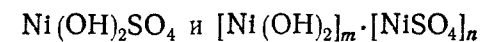
#### Глава XIV. ПРИГОТОВЛЕНИЕ АКТИВНОЙ МАССЫ ДЛЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ЩЕЛОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Активная масса положительных электродов щелочных аккумуляторов состоит из гидрата закиси никеля, к которому добавлены графит — для увеличения электропроводности и гидроокись бария — для повышения коэффициента использования никеля при эксплуатации аккумуляторов. Промышленный способ получения гидрата закиси никеля на аккумуляторных заводах основан на реакции обмена между серноокислым никелем и едким натром



Реагенты производства применяются в виде водных растворов: серноокислого никеля плотностью 1,16—1,17 г/см<sup>3</sup> и едкого натра 1,28—1,29 г/см<sup>3</sup> (при 45—50° С).

Процесс образования гидрата закиси никеля должен протекать в условиях избытка щелочи в границах 1,7—3,8 грамм-ионов OH' на литр, так как в кислой и нейтральной средах происходит образование основных и комплексных солей



Эти соли труднорастворимы и выпадают в реакторе вместе с осадком гидрата закиси никеля. Попадая в положительную массу, они вследствие неактивности содержащегося в них никеля снижают



коэффициент использования никеля в активной массе работающего аккумулятора.

Для поддержания концентрации избыточной щелочи в реакционной среде осаждение гидрата закиси никеля производят вливанием сульфатного раствора в щелочь при температуре исходных растворов 45—50° С.

Суспензия (взвесь порошка в водном растворе) гидрата закиси, жидкой фазой которой является раствор сернокислого натрия с небольшим содержанием щелочи, должна пройти ряд этапов обработки: фильтрацию, первую сушку, отмывку от солей маточного раствора, вторую сушку, размол, смешивание с раствором щелочи и графитом.

Отмывка от солей имеет своей целью, удаление из гидрата закиси никеля анионов  $\text{SO}_4^{2-}$ , которые, попав в значительных количествах в активную массу, могут вызвать ее чрезмерное разбухание в пластинах при эксплуатации аккумулятора и, следовательно, преждевременный выход последнего из строя. Наиболее эффективным способом удаления анионов  $\text{SO}_4^{2-}$  из гидрата закиси никеля является отмывка водой предварительно высушенного продукта. При сушке происходит кристаллизация гидрата с выделением на поверхности кристаллов солей, легко отмываемых водой.

#### § 87. ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАСТВОРОВ ДЛЯ ОСАЖДЕНИЯ ГИДРАТА ЗАКИСИ НИКЕЛЯ И ДЛЯ ВВЕДЕНИЯ В АНОДНУЮ МАССУ

Исходные материалы:

никель сернокислый технический ГОСТ 2665—73, марок НС1 и НС2;

натр едкий технический ГОСТ 2263—71, жидкий или твердый, соответственно марок РЖ-1 и ТХ-2;

гидрат окиси бария технический ГОСТ 10848—72;

едкий калий технический ГОСТ 9285—59, твердый марки А или жидкий марки В.

Приготовление раствора сернокислого никеля. В деревянный или из нержавеющей стали бак загружают сернокислый никель и заливают воду. Растворение соли в воде производят при перемешивании раствора сжатым воздухом. Плотность раствора должна быть 1,18—1,30 г/см<sup>3</sup>.

Приготовленный раствор пропускают через небольшой рамочный фильтр-пресс низкого давления для отделения нерастворимых примесей. Из фильтр-пресса раствор поступает в корректировочный бак, где его разбавляют водой до плотности 1,17—1,18 г/см<sup>3</sup> при 15° С.

Приготовление раствора едкого натра. Раствор едкого натра готовят из твердой щелочи или путем разбавления концентрированного раствора щелочи.

Твердый едкий натр растворяют в воде и раствор доводят до плотности 1,29—1,30 г/см<sup>3</sup> при 15° С. Если готовый раствор при-

готовлен из твердой щелочи, то он подвергается отстаиванию не менее 24 ч.

Приготовление раствора гидрата окиси бария. В бачок из нержавеющей стали заливают воду и нагревают ее до 70—80° С, после чего загружают гидрат окиси бария. Растворение гидрата окиси бария производят в течение 10—15 мин при перемешивании раствора. Плотность готового раствора при 70—80° С 1,09—1,10 г/см<sup>3</sup>.

Приготовление раствора щелочи для анодной массы. Для изготовления анодной массы применяют раствор едкого натра или едкого кали плотностью 1,09—1,11 г/см<sup>3</sup>, который готовят так же, как и раствор щелочи для осаждения гидрата закиси никеля.

#### § 88. ОСАЖДЕНИЕ ГИДРАТА ЗАКИСИ НИКЕЛЯ

Для осаждения применяют следующие растворы:

раствор сульфата никеля плотностью 1,17—1,18 г/см<sup>3</sup>;

раствор едкого натра плотностью 1,29—1,30 г/см<sup>3</sup>;

раствор едкого бария плотностью 1,09—1,10 г/см<sup>3</sup>.

Везде плотность растворов дана при температуре 15—18° С.

Раствор едкого натра из отстойника подают в бак-мерник, где его подогревают до 45—50° С.

Подогретый раствор сливают в бак-реактор, который представляет собой цилиндрический сосуд с коническим дном из нержавеющей стали, снабженный вертикальной рамной мешалкой, которая вращается со скоростью 20—25 об/мин.

После сливания раствора щелочи в реактор подают из бака-мерника раствор сульфата никеля, подогретый до 45—50° С, из расчета 3,4—3,7 л на один литр щелочи. Одновременно с раствором сернокислого никеля в реактор вливают раствор гидрата окиси бария, подогретый до 70—80° С. Количество этого раствора в литрах устанавливается с таким расчетом, чтобы содержание бария в готовом гидрате составляло 1,7—2,3% Ва/Ni. Сливание растворов производят при непрерывном перемешивании содержимого бака-реактора. В результате сливания исходных растворов образуется светло-зеленый осадок гидрата закиси никеля и в нем соль бария. Время сливания раствора сульфата никеля должно быть не менее 15 мин, раствора бария — 5—7 мин.

По окончании сливания растворов осадок гидрата закиси никеля перемешивают не менее 25 мин.

Осаждение гидрата закиси никеля совместно с едким барием (назначение которого — повысить коэффициент использования никеля при разряде электрода) производят только для тяговых и фонарных аккумуляторов.

По окончании перемешивания пульпы гидрата закиси никеля из реактора отбирают пробу суспензии. В отфильтрованном растворе

определяют содержание едкого натра. Избыток щелочи должен быть в пределах 4—6 г в литре раствора.

Избыток щелочи в суспензии определяется титрованием ее пробы 0,1-нормальным раствором соляной кислоты с установленным титром до обесцвечивания раствора, содержащего индикатор — фенолфталеин.

Если избыток едкого натра превышает 6 г/л, то в бак-реактор добавляют недостающее количество раствора сульфата никеля; после перемешивания вторично проверяют избыток щелочи. Если избыток едкого натра окажется ниже 4 г/л, то данная партия гидрата закиси никеля может быть допущена в производство только в виде исключения.

В последние годы для изготовления щелочных тяговых аккумуляторов применяется модифицированная технология осаждения гидрата закиси никеля на графите.

Ее отличие от обычной заключается в том, что графит служит не в качестве добавки при изготовлении положительной массы смешиванием компонентов в мешалке, а на стадии осаждения гидрата закиси никеля в реакторе он участвует в этом процессе, так как на нем осаждаются продукты реакции.

Новая технология состоит в следующем. В раствор едкого натра, который находится в реакторе, засыпают графит. Смачивание графита щелочью плотностью 1,28—1,29 г/см<sup>3</sup> производят при перемешивании содержимого реактора при температуре 45—50° С. Примерно через 10 мин после этого следует обычный порядок операций осаждения гидрата закиси никеля, приведенный выше.

Количество графита, внесенного в реактор, должно соответствовать рецептуре готовой массы для тяговых аккумуляторов (16,5—18,5%).

Масса, полученная осаждением гидрата закиси никеля на графите, имеет удельную емкость более высокую по сравнению с таковой для обычной массы (см. § 93).

Улучшить характеристики аккумулятора можно введением подходящей активирующей добавки в массу положительного электрода, повышающей ее удельную емкость. Такой добавкой могут служить соединения кобальта.

Этот способ позволил повысить коэффициент использования никеля при разряде электрода с 60 до 70% без изменения его конструкции; этим самым была значительно увеличена емкость тяговых аккумуляторов при сохранении их габаритов.

По этой технологии сначала готовят раствор семиводной соли кобальта  $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (ГОСТ 4462—68 или ТУ 6-09-3800—74) из расчета 71 кг соли на 100 л воды, этот раствор плотности 1,27—1,30 г/см<sup>3</sup> и служит в качестве активатора положительной массы.

Далее производится смачивание графита в щелочи плотности 1,28—1,29 г/см<sup>3</sup> в реакторе, как указано выше. После этого в реактор заливается приготовленный раствор соли кобальта из расчета 28 л на 65 кг графита и затем уже раствор сернистого никеля плотности 1,16—1,17 г/см<sup>3</sup> из расчета 2400 л на 615 л щелочи (при-

мерно 3,9 л на 1 л щелочи); в заключение добавляется гидроокись бария согласно вышеописанной технологии.

Избыток едкого натра в полученной пульпе должен быть 4—6 г/л. В готовую анодную массу вносят дополнительное количество раствора соли кобальта из расчета 2—0,3% Со (ко всему количеству никеля в массе).

Подробности последующих операций получения анодной массы с добавкой соли кобальта будут приведены в § 93.

#### § 89. ФИЛЬТРОВАНИЕ ГИДРАТА ЗАКИСИ НИКЕЛЯ И ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ КОРЖЕЙ

Температура суспензии гидрата закиси никеля перед фильтрованием должна быть в границах 60—70° С. Суспензию гидрата закиси никеля нагревают в большом баке-сборнике с паровыми змеевиками.

Продолжительность фильтрования на фильтр-прессе не менее 4 ч с момента включения диафрагменного насоса, причем после достижения давления 96,5—105,1 кПа (9,5—10,5 кгс/см<sup>2</sup>) продолжительность фильтрования должна составить не менее 3 ч.

Влажность отфильтрованного гидрата должна быть не более 59%, толщина коржа — 20—30 мм.

Коржи гидрата закиси никеля в виде отдельных кусков поступают на установку — волчок, на которой их подвергают измельчению. Установка состоит из транспортера и шнекового устройства (с архимедовым винтом). С транспортера куски гидрата закиси никеля поступают в приемный бункер, откуда они захватываются витками шнека и продавливаются через дырчатую решетку в виде мелких кусков.

Продолжительность хранения гидрата закиси никеля в ларях после измельчения не должна превышать 15 суток. Измельченный продукт поступает на сушку.

#### § 90. ПЕРВАЯ СУШКА ГИДРАТА ЗАКИСИ НИКЕЛЯ

Сушка гидрата закиси никеля может производиться как в паровоздушных камерных сушилах, так и во вращающихся барабанных сушилах непрерывного действия, обогреваемых газом.

Более современными сушилами, обладающими большой производительностью и непрерывностью в работе, являются полочные сушила ВИС-42Д-К.

Сушка в паровоздушных камерных сушилах производится при температурах 90—120° С, продолжительность сушки 20—24 ч.

Сушку продукта в сушине непрерывного действия производят при температуре не более 120° С, производительность сушила в среднем 400 кг/ч (по влажному гидрату).

Влажность высушенного гидрата закиси никеля не должна превышать в среднем 30%. Высушенный гидрат закиси никеля должен быть отмыт от сульфата натрия.

### § 91. ОТМЫВКА ГИДРАТА ЗАКИСИ НИКЕЛЯ

Высушенный гидрат закиси никеля шнеком подается из бункера во вращающуюся центрифугу. Одновременно в барабан центрифуги подается вода со скоростью 15—20 л в минуту. По истечении 1,5—2 ч с момента окончания загрузки центрифуги гидратом закиси никеля поток подаваемой воды увеличивают до 25—35 л/мин и продолжают отмывку. По ходу отмывки берут пробы продукта и определяют содержание в нем сульфат-ионов. Отмывку прекращают, когда содержание сульфат-ионов составит не более 1,7% по отношению к содержанию никеля в продукте.

По окончании отмывки подачу воды в центрифугу прекращают и центрифугирование гидрата закиси никеля продолжают еще 30—45 мин с целью удаления лишней воды. Отмытый продукт поступает на вторую сушку.

### § 92. ВТОРАЯ СУШКА И РАЗМОЛ ГИДРАТА ЗАКИСИ НИКЕЛЯ

Сушка отмытого гидрата закиси никеля может производиться: в паровоздушных камерных сушилах; во вращающихся барабанных сушилах, обогреваемых газом; в сушилах типа «Венулет» (механические вакуумные сушила).

Режим сушки для паровоздушного сушила: температура 90—140° С, продолжительность сушки 24—30 ч. Для сушил барабанных и «Венулет» соответственно 90—120° С, 2—3 ч, вакуум 52,3—80 кПа (400—600 мм рт. ст.).

Таблица 42

Примерный состав высушенного гидрата закиси никеля

Наименование контролируемых веществ	Содержание, %	
	гидрат закиси никеля, осажденный с барием	гидрат закиси никеля, осажденный без бария
Никеля, не менее . . . . .	56,5	57,5
Бария к никелю . . . . .	1,7—2,3	—
Железа к никелю, не более . . . . .	0,26	0,26
Сульфат-иона к никелю, не более . . . . .	1,7	1,7
Влажности, не более . . . . .	7	7

Примечание. В массе из гидрата закиси никеля, осажденного с солью кобальта, содержится, кроме того, 2,0±0,3% Со (содержание графита, который уже находится в массе гидрата закиси никеля наряду с кобальтом, не приводится).

Влажность высушенного гидрата закиси никеля не должна превышать 7%.

Определяют химический состав продукта (табл. 42). Высушенный гидрат закиси никеля размалывают мельницей\*.

После производят гранулометрический анализ (определение размера частиц) гидрата закиси никеля.

Гранулометрический состав гидрата закиси никеля: остаток на сите с сеткой № 0355 ГОСТ 6613—53 не более 20%; остаток на сите с сеткой № 0150 не более 60%; проход через сито с сеткой № 0063 не более 30%.

Если для сушки гидрата закиси никеля применяют барабанные сушилки, размер его частиц должен соответствовать следующим требованиям: остаток на сите с сеткой № 1 не более 12% и в отдельных партиях не более 15%; проход через сито с сеткой № 0063 не более 30%.

Гидрат закиси никеля перед его смешиванием с отдельными компонентами массы должен храниться в закрытых бочках или ларях. Срок хранения гидрата закиси никеля не более одного месяца.

### § 93. ПРИГОТОВЛЕНИЕ АНОДНОЙ МАССЫ

Применяемые рецептуры положительной массы для щелочных аккумуляторов имеют ряд отличий, обусловленных областью применения анодной массы.

Для тяговых железоникелевых аккумуляторов ТЖН-250, ТЖН-500 и др. с целью обеспечения нормальной емкости содержание никеля в анодной массе должно быть относительно высокое — 45—47%. В соответствии с этим в массе количество щелочи (прибавление щелочи преследует улучшение брикетированности массы на роликовых машинах брикетирования) должно быть небольшим (с увеличением количества щелочи в массе уменьшается содержание гидрата никеля в единице объема).

Содержание графита в массе для всех типов железоникелевых аккумуляторов не специального назначения (накальных, тяговых, фонарных, шахтных) одинаково: 16,5—18,5%.

Исходными материалами для приготовления анодной массы являются: гидрат закиси никеля (готовый продукт), графит, гидрат окиси бария (только для аккумуляторов типа КН и ЖН) и раствор едкого натра или едкого кали.

Все компоненты смеси (табл. 43) перемешивают в мешалке. Применяют обычные, периодически действующие мешалки, а в последнее время — мешалки непрерывного действия, встроенные в поточную линию. После смешения компонентов смеси готовую массу сыпают в бочку и направляют в электродный цех. В ряде случаев масса, извлеченная из мешалки, с целью снижения удельного

\* Размолу не подлежит гидрат закиси никеля, высушенный в барабанном сушилке, ввиду его измельчения в процессе сушки.

## Рецептура массы для положительного электрода

Компоненты	Содержание, %		
	вальцованная масса для КН, ЖН	многократно вальцованная масса для КН-14, 2КН-32	масса для тяговых и фонарных аккумуляторов
Гидрат закиси никеля, осажденный без соединения бария (в пересчете на никель) . . . . .	43—45	Не менее 70	—
Гидрат закиси никеля, осажденный совместно с соединением бария (в пересчете на никель) . . . . .	—	—	45—47
Графит* . . . . .	16—16,5	26,0—26,5	16,5—18,5
Гидроокись бария в пересчете на барий к никелю (Ba/Ni) . . . . .	2,1—2,4	3,4—3,8	—
Раствор едкого натра или едкого кали плотностью 1,09—1,11 г/см <sup>3</sup> . .	6,5—9,1	30—32	1,5—6,0

\* Графит не вносят в массу, если она получена осаждением гидрата закиси никеля на графите.

объема подвергается однократной прокатке на вальцах (для кадмиево- и железоникелевых аккумуляторов специального назначения, предназначенных для средств связи).

Прокатка массы, изготовленной из гидрата закиси никеля, высушенного во вращающихся обогреваемых газом сушилах, является обязательной.

В высушенную и размолотую никелевую массу с солью кобальта (для тяговых аккумуляторов) вносят дополнительное количество раствора сернокислого кобальта плотностью 1,27—1,28 г/см<sup>3</sup> из расчета на 100 кг массы 7,5—7,8 л раствора (что составляет 2,0—0,3% Со/Ni).

Прокатку массы производят в следующем порядке:

выгружают массу в приемный бункер вальцов;

открывают задвижку (нижний шибер) бункера для подачи массы на вальцы;

включают привод шнека, привод мельницы для размолота отвальцованной массы (фольги) и привод вальцов;

размолотую массу из приемного бункера мельницы выгружают в железную бочку и при помощи специальной тележки транспортируют к месту хранения.

В начале каждой смены мастер или технолог цеха должен проверять микрометром толщину отвальцованных лепестков массы (фольги). Толщина фольги должна быть не более 0,5 мм.

Для некоторых специальных типов аккумуляторов (КН и ЖН) с целью получения высокой удельной емкости необходима большая степень использования никеля при разряде, что достигается многократной прокаткой анодной массы.

## Состав готовой массы для положительных электродов

№ п/п	Компоненты	Содержание, %		
		вальцованная масса для КН; ЖН аккумуляторов	многократно вальцованная масса для КН-14; 2КН-32 аккумуляторов	масса для шахтных ТЖН, ТКН и фонарных ЖН; КН аккумуляторов
1	Никель . . . . .	43—45	41	45—47
2	Графит . . . . .	15—17	15—18	—
3	Графит плюс нерастворимый остаток . . . . .	—	—	18—20
4	Барий (к никелю) . . . . .	1,7—2,3	1,7—2,3	1,7—2,3
5	Железо (к никелю), не более . .	0,65	0,65	0,65
6	Сульфат-ион (к никелю), не более	1,7	—	1,7
7	Магний (к никелю), не более . .	0,12	0,12	0,12

Примечание. Для активной массы с кобальтом: Ni не менее 41,5%, Со/Ni—4,0—0,2% (содержание Со, вводимого в смеситель, не менее 1,7%), плотность массы не более 0,77 г/см<sup>3</sup>.

При многократном пропускании анодной массы с добавкой 20%-ного раствора щелочи через мощные вальцы значительно уменьшается крупность зерен (особенно графита) и вследствие этого возрастает коэффициент использования никеля в массе. Получающаяся в результате вальцевания фольга в зависимости от зазора между валками имеет различную толщину. Чем меньше толщина фольги, тем выше эффект вальцевания.

Вальцевание анодной массы позволяет стандартизировать ее удельный объем и повысить использование никеля до 80—90% теоретической величины (при многократном вальцевании).

Недостатком анодной массы многократного вальцевания в случае ее применения в щелочных аккумуляторах обычной конструкции является значительное снижение срока службы последних вследствие вымывания анодной массы из электродов.

Готовая анодная масса должна храниться в закрытых бочках или деревянных ларях. Срок хранения массы не более одного месяца. От каждой партии массы берется проба на анализ; данные анализа вносятся в паспорт данной партии.

Состав готовой массы приведен в табл. 44.

Емкость готовой анодной массы стандартной ламели-электрода является основным ее параметром.

Ламельный электрод представляет собой прямоугольную пластинку (ламель), изготовленную из перфорированной стальной ленты и заполненную брикетом испытуемой массы. Давление при брикетировании массы 41 410 кПа (410 кгс/см<sup>2</sup>) и при гофрировании электрода 35 350 кПа (350 кгс/см<sup>2</sup>).

Положительный электрод помещают в стаканчик между двумя вспомогательными отрицательными ламелями; электролитом слу-

жит раствор едкого натра плотностью  $1,18 \pm 0,01$  г/см<sup>3</sup> с добавкой едкого лития  $5,0 \pm 0,5$  г/л.

Электродом сравнения при испытании служит цинковая цилиндрическая палочка ( $\varnothing$  5—6 мм) с добавкой 3—5% ртути. С помощью ее определяется относительный потенциал испытуемого электрода (по цинку).

Ламель с навеской массы 7,5 г заряжается током 200 мА в течение 12 ч, а затем разряжается током 140 мА каждый раз до потенциала  $\epsilon = 1,58$  В. Всего проводятся три цикла заряд — разряд.

Минимальная емкость ламели на третьем цикле зависит от назначения массы и должна составлять для аккумуляторов:

ЖН . . . . .	0,95 А·ч
Остальных типов . . . . .	0,90 А·ч
ТЖН экспортных и для массы, осажденной с графитом . . . . .	1,15 А·ч
ТКН экспортных . . . . .	1,20 А·ч
ТЖН с добавкой Со в массу . . . . .	1,35 А·ч

#### § 94. АППАРАТУРА, ПРИМЕНЯЕМАЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРАТА ЗАКИСИ НИКЕЛЯ

Фильтр-пресс высокого давления. Одной из важных операций получения положительной массы щелочных аккумуляторов является фильтрование суспензии гидрата закиси никеля (суспензия — это взвесь твердого вещества в жидкости).

Гидрат закиси никеля — вещество аморфное, т. е. такое, которое из-за крайне малых размеров частиц не имеет ясного кристаллического строения. При фильтровании суспензии гидрата закиси никеля аморфный осадок легко забивает поры фильтра и поэтому оказывает большое сопротивление прохождению через него фильтра.

Вследствие сильного роста сопротивления фильтрации по мере накопления осадка на фильтре, необходимы фильтр-прессы, развивающие высокое давление в камерах (рис. 146).

Для фильтрования суспензии гидрата закиси никеля применяют фильтр-пресс высокого давления камерного типа (рис. 147). Он состоит из фильтровальных плит, прижатых под давлением друг к другу и попарно образующих отдельные камеры. В плите имеется центральное отверстие; в системе чередующихся плит эти отверстия образуют общий соединительный канал. Этот канал служит для нагнетания суспензии в камеры. На плиту навешивается с двух сторон фильтровальная ткань (бельтинг), которая в центре плотно прижимается с помощью стягивающих втулок с фланцами. Снабженная фильтровальной тканью камера, образованная двумя соседними плитами, представляет собой пространство, ограниченное с двух сторон матерчатыми фильтрами, в которое поступает суспензия через отверстия центральных втулок.

Под давлением 1010 кПа (10 кгс/см<sup>2</sup>) фильтр проходит через поры фильтра, а затем через нижние сточные отверстия камеры

вытекает из фильтр-пресса в канализацию, осадок же, оседая на поверхности фильтра, постепенно заполняет собой пространство, образованное двумя соседними фильтрами камеры. Осадок, образовавшийся при фильтровании на фильтрующей поверхности, удаляется после разборки фильтр-пресса.

В состав установки входят: собственно фильтр-пресс, диафрагменный насос и масляный насос для плотного сжатия плит камер.

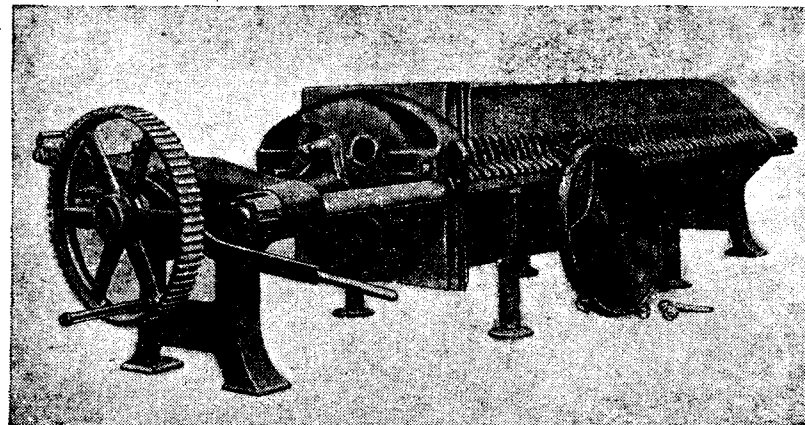


Рис. 146. Общий вид фильтр-пресса

Станина фильтр-пресса состоит из двух концевых литых чугунных круглых рам с опорами, соединенными двумя тягами, под середину которых установлены опорные ноги. На тяги устанавливаются плиты камер.

К одной из торцовых рам подключается на фланцах труба для нагнетания в фильтр-пресс суспензии гидрата закиси никеля; на другой имеется головка, в которой смонтировано устройство для гидравлического зажима камер с помощью масляного или плунжерного гидронасоса.

Диафрагменный насос имеет чугунную литую станину, на которой находятся два цилиндра с поршнем, соединенным с коленчатым валом, который в свою очередь сопряжен с маховиком посредством кривошипного механизма.

Регулирование давления осуществляют шаровыми клапанами по одному на каждый цилиндр.

При движении плунжера в цилиндре жидкость давит на резиновую мембрану. При колебательном движении плоской мембраны происходит попеременное всасывание суспензии из сборника и нагнетание жидкости в фильтр-пресс. Производительность насоса 6,4 м<sup>3</sup> суспензии в час.

Маслонасос, служащий для зажима камер фильтр-пресса, мо-

жет развить давление на зажимной головке в 20 200—22 200 кПа (200—220 кгс/см<sup>2</sup>), его производительность около 2 л/мин.

Порядок проведения операции фильтрования на фильтр-прессе следующий.

Фильтр-пресс предварительно промывают горячей водой в течение 30 мин; при этом вода проходит через все камеры, растворяя соли маточного раствора, оставшиеся от предыдущего фильтрования и находящиеся в порах ткани, и одновременно прогревая всю аппаратуру.

Схема аппаратуры и коммуникаций для фильтрования приведена на рис. 148. Суспензия из колоды-сборника 1 засасывается диафрагменным насосом 3 и под давлением нагнетается в камеры фильтр-пресса 5 при температуре 50—60° С.

Температура суспензии в колоде-сборнике поддерживается 60—70° С. Давление в камерах равномерно повышается с ростом сопротивления фильтрации, т. е. по мере накопления осадка на поверхности фильтрующей ткани. Клапаны диафрагменного насоса регулируют на максимальное давление 960—1010 кПа (9,5—10 кгс/см<sup>2</sup>). При повышении давления сверх максимального избыток его автоматически гасится клапанами. Началь-

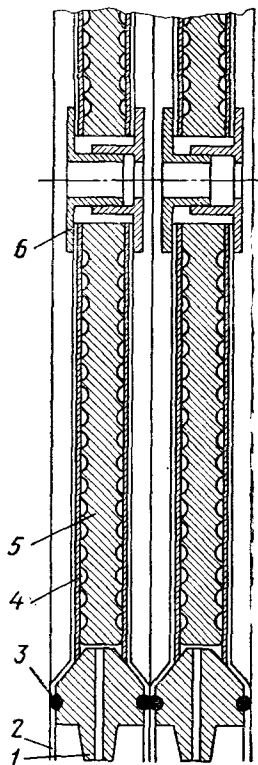


Рис. 147. Камера фильтр-пресса:

1 — отверстие для стока фильтрата, 2 — фильтрующая ткань, 3 — резиновый уплотнитель, 4 — перфорированный диск, 5 — корпус камеры, 6 — стягивающая втулка с фланцем

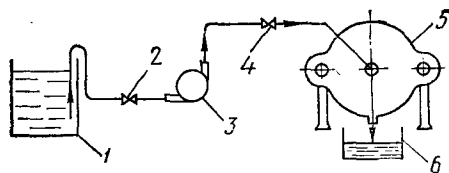


Рис. 148. Схема аппаратуры и коммуникаций для фильтрования:

1 — сборник для суспензии, 2 — кран на всасывающей линии, 3 — диафрагменный насос, 4 — кран на нагнетательной линии, 5 — фильтр-пресс, 6 — сборник фильтрата

ный период фильтрации, в течение которого давление доходит до максимального или рабочего, относительно невелик — 20—30 мин.

Фильтрат собирается в сборнике под фильтр-прессом, откуда он диафрагменным насосом 3 перекачивается в сборник суспензии, чем достигается улавливание потерь гидрата закиси никеля.

Содержание влаги в осадке гидрата закиси никеля при фильтровании изменяется в течение первых трех часов довольно резко,

а затем относительно медленно, что характеризуется кривой влагосодержание — время, приведенной на рис. 149.

Как следует из приведенной кривой, после 3,5—4 ч с начала фильтрования (с момента включения насоса) влажность осадка лишь в малой степени меняется со временем процесса. Таким образом, наиболее выгодная продолжительность фильтрования 4 ч; дальнейшее увеличение времени процесса произвольно. Производительность фильтр-пресса — 1,1 сухого гидрата в сутки. Смена матерчатых фильтров (салфеток) производится по мере их износа, но не позднее чем через 500 циклов фильтрации.

Сушила для сушки гидрата закиси никеля. Для сушки гидрата закиси никеля применяют различные типы сушил — барабанные, камерные, шахтные, полочные и др. Широкое применение на заводах, выпускающих щелочные аккумуляторы, получили сушила системы В. И. Строганова ВИС-42Д-К с поворачивающимися полками, применяемые для сушки сыпучих материалов (рис. 150).

В этом сушиле система полок составлена из отдельных поворачивающихся на 90° металлических пластин, кинематически связанных одна с другой. Кинематическая схема передачи для поворота пластин показана на рис. 151; она выполнена в виде цепного привода, имеющего один палец с роликом, который поочередно поворачивает кулачковые шайбы, связанные с рычагами; эти рычаги в свою очередь поворачивают соответствующие полки. При повороте пластин верхней полки на 90° материал пересыпается на пластины нижней полки, находящиеся в горизонтальном положении. Обратный поворот пластин производится пружиной.

В сушиле материал движется сверху вниз, а воздух — над материалом в горизонтальном направлении перекрестным током, благодаря чему расход электроэнергии на привод вентилятора невелик по сравнению с шахтными сушилами, в которых воздух продувается через слой материала (противотоком).

Подогрев воздуха производится паром в пластинчатых воздухоподогревателях.

Загрузка материала осуществляется при помощи аппарата, имеющего переменное-возвратное движение.

Материал поступает на первый транспортер, а с него — на нижний транспортер (каретку),двигающийся в горизонтальном на-

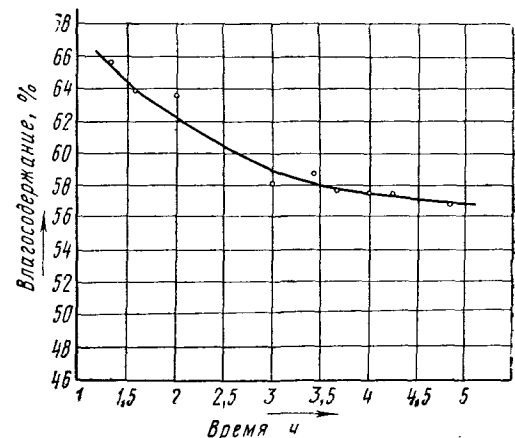


Рис. 149. Зависимость влагосодержания в «корже» от времени фильтрования

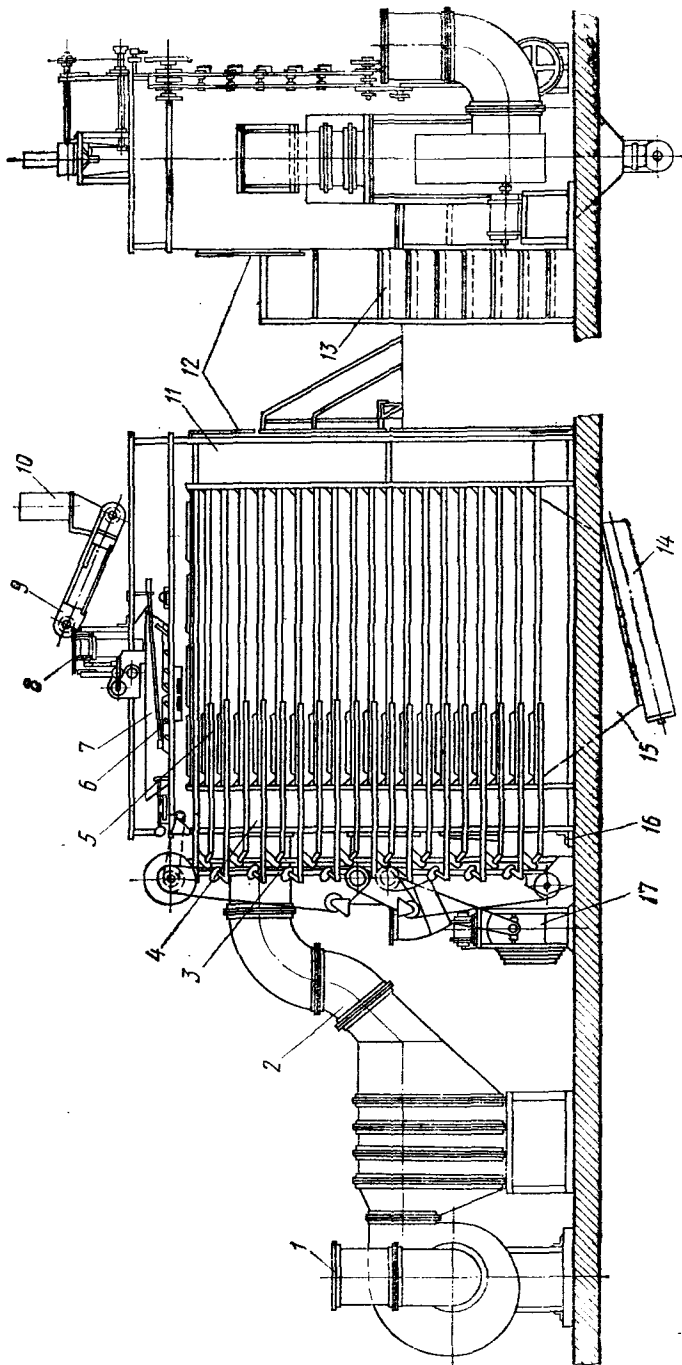


Рис. 150. Сушило системы В. И. Строганова ВИС-42Д-К для сушки сыпучих материалов:

1 — вход воздуха, 2 — узел подачи воздуха, 3 — приводная станция, 4 — левая коробка, 5 — рама с пластинами (20 шт.), 6 — правая загрузочная каретка, 7 — загрузочная каретка, 8 — загрузочный аппарат, 9 — дозатор, 10 — бункер для сырого продукта, 11 — правая коробка, 12 — торцевые двери (6 шт.), 13 — площадка с лестницей, 14 — шнек с винтом, 15 — выгрузочная воронка, 16 — крепление сушилки к фундаменту, 17 — колонка приводной станции

правлении и раздающий материал равномерно по всему сечению верхней полки. При этом загрузка материала происходит в два слоя при движении транспортера в том и другом направлении.

В сушиле предусмотрена предварительная подсушка материала на верхних полках для устранения его слипания.

*Краткая техническая характеристика*

количество полок — 20;  
 количество пластин в одной полке — 16;  
 общая полезная площадь полок — 42 м<sup>2</sup>.

Сушка гидрата закиси никеля производится следующим образом.

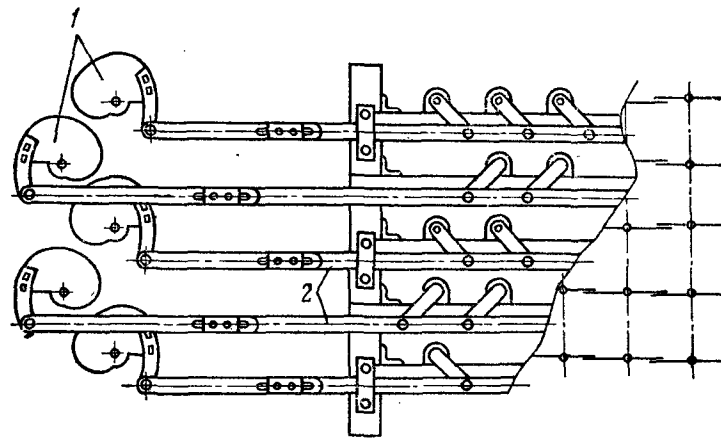


Рис. 151. Кинематическая схема передачи поворота пластин сушилки системы В. И. Строганова:  
 1 — кулачковая шайба, 2 — рычаг

Сушило перед загрузкой гидрата закиси никеля предварительно прогревается. Для этого открывают кран для подачи пара от паровых калориферов, включают верхний и нижний вентиляторы и после этого — электрокалорифер. Прогрев сушилки производят до температуры 140° С.

Тепловой контроль за работой сушилки осуществляется термометрами, установленными на воздухопроводе. Измеряют температуру на входе в сушилку, на выходе из сушилки приточного воздуха, при входе его в паровой калорифер.

По окончании прогрева включают электродвигатели приводов: верхнего и нижнего горизонтальных транспортеров, элеватора, сушилки, наклонного транспортера и шинковки-дозатора (волчка).

При нормальной загрузке бункера производительность шинковки-дозатора составляет 450—500 кг влажного гидрата закиси никеля в час.



Измельченный дозатором влажный продукт при помощи наклонного транспортера подается в загрузочную воронку над сушилом и далее посредством возвратно-поступательного движения каретки равномерно распределяется по верхней полке сушила.

Общее время пребывания гидрата закиси никеля в сушиле составляет 2 ч 30 мин. За это время материал поочередно проходит через 20 полок сушила. Каждая полка состоит из 16 пластин, которые через определенное время поворачиваются вокруг своей оси на 90° и сбрасывают материал на нижерасположенную свободную от загрузки полку. Возврат пластин полок в исходное горизонтальное положение происходит за счет пружинных тяг.

При сушке гидрата закиси никеля температура воздуха на входе в сушило должна быть не более 140° С. Нужно избегать его перегрева; уже при температуре 140° С происходит разложение материала с выделением связанной в кристаллах воды. В этом случае продукт приобретает темный цвет и для производства активной массы непригоден.

Гидрат закиси никеля после сушки выбирается из-под сушила наклонным шнеком, а затем последовательно передается на элеватор и горизонтальный транспортер, который перемещает продукт к центрифуге для отмывки его от маточных солей.

*Основные технические данные сушила:*

первоначальная загрузка гидрата никеля — 500 кг;  
съем влаги с полок — 5—5,5 кг/м<sup>2</sup>·ч;  
производительность по сухому продукту с конечной влажностью 15% — 220—240 кг/ч.

В отстойных камерах-циклонах ЦН-15 скапливается пыль гидрата закиси никеля, которую удаляют из камер через каждые 24 ч работы сушила.

Разгрузку отстойных камер-циклонов производят при отключенных электрокалориферах, верхнем и нижнем вентиляторах.

Обычный сушильный барабан для первой сушки имеет диаметр 1,2 м и длину 6 м. Приемную насадку на длине 900 мм выполняют винтовой с углом подъема 45°; высота лопасти 180 мм (количество лопастей по окружности 8 шт.). Основная насадка ячейкового типа на длине 7000 мм. Остальная длина барабана остается свободной от насадки. Роль насадки состоит в том, чтобы обеспечить тщательное перемешивание в тонком слое высушиваемого гидрата, что позволяет ускорить сушку и получить однородный по остаточной влажности продукт.

На разгрузочном конце барабана устанавливается подпорное кольцо диаметром 1200/840 мм, роль которого — задержать поступательное движение зерен гидрата закиси никеля настолько, чтобы время пребывания их в барабане было достаточным для удаления влаги из массы.

Все насадки, подпорное кольцо и листы разгрузочной камеры, соприкасающиеся с гидратом, выполняют из нержавеющей стали.

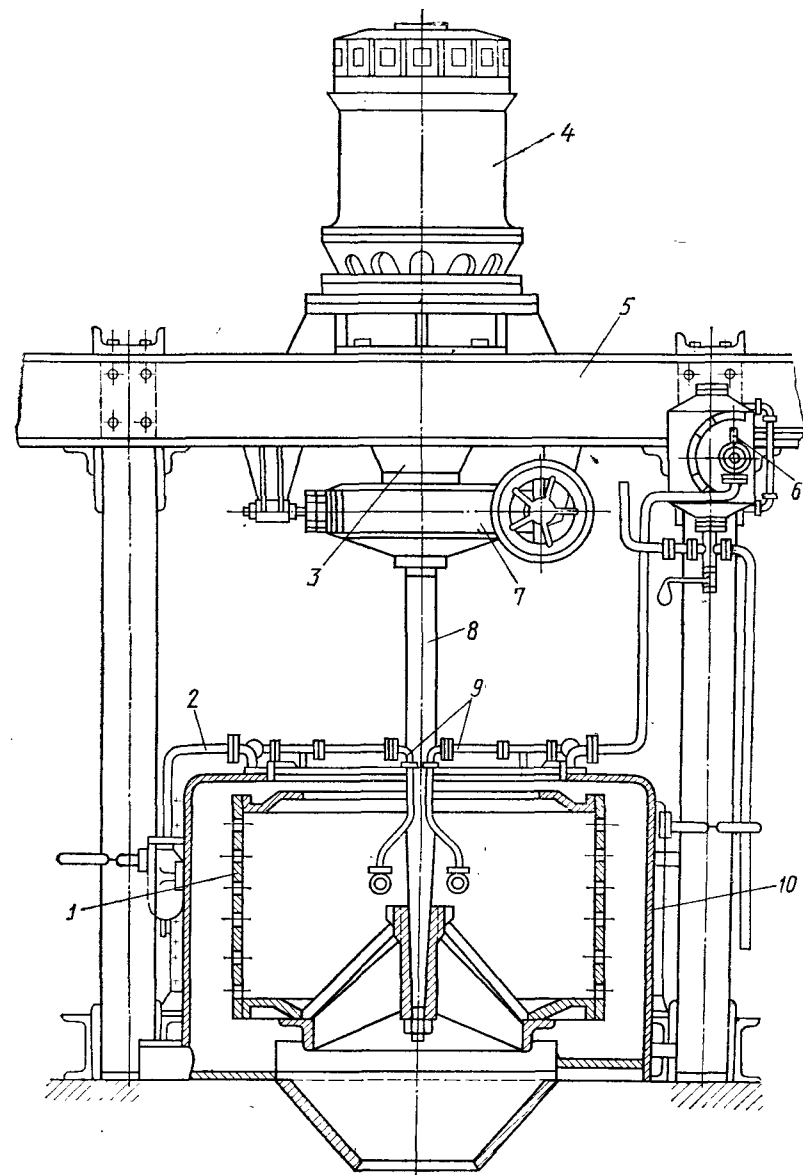


Рис. 152. Подвесная центрифуга с вертикальным валом:  
1 — барабан, 2, 9 — трубки для воды, 3 — стакан, 4 — электродвигатель, 5 — каркас,  
6 — распределительный вентиль, 7 — тормоз, 8 — вал, 10 — корпус

При числе оборотов барабана 4,7 об/мин угол наклона его принят равным 3°.

Сушка гидрата закиси никеля может производиться продуктами сгорания газа, омывающими массу, или же воздухом, подогретым в рекуператоре с топкой. Рекуператор представляет собой трубчатый змеевик, омываемый горячими продуктами сгорания топлива; через трубки змеевика циркулирует подогреваемый воздух.

При сушке гидрата закиси никеля непосредственно продуктами сгорания газа топка сжигания газа соединяется с барабанным сушилом. При сушке продукта воздухом последний, нагнетаемый вентилятором в рекуператор, после нагрева направляется в барабанное сушило. В том и другом случае поток газа направляется в направлении движения материала в сушильном барабане (прямоток), чтобы избежать опасного перегрева продукта. При выходе из барабана отработанный запыленный продукт сгорания газа или воздух направляется для очистки в циклон и после циклона при помощи вентилятора выбрасывается в атмосферу.

Центрифуга для отмывки гидрата закиси никеля. Высушенный гидрат закиси никеля промывают водой в центрифуге от остатков маточных солей.

Разделение суспензии гидрата закиси никеля в центрифугах производят по принципу фильтрования. Для этого используют барабаны, стенки которых с отверстиями снабжены на внутренней поверхности фильтрующей перегородкой (диафрагмой), например фильтровальной тканью.

При центрифугировании твердые частицы смеси остаются на фильтре, а жидкость проходит через поры твердого осадка и фильтрующей ткани и удаляется из барабана.

Подвесная центрифуга с вертикальным валом, применяемая для промывки гидрата закиси никеля, имеет следующую конструкцию (рис. 152).

Вал 8 вращается на шариковых подшипниках, заключенных в стакан 3, который укреплен на каркасе 5. Опорная муфта вала соединена с днищем барабана 1 при помощи спиц, между которыми происходит выгрузка осадка. Барабан 1 фильтрующего типа приводится в действие непосредственно от электродвигателя 4 или через передачу. Трубки для воды 2 и 9 служат для отмывки осадка водой. Обслуживание центрифуги осуществляется вручную.

#### § 95. УСТАНОВКА ДЛЯ МНОГОКРАТНОГО ВАЛЬЦЕВАНИЯ АНОДНОЙ МАССЫ

Установка для многократного вальцевания анодной массы (рис. 153) состоит из вальцовки 2, соединенной с приводом через клиновидную передачу. Валки вращаются в роликовых конических подшипниках, имеющих двойное лабиринтное уплотнение.

Регулировка зазора между валками осуществляется поворотом эксцентрических втулок, в которых установлены подшипники валков.

Валки охлаждаются водой, непрерывно поступающей в их внутреннюю полость. В качестве предохранительного элемента предусмотрена фрикционная конусная муфта. Внутри сварной станины, под валками, расположена дробилка 1, предназначенная для измельчения получающейся при вальцевании фольги.

Для очистки валков от налипающей массы установлены специальные скребки, прижимаемые к валкам пружинами.

Установка работает следующим образом.

Анодную массу загружают в отсек А бункера 5, после чего включают вальцовку 2 и секцию питателя 4. Из отсека А масса подается питателем на валки вальцовки 2, прокатывается между ними и в виде фольги толщиной 0,3—0,4 мм различной величины попадает на дробилку 1, где измельчается до лепестков размером 1—5 мм. Измельченная масса подается замкнутым скребково-ковшом 3 в распределитель 8, заслонка которого 7 предварительно устанавливается в положение I. По распределителю масса скатывается в отсек Б бункера 5, подается на валки, проходит дробилку и накапливается в отсеке А. Цикл повторяется несколько раз.

Перед последней прокаткой заслонка 9 переключается в положение II и масса из элеватора попадает не в бункер, а на дисмембраторную мельницу 10 и после размола собирается в бункер 11, откуда в емкостях 12 отправляется на место потребления.

Электрическая схема включает сигналы уровня массы в бункерах и счетчик числа прокаток массы.

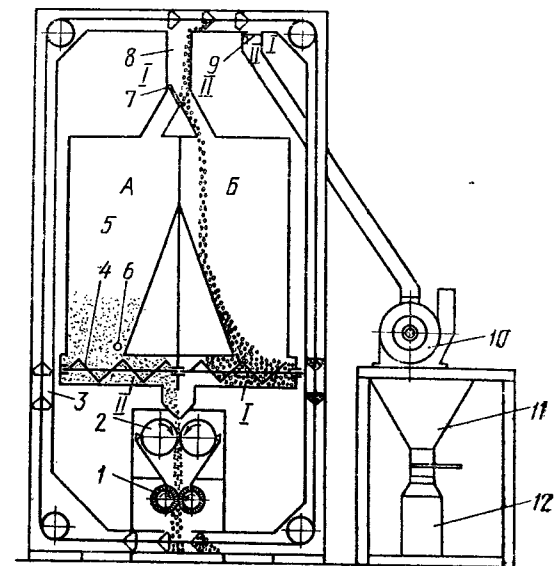


Рис. 153. Схема установки для многократного вальцевания анодной массы:

1 — дробилка, 2 — вальцовка, 3 — элеватор, 4 — питатель, 5, 11 — бункер, 6 — уровнимер, 7, 9 — заслонка, 8 — распределитель, 10 — дисмембраторная мельница, 12 — емкость

#### Основные технические данные установки

Диаметр валков, мм . . . . .	280
Длина валков, мм . . . . .	300
Скорость валков угловая, об/мин . . . . .	410
Скорость валков линейная, м/с . . . . .	6

Диапазон регулирования зазора между валками, мм . . . . . 0—3  
 Производительность установки . . . . . 350—400 кг в смену  
 для прокатанной  
 20 раз массы

*Контрольные вопросы*

1. Напишите реакцию получения гидрата закиси никеля. Объясните, почему эта реакция должна протекать при избытке щелочи в растворе.
2. Какова схема технологического процесса получения гидрата закиси никеля? Объясните, как должна осуществляться сушка продукта и почему опасен при этом перегрев.
3. Изложите способ приготовления анодной массы.
4. Расскажите об устройстве и принципе работы фильтр-пресса высокого давления.
5. Как осуществляется отмывка гидрата закиси никеля от маточных солей?
6. Как работает установка для вальцевания массы?

**Глава XV. ИЗГОТОВЛЕНИЕ АКТИВНОЙ МАССЫ  
 ДЛЯ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ**

**§ 96. ОСОБЕННОСТИ АКТИВНОЙ МАССЫ  
 ДЛЯ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДА**

Активная масса отрицательного электрода железоникелевых щелочных аккумуляторов состоит в основном из порошкового железа (металлического железа и его окислов).

Чистый железный электрод без примесей обладает относительно низким коэффициентом использования железа при разряде, повышение которого возможно лишь с помощью активирующих добавок. Особенно актуальным этот вопрос стал с применением в СССР железорудных концентратов вместо искусственной окиси железа, так в частности оказалось, что электрод из руды только тогда практически работоспособен, когда в него внесена добавка серы, оказывающая исключительно сильное активирующее действие.

Активирующее действие на электрод из железа проявляют и соли никеля.

Добавка серы в железную массу является мощным депассиватором железа при разряде электрода. Прочно адсорбируясь на поверхности металлического железа, сульфид-ионы затрудняют образование пассивирующего окисла, благодаря чему увеличивается активность активного растворения железа в щелочи.

Применение этой добавки особенно эффективно при работе железного электрода в условиях низких температур, повышенных разрядных токов, после длительного хранения аккумуляторов.

Количество сульфидной серы, которое необходимо вводить в железный электрод для получения оптимальных электрических характеристик, составляет от 0,15 до 0,2% S"/Fe.

Железная масса для отрицательных электродов щелочных аккумуляторов получается восстановлением предварительно обогащенной (очищенной) железной руды и искусственной окиси железа, полученной из сульфата или гидрата окиси железа.

**§ 97. ПОЛУЧЕНИЕ ОЧИЩЕННОЙ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОКИСИ ЖЕЛЕЗА  
 ГРАВИТАЦИОННЫМ БОГАЩЕНИЕМ РУДЫ**

Естественную окись железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) для нужд аккумуляторной промышленности получают из криворожской маритовой руды «синька».

Очистка руды от вредных примесей производится механическим обогащением. Руда, подвергающаяся обогащению, должна иметь состав:

Компоненты	Содержание, %
Железо (общее), не менее . . . . .	64,00
Кремний, не более . . . . .	4,50
Алюминий, не более . . . . .	0,50
Кальций, не более . . . . .	0,04

Содержание примесей металлов дано по отношению ко всему железу, находящемуся в руде.

*Гравитационным обогащением* называется метод разделения минеральных зерен различной плотности, основанный на различии в движении этих частиц в жидкости в результате совместного действия на них внешней силы тяжести.

Схема гравитационного обогащения руды приведена на рис. 154.

Железная руда («синька») из бункера 1 при помощи шнекового питателя 2 (Ø400 мм) подается в односпиральный классификатор 3 (КС-5), в который поступает вода из водопровода. Назначение классификатора — отделить основную часть пустой породы (кремнекислые соединения, алюмосиликаты), которая в виде тонкого шлама, находящегося во взвешенном состоянии в рудной пульпе, стекает через порог классификатора. Поступление воды в классификатор регулируется таким образом, чтобы через сливной порог отделялась основная часть тонкой фракции руды (крупность (—) 0,044 мм). Слив этой фракции самотеком поступает в контактный чан 15 с мешалкой.

Крупная фракция руды (пески), осаждающаяся на дно классификатора, перемещается спиралью шнека и затем поступает на грохот 4 (ГЖД-1, 400×800 мм) с целью отделения крупной фракции от мелкой (—) 1,2—1,4 мм (более богатой железом).

Фракция (+) 1,2—1,4 мм собирается с сита грохота в тару 22 и отправляется автотранспортом за пределы завода, а более мелкая фракция в виде пульпы, пройдя через сито, самотеком поступает в зумпф 5 — сосуд с коническим дном, с присоединенным к нему песковым насосом 6 (НПГ-2).

Насос подает пульпу при давлении 50,5—101 кПа (0,5—1,0 атм) в гидроциклон 7 (Ø150 мм). В гидроциклоне происходит разделение материала пульпы по крупности вследствие действия центробежной силы, возникающей от кругового движения пульпы при ее поступлении в гидроциклон через тангенциально расположенный

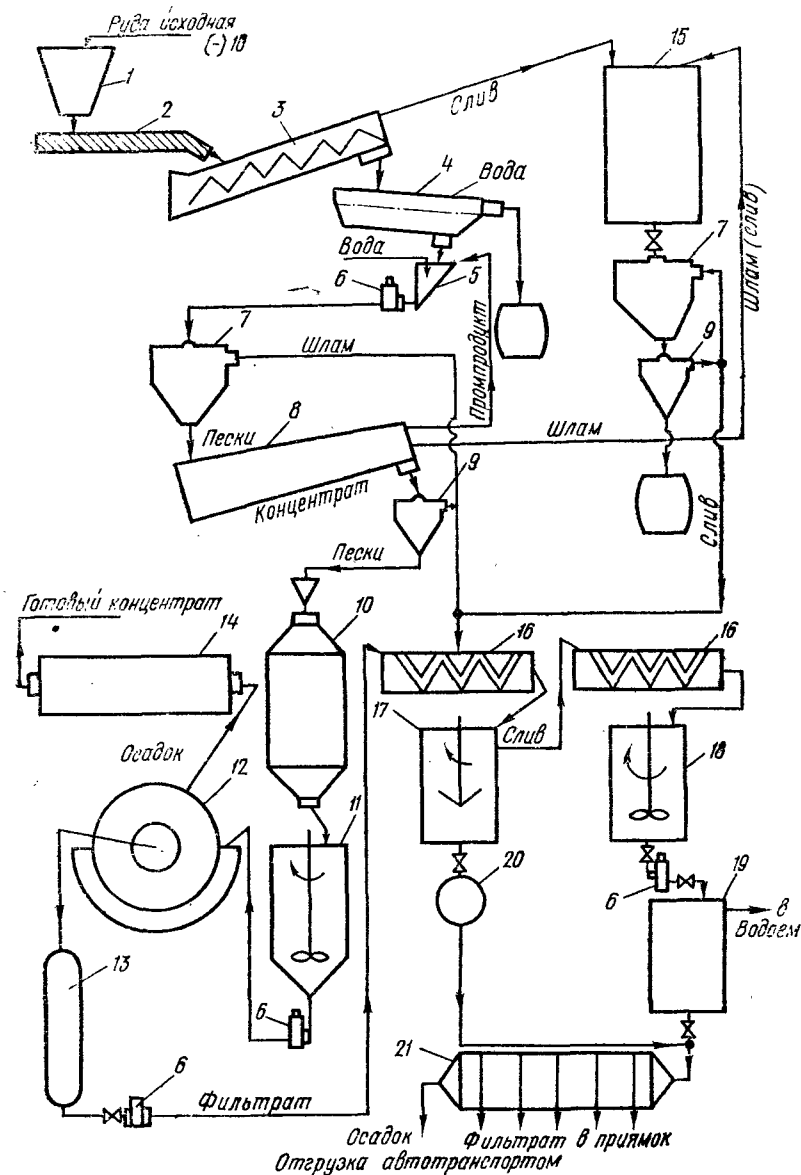


Рис. 154. Схема гравитационного обогащения руды и очистки сточных вод при этой операции

патрубок. При этом более крупные частицы пульпы (пески) как более тяжелые осаждаются в конической части гидроциклона, а мелкие (шлам) уходят с обедненной пульпой через верхний патрубок. Постоянство режима работы гидроциклона обеспечивается регулировкой подачи воды в зумпф 5.

Пульпа после обезвоживания и удаления шлама поступает из гидроциклона на концентрационный трехъярусный сдвоенный стол 8 (ЯСК-1А), на котором происходит разделение зерен руды на три фракции в соответствии с их удельной массой: концентрат (богатый железом), промпродукт и шлам (пустая порода в пульпе).

Концентрат направляется на дальнейшую переработку — в обезвоживающий конус 9, промпродукт — в зумпф 5 и далее на повторную очистку на концентрационном столе 8, а шлам (хвосты производства) — в контактный чан 15.

Сгущенная пульпа концентрата поступает по лотку из нижней части конуса 9 в шаровую мельницу 10 (4ШМ-0 с решеткой СМ-603) для размол концентрата. Вода с частицами через патрубок конуса подается в аппарат 16. Содержание в пульпе твердого рудного концентрата, поступающего на размол, должно быть не менее 70%, такая же плотность по твердому должна поддерживаться в пульпе размолотого концентрата (в разгрузке), поступающей из мельницы.

Пульпа размолотого концентрата по лотку поступает в контактный чан с мешалкой 11, откуда периодически насосом 6 (НПГ-2) перекачивается в корыто вакуум-фильтра 12.

Разрежение воздуха на вакуум-линии не менее 45,7—53,3 кПа (350—400 мм рт. ст.). Осадок на фильтровальной ткани не менее 5 мм. Съем осадка производится ножом. Фильтрат, накапливаемый при работе вакуум-фильтра в ресивере 13, удаляется насосом НП-1 в аппарат 16.

Снимаемый с фильтра осадок поступает через течку аппарата 12 в сушильный барабан 14 (ГТС-У). Температура сушильного агента при входе в барабан не менее 700°С.

Высушенный рудный концентрат имеет влажность не более 1,0%. В таком виде он идет в цех для получения из него отрицательной активной массы (восстановление естественной и искусственной окиси железа).

#### § 98. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД, ПОЛУЧАЕМЫХ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ РУДЫ

Для очистки сточных вод (хвостов), образующихся при гравитационном обогащении руды до такой степени, когда их можно без вреда для водоемов и рек спускать в канализацию, применяется ряд аппаратов в отделении очистных сооружений (см. схему рис. 154).

Сточные воды образуются из слива с классификатора 3, концентрационного стола 8, гидроциклона 7, обезвоживающего конуса 9, из фильтрата с ресивера 13 и сточных вод от смыва полов.

Воды с классификатора и концентрационного стола направляются в контактный чан 15; а с гидроциклона, обезвоживающего конуса и фильтрата — в ершовый смеситель 16.

Пульпа из контактного чана 15 используется следующим образом. Она подается в гидроциклон 7 (Ø 150 мм) над обезвоживающим конусом 9. Слив гидроциклона и конуса направляется в ершовый смеситель 16. Пески обезвоживающего конуса 9 загружаются в тару и направляются за пределы предприятия.

Сточные воды, поступающие из разных аппаратов в ершовый смеситель 16, из него самотеком направляются в радиальный сгуститель 17.

Для коагуляции (осаждения) твердой части стоков одновременно с этим в ершовый смеситель подаются скиповыми питателями (2ПРС-1, ВПРС-2) реагенты-растворы сернокислого (закисного) железа и едкого натра. Хлопья осадка при коагуляции осаждаются на дно радиального сгустителя 17 и собираются мешалкой в центральную часть аппарата.

Со дна радиального сгустителя осадок в виде пульпы подается диафрагменным насосом 20 (СМ-938) под давлением 6 атм на фильтр-пресс 21 (1М-820) для фильтрации. Фильтрат с фильтр-пресса поступает самотеком по дренажной системе в приемок под радиальным сгустителем, куда также направляются сточные воды от мытья полов.

Из приемка сточные воды подаются при помощи погружного насоса (ПНВГ-3) в ершовый смеситель 16, расположенный над радиальным сгустителем 17, и проходят в последнем вышеописанную обработку (для коагуляции твердого вещества).

Все сточные воды, находящиеся в радиальном сгустителе, после выпадения осадка на его дно (от введенных реагентов) переливаются через лоток во второй ершовый смеситель 16, куда также вводятся реагенты для вторичной коагуляции оставшихся твердых веществ.

Затем стоки поступают в железобетонную емкость 18, откуда центробежным насосом 6 (НППГ-2 с производительностью 30 м<sup>3</sup>/ч) подаются через воздухоотделитель в осветлитель для окончательной очистки и осветления.

Очищенные сточные воды с лотка-осветлителя самотеком поступают по канализационной системе в водоем.

Шлам же, улавливаемый в осветлителе 19, периодически по мере накопления отводится с помощью диафрагменного насоса 20 на фильтр-пресс 21 для фильтрации.

Таким образом, фильтр-пресс фильтрует шлам как в сточных водах, проходящих через первый ершовый смеситель, так и в водах после повторной их обработки реагентами во втором ершовом смесителе и осветления в аппарате.

Кек (осадок на фильтровальной ткани) с фильтр-прессов затаривается (в бочки) и затем вывозится с территории предприятия.

Некоторые технические данные процессов обогащения руды и очистки сточных вод приведены в табл. 45.

Данные процессов обогащения руды

Наименование продукта	Масса, т	
	влажная	в пересчете на сухую
Обогащенный рудный концентрат при влажности не более 1% . . . . .	6,7	6,65
Кек (осадок) с фильтр-прессов при влажности 18—22% . . . . .	9,7	7,75
Отходы (пески) с грохота 4 при влажности 8—10% . . . . .	4,0	3,6

### § 99. ФЛОТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ РУДЫ

Сущность процесса *флотации* состоит в том, что в пульпе создаются условия, при которых одни тонкоизмельченные минералы всплывают на поверхность пульпы, а другие остаются в нижних ее слоях. При этом используются как природные свойства минералов, так и измененные при помощи химических реагентов.

Из методов флотации наиболее распространен пенный процесс, когда частицы минералов отделяются с пузырьками воздуха в виде пены.

Различают прямую и обратную флотацию руды. Прямой процесс состоит в удалении с пульпой полезного минерала, получение которого является целью обогащения руды.

Для обогащения криворожской руды «синька» применяется обратная пенная флотация, т. е. процесс удаления с минерализованной пеной вредных примесей — силикатов и алюмосиликатов; в этом случае полезный минерал — концентрат руды остается на дне аппарата, из которого производят его разгрузку.

Для регулирования и управления процессом флотации применяют флотационные реагенты, основное назначение которых состоит в том, чтобы усилить разницу во флотации различных минералов и отделить полезные минералы от минералов пустой породы, повысить прочность прилипания частиц пустой породы к пузырькам воздуха, улучшить образование в пульпе мелких пузырьков воздуха и создать условия для образования устойчивой минерализованной пены на поверхности пульпы.

Флотационные реагенты по характеру своего действия на флотацию руды условно делятся на следующие группы.

Пенообразователи — слабо растворимые в воде органические вещества, обладающие свойствами образовывать на поверхности воды мелкую обильную и устойчивую пену, способную удерживать большое количество частиц отфлотированных минералов.

Собиратели (коллекторы) придают определенным минералам гидрофобность (плохую смачиваемость в воде), способствующую закреплению их на пузырьке воздуха. Очень активны так

называемые катонные коллекторы — органические соединения, которые в водном растворе распадаются на ионы, из них катион играет роль коллектора.

Регуляторы — различные химические реагенты, назначение которых либо активировать поверхность минералов для обеспечения соединения их с коллекторами, либо, наоборот, сделать поверхность минералов гидрофильной (хорошо смачиваемой водой), а также содействовать избирательному закреплению собирателей на флотируемых минералах.

Обычно регуляторами являются растворимые в воде соли, основания и кислоты.

При флотации окисленных руд (соединений металлов с кислородом) черных металлов в пульпе создается кислая или щелочная среда. В большинстве случаев для флотации руд черных металлов более рациональна щелочная среда, которая создается в пульпе руды добавкой соды, едкого натра или извести.

Подавители (депрессоры). Их действие заключается в том, что они избирательно покрывают поверхность минералов (в данном случае зерна мартитовой руды) гидрофильной пленкой, хорошо смачиваемой водой, вследствие чего эти минералы не прилипают к пузырькам воздуха и не всплывают на поверхность пульпы. Наиболее эффективным подавителем железных окисленных минералов является растворимый крахмал.

Для флотации мартитовой криворожской руды применяют следующие флотореагенты: синтетические катионные собиратели ИМ-11 или АНП; пенообразователь — сосновое масло, подавитель — крахмал (растворимый), регулятор — сода.

На рис. 155 приведена аппаратная схема флотационного обогащения криворожской руды «снька».

С помощью грохота 1 типа ГЖ-1 и дробилки 2 типа ДВГ-2 производят рассев и последующее измельчение исходной фракции.

Фракция руды меньше 5 мм шнековым питателем 3 подается в односпиральный классификатор 4 типа 1-КС-50, который работает в замкнутом цикле измельчения с шаровой мельницей 5 типа 4-ШМ-О.

Параллельная работа классификатора с шаровой мельницей дает возможность автоматического контроля степени измельчения продукта, поступающего на дальнейшую обработку.

Измельчение в шаровой мельнице производится с целью раскрытия зерен основного рудного минерала для отделения от него пустой породы и уменьшения величины минеральных частиц до 74 мкм, что диктуется условиями нормального процесса флотации руды (фракция 74 мкм должно быть около 95%).

В процессе помола в мельницу непрерывно подается вода; одновременно с водой вносится отдельными порциями с помощью ковшового или скипового питателя 16 2%-ный раствор соды.

Подача соды в мельницу имеет своей целью повысить селективность (избирательность) флотации и снизить расход собирателя — катионного реагента.

После измельчения подлежат удалению из пульпы тонкие фракции (шламы), в основном пустой породы с размером зерен 5—20 мкм, осложняющие флотацию и вызывающие повышенный расход реагентов.

Удаление шламов из пульпы осуществляется с помощью двух гидроциклонов 7, в которых разделение материала по крупности происходит вследствие центробежной силы, возникающей от кругового движения пульпы при ее поступлении в гидроциклон через

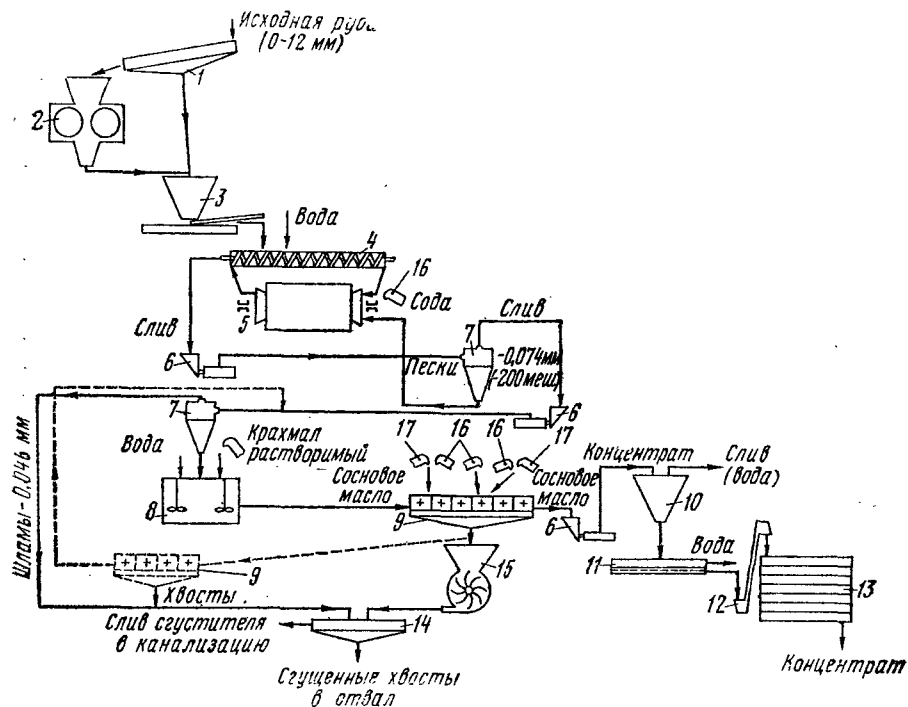


Рис. 155. Аппаратурная схема флотационного обогащения руды

тангенциально (по касательной) расположенный патрубок. При этом более крупные частицы (пески) как более тяжелые уносятся в коническую часть гидроциклона, а мелкие сбрасываются с обедненной пульпой через верхний патрубок в сгуститель 14, а затем в отвал. По схеме предусмотрена двухступенчатая система обесшламливания (два гидроциклона) с целью максимального снижения расхода реагентов.

Пески из последнего гидроциклона 7 с плотностью 30—35% (по твердому) поступают непрерывно в агитатор 8, где пульпа интенсивно перемешивается (150 об/мин) с целью удаления с поверхности зерен минерала частичек пустой породы (обдирка).

В агитатор скиповым (ковшовым) питателем подается одновременно с пульпой 1%-ный раствор крахмала.

Из агитатора пульпы поступает в карман первой камеры флотомашин 9, из которой она последовательно переходит из камеры в камеру, подвергаясь обогащению.

В первую, третью и четвертую камеры подается скиповыми питателями 16 5%-ный раствор катионного реагента АНП или ИМ-11 из расчета: в первую камеру — 40% реагента, подаваемого во флотомашину; в третью — 35%; в четвертую — 25%.

В первые две точки аппарата подается, кроме того, сосновое масло отдельными каплями из капельницы 17.

Концентрат (песковый продукт) спускается через песковый клапан последней камеры машины и сгущается в обезвоживающем конусе 10.

Далее следует фильтрация сгущенной пульпы, поступающей из обезвоживающего конуса, на нутч-фильтре 11. Густая масса концентрата с нутч-фильтра подается элеватором 12 на подовое сушило 13 для сушки. Высушенный концентрат затаривается в бочки и отправляется на восстановление.

Из флотомашин пенный продукт, имеющий большой объем, попадает в вентилятор 15, который своими лопастями разбивает пену, уменьшая этим ее объем.

В случае надобности за вентилятором устанавливается сгуститель пенного продукта 14. (Пунктиром показан второй флотоаппарат для перечистки пенного продукта, поступающего из первого флотоаппарата 9.)

Зумпф с насосом 6 служит для перекачки пульпы от одного аппарата схемы к другому в соответствии с технологическим процессом. Выход годного концентрата (от исходной руды) 65—70%.

Обогащенная на сотрясательных столах или с помощью флотоаппарата мартитовая руда должна содержать лишь небольшое количество примесей. Максимальные содержания примесей (в %) приведены ниже.

Железо (общее), не менее . . . . .	69
Кремний, не более . . . . .	0,7
Алюминий » . . . . .	0,16
Кальций » . . . . .	0,04
Марганец » . . . . .	0,04
Титан » . . . . .	0,03
Влагн » . . . . .	0,1

Содержание примесей металлов дано по отношению ко всему железу, находящемуся в концентрате руды.

Для гравитационного концентрата удельная поверхность зерен 800—1000 см<sup>2</sup>/г или при ситовом рассеве его остаток на сите № 0,315 не более 4% и проход через сито № 0,063 не более 53%.

Обязателен контроль каждой партии концентрата на содержание в нем примесей Si/Fe и Al/Fe (остальные примеси проверяются эпизодически по мере надобности, как то Са, Мп, Ti).

Приведенная нами схема флотации руды «синька» является полной. На предприятиях она несколько упрощена, что снизило качество получаемого концентрата.

В ряде случаев можно упростить схему, исключив из нее грохот 1 и дробилку 2, при этом исходная руда шнеком непосредственно направляется в шаровую мельницу 5. Кроме того, можно исключить гидроциклоны 7 для удаления шлама из пульпы.

В упрощенной технологии может отсутствовать сосновое маслопенообразователь при флотации.

На предприятии производительность флотационной установки по концентрату составляет 7—7,5 т в сутки.

Расход флотационных реагентов на 1 т руды (кг): соды — 0,8—1,0; крахмала — 2,0—2,5; реагента АНП — 0,75—1,0.

#### § 100. ВОЗМОЖНОСТЬ ЗАМЕНЫ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ «СИНЬКА» МАГНЕТИТОВОЙ РУДОЙ

Остановимся на возможности применения перспективных магнетитовых руд, широко распространенных в СССР.

Магнетитовые руды, предназначенные для металлургической переработки предварительно подвергают размолу и мокрому магнитному обогащению на горно-обогатительных комбинатах, благодаря чему содержание примесей в них снижается до 7—10%. Такой металлургический концентрат, конечно, недостаточно чист для применения в аккумуляторах, но он дешев, выпускается в больших количествах, не требует последующего восстановления в печах и поэтому как исходный материал для получения из него чистого концентрата (суперконцентрата) для аккумуляторов может с успехом быть использован в аккумуляторной промышленности.

Схематически технология обогащения металлургического концентрата состоит из следующих операций:

магнетитовый концентрат —→классификация и измельчение —→магнитная сепарация —→флотация обратная (в слабощелочной среде с реагентом АНП) —→обработка кислотой (для удаления солей кальция и магния) —→фильтрация и сушка.

Выход готового продукта составляет около 70%. Предполагается, что себестоимость железной массы из магнетитового концентрата должна быть на 40—50% ниже, чем в случае применения «синьки», в основном за счет исключения операции восстановления концентрата в печах.

#### § 101. АППАРАТУРА, ПРИМЕНЯЕМАЯ ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ «СИНЬКА»

Концентрационный стол. Важнейшей частью оборудования, применяемого при гравитационном методе обогащения руды, являются концентрационные столы. Именно на них осуществляется гравитационное отделение руды от пустой породы и примесей.

На аккумуляторных заводах применяют большие концентрационные трехъярусные сдвоенные столы ЯСК-1А, имеющие следующие технические характеристики:



Ход деки стола . . . . .	15—16 мм
Число ходов деки стола . . . . .	300 в минуту
Плотность питания стола . . . . .	30—35% твердого вещества в пульпе
Угол наклона деки:	
верхней . . . . .	8°
средней . . . . .	6°
нижней . . . . .	3°

Для изложения принципа работы концентрационного стола рассмотрим конструкцию и работу упрощенного образца малого стола СС-1 или СС-2 (рис. 156).

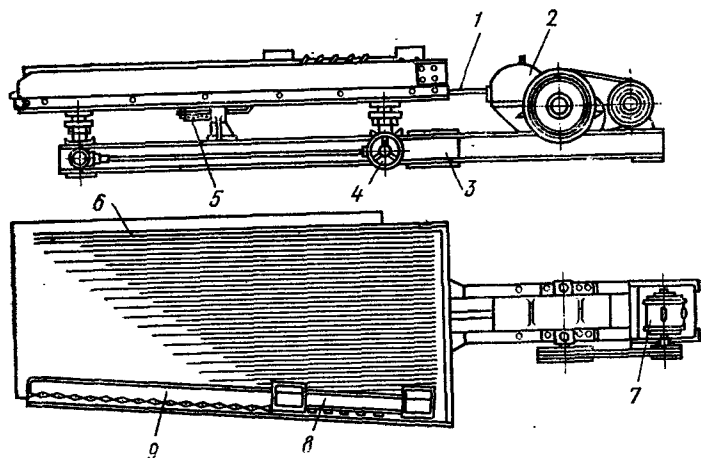


Рис. 156. Концентрационный стол для обогащения руды:  
1 — тяга, 2 — приводной механизм, 3 — рама, 4 — штурвал, 5 — пружина, 6 — дека, 7 — электродвигатель, 8 — лотки для руды, 9 — лотки для воды

Деку 6 стола изготовляют из сосновых досок и укрепляют на раме 3. Поверхность деки покрыта линолеумом, поверх которого прибиты нарифления из деревянных планок. В поперечном направлении дека наклоняется с помощью двух винтов, вращаемых через конические шестерни штурвалом 4.

Дека стола соединена тягой 1 с приводным механизмом 2, который вместе с пружиной 5, расположенной под декой, сообщает ей возвратно-поступательное движение.

Ход деки вперед осуществляется пружиной, а обратно — тягой приводного механизма. Эксцентриковый вал приводного механизма получает вращение от электродвигателя 7 при помощи шкива и клиноременной передачи. Электродвигатель установлен на плите, укрепленной на раме стола.

Для питания стола над декой установлены лотки 8 для руды и воды 9. Лотки имеют планки для регулирования количества поступающей руды и воды.

Угол наклона деки к горизонту можно изменять от 1° до 9°30'. При обработке мелкого материала этот угол берут меньшим, чем при обработке крупного.

Кроме поперечного наклона, дека имеет также повышение в сторону разгрузки концентрата. Продольный наклон составляет 9—30 мм на всю длину стола. Длина хода деки стола изменяется от 12 до 30 мм.

Так как обогащению на столе подвергают сравнительно мелкую фракцию руды, то применяют меньший ход и большое число качаний. Для обогащения применяют шламовый стол, предназначенный для обработки мелкой руды.

На концентрационном столе разделение зерен материала обусловлено наличием силы воды, текущей вниз по наклону стола, и силы инерции, передаваемой от привода и действующей под прямым углом к направлению течения воды. Тяжелые минеральные частицы при встряхивании пульпы на столе расположатся в нижних слоях, а частицы с меньшим удельным весом окажутся в верхних слоях. Вследствие этого частицы разных удельных весов двигаются по деке с различными скоростями. Минеральные зерна движутся в соответствии со своей удельной массой по расходящимся под углом прямым линиям и сходят с поверхности стола в различных точках.

Расслоенная масса зерен, двигаясь в продольном направлении, будет постепенно выходить из-за нарифлений: сначала самые верхние слои легких частиц, которые смываются текущей в поперечном направлении водой, затем из-за нарифлений выйдет слой средней удельной массы, который будет смыт водой позднее, и, наконец, появятся частицы тяжелого минерала, лежащие в нижнем слое; этот слой будет смыт водой позднее всех. Таким образом, скошенные нарифления способствуют тому, что слои продукта расходятся веером по поверхности стола.

Флотационная машина «Механобр-2». Функции машины — поддержание во взвешенном состоянии частиц руды в пульпе, перемешивание, насыщение пульпы воздухом для образования пены, непрерывная разгрузка пенного продукта (пустой породы) и концентрата.

Флотационная машина «Механобр-2» относится к машинам механического типа и имеет шесть камер (рис. 157). Камера 11 разделена перегородками, в которых имеются отверстия для установки регулятора уровня пульпы 7, снабженного рычажным устройством с противовесом. На дно камер положен футеровочный лист и установлены успокоители с вертикальными ребрами для гашения вращательного движения пульпы внутри камеры.

Для подачи пульпы в первую камеру служит загрузочный карман 6. Приемная труба 4 соединена с карманом и корпусом импеллера 2 и служит для подачи пульпы к последнему. В нижней части корпуса кармана имеется отверстие для прохода песков (концентрата, оседающего на дно аппарата), сечение которого может меняться при помощи пескового клапана 5.

Воздушный патрубок — воздушная трубка 8 служит для засасывания воздуха импеллером.

Отверстия 3 в нижней части воздушной трубки импеллера 2 перекрываются заслонкой 1, соединенной со штоком 9. Импеллер представляет собой несколько выпуклый к низу диск, в верхней части которого имеются радиально расположенные лопатки. Вокруг импеллера расположены неподвижные лопатки статора, составляющие одно целое с надимпеллерным диском. Последний крепится к наружному чугунному корпусу импеллера. Выпуклый диск жестко связан с валом импеллера 10, приводимым во вращательное движение от электродвигателя при помощи клиновидных ремней.

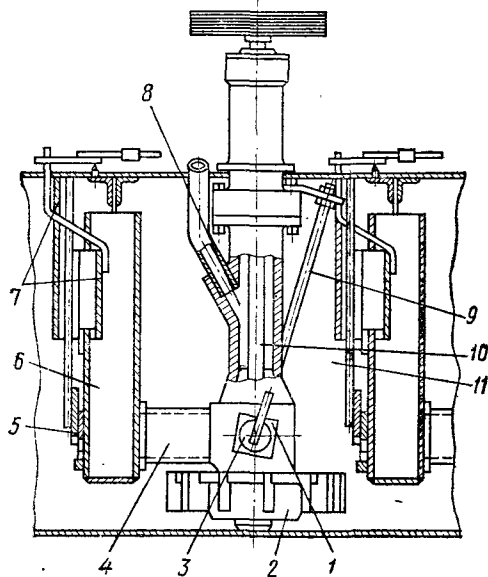


Рис. 157. Флотационная машина «Механобр-2»:

1 — заслонка, 2 — корпус импеллера, 3 — отверстие в трубке импеллера, 4 — приемная труба, 5 — песковый клапан, 6 — загрузочный карман, 7 — регулятор уровня пульпы, 8 — воздушный патрубок, 9 — шток, 10 — вал импеллера, 11 — камера

машина «Механобр-2» должна быть переделана, для чего воздушный патрубок 8 закрывают заглушкой, в приемной трубе 4 устанавливают стальную диафрагму с отверстием диаметром 60 мм, уменьшают ширину сливного порога в регуляторе уровня 7 и сечение пескового клапана 5, а также снижают число оборотов вала импеллера до 117 град/с (3500 об/мин).

Пульпа подается в загрузочный карман 6 первой камеры 11 откуда по приемной трубе 4 поступает в импеллер 2. Вращающимся импеллером в нижней части камеры (в зазоре между статором и импеллерным диском) создается разрежение. Благодаря чему атмосферный воздух поступает через приемный патрубок и воздушную трубку к импеллеру.

В результате процессов агитации (перемешивания) и аэрации (образования пузырьков воздуха) создаются необходимые условия

для образования минерализованной пены благодаря прилипанию воздушных пузырьков к частицам минерала.

Уровень пульпы в каждой камере поддерживается при помощи регулятора уровня 7, для чего на заслонке сосредоточивается определенное усилие от рычажного устройства с противовесом.

В отдельные камеры скиповым питателем подается раствор катионного реагента и сосновое масло.

Образующийся на поверхности пульпы пенный продукт сбрасывается в наклонный желоб лопастным пеногоном.

Концентрат (пески) опускается вниз (на дно машины) и струей от импеллера перемещается через отверстие в нижней части корпуса кармана камеры, регулируемое с помощью клапана 5.

Для регулирования внутренней циркуляции пульпы в камере отверстия в нижней части воздушной трубы импеллера 9 перекрывают заслонкой 1, которая соединена со штоком 9 и при надобности может быть опущена или поднята. Через регулятор уровня 7 пропускают лишь незначительное количество пульпы; остальная часть ее транспортируется через песковые отверстия в корпусе кармана, что предотвращает накопление песковых фракций в камерах.

Разгрузка концентрата из машины осуществляется через отверстия в трубке импеллера 3 последней камеры машины. Производительность флотомашин около 6 т концентрата в сутки.

## § 102. ПОЛУЧЕНИЕ ИСКУССТВЕННОЙ ОКИСИ ЖЕЛЕЗА ХИМИЧЕСКИМ ПУТЕМ

Активная масса отрицательного электрода железоникелевых щелочных аккумуляторов раньше изготовлялась исключительно из искусственной окиси железа. Последнюю, в свою очередь, получали из сульфата железа. По этой причине за ней сохранилось производственное название — сульфатная окись железа.

В связи с переходом на массы, получаемые из обогащенной руды, т. е. из естественной окиси железа, применение искусственной окиси железа в аккумуляторной промышленности заметно уменьшилось. В настоящее время эта окись железа применяется как добавка к массе, получаемой из обогащенной криворожской руды, улучшающая брикетирование активной массы в процессе прессования брикета при производстве ламелей (см. гл. XVI и рис. 169).

Получение искусственной окиси железа из сульфата железа начинается с приготовления водного раствора сульфата. Для этого сульфат железа растворяют в воде, подогретой до 55—65°С. Указанный раствор после фильтрации на рамочном фильтр-прессе должен иметь плотность не ниже 1,38 г/см<sup>3</sup>.

Следующая операция — кристаллизация сульфата железа из горячего раствора. Она производится в баке-кристаллизаторе путем постепенного снижения температуры раствора до 17—23°С. Охлаждение раствора в кристаллизаторе производится холодной водой, циркулирующей в рубашке кристаллизатора. Раствор вмес-

те с кристалликами сульфата железа переводят в бак с ложным дном, покрытым фильтрующей тканью. После этого приступают к центрифугированию кристаллов, цель которого — окончательно отделить кристаллы сульфата железа от маточного раствора.

Отжатые кристаллы поступают в печь для прокаливания, а маточный раствор после разбавления используют при растворении железного купороса.

Перекристаллизованное из железного купороса серноокисное железо подвергают прокаливанию, которое производят во вращающихся барабанах при 700—800° С. При прокаливании продукта выделяется вредный сернистый газ. Полученный после прокаливания продукт состоит из окиси железа, в которой содержится от 3 до 12% сульфат-ионов. Отмывку окиси железа от сульфат-иона производят в центрифугах или баках. Отмывку осуществляют химически очищенной проточной водой, нагретой до 70° С, и продолжают до тех пор, пока содержание сульфат-иона в вытекающей воде не уменьшится до 0,3%.

Отмытая от сульфат-иона окись железа поступает на сушку, которую производят продуктами сгорания газа в печах непрерывного действия. Температура газов при входе должна равняться 300—600° С, а при выходе не должна быть ниже 60° С.

Высушенную окись железа размалывают на дисмембраторной мельнице, снабженной ситом с ячейками размером 1,0×1,0 мм, и передают на восстановление. Дисмембраторная мельница состоит из цилиндрического ротора и статора (часть станины), снабженных выступами, расположенными по окружности. При быстром вращении ротора материал, попадая в зазор между ротором и статором, размалывается подвижными выступами.

Описанный здесь метод получения искусственной окиси железа в последнее время заменен так называемым гидратным методом, в основе которого лежит процесс осаждения гидрата окиси железа взаимодействием растворов сульфата железа и щелочи. Полученная при этом гидроокись железа после прокаливания, отмывки, сушки и размола подвергается восстановлению. Гидратный метод в настоящее время находит повсеместное применение как менее вредный по сравнению с сульфатным. Рассмотрим этот метод более подробно.

Получение искусственной окиси железа по гидратному методу начинается с приготовления растворов сульфата железа и щелочи.

В бак-растворитель емкостью 2,5 м<sup>3</sup> заливают химически очищенную воду, подогревают ее острым паром, включают мешалку и шнек и грейфером загружают железный купорос. Растворение производят при непрерывном перемешивании и подогреве раствора паром до температуры 60—65° С. В бак с раствором железного купороса добавляется 20—25 кг хлористого аммония или 29—33 кг сульфата аммония для обеспечения необходимого значения рН-раствора.

Плотность раствора доводят до 1,25—1,26 г/см<sup>3</sup> (при температуре 60—65° С). Содержание железа в растворе должно быть 105—

115 г/л. Полученный горячий раствор фильтруется на рамном фильтре с двойными салфетками из бельтинга или свансбоя (фильтровальной хлопчатобумажной ткани) для удаления механических примесей и переводится в бак-сборник; по мере надобности оттуда раствор перекачивают в мерный бак.

Отдельно готовят раствор щелочи, плотность которого должна быть 1,20—1,21 г/см<sup>3</sup>, что соответствует концентрации щелочи 215—225 г/л. Готовый раствор перекачивают в бак-мерник.

Для осаждения гидрата окиси железа служат баки-реакторы из нержавеющей стали с емкостью 8,5—17 м<sup>3</sup>, обогреваемые паром и снабженные мешалками и аэролифтами.

Раствор железного купороса подают в бак-мерник, нагревают его острым паром до 90° С, после чего перекачивают в бак-реактор. После включения механической мешалки, подачи воздуха в аэролифты и включения острого пара в реактор из бака-мерника подается также раствор едкого натра из расчета 2185±75 л в реактор емкостью 8,5 м<sup>3</sup>.

По окончании заливки щелочи, которая длится не менее часа, раствор продолжают интенсивно перемешивать еще несколько часов при одновременной подаче острого пара и воздуха. При этом происходит окисление железа. По окончании окисления прекращают подачу воздуха и пара, включают мешалку, после чего пульпу гидрата окиси железа перекачивают в бак-сборник.

Далее пульпа гидрата железа подвергается фильтрованию на фильтр-прессах высокого давления—около 1010 кПа — (10 кгс/см<sup>2</sup>), причем давление вначале составляет 202—303 кПа (2—3 кгс/см<sup>2</sup>), а через 30—40 мин оно повышается до 404—505 кПа (4—5 кгс/см<sup>2</sup>). Дальнейшее фильтрование производится под этим давлением.

Отфильтрованный гидрат железа поступает на прокаливание. Прокаливание производят во вращающихся барабанах, обогреваемых газовыми горелками. Подача газа и гидрата в печь осуществляется по принципу противотока. Операцию сушки и прокаливания гидрата проводят в разных зонах печи; температура печи в зоне сушки составляет 300—450° С, а в зоне прокаливания 800—810° С. Температуру печи регулируют изменением скорости подачи газа, поступающего в печь вместе с воздухом. Прокаленная окись железа поступает к центрифугам для отмывки от вредных примесей. Отмывку производят химически очищенной водой, подогретой до 70° С.

Конец отмывки определяют по окрашиванию пробы промывной воды при приливании 1—2 капель фенолфталеина.

Отмытая окись железа направляется на сушку во вращающихся печах. Сушку производят при температуре 450—600° С. Окись железа, собирающуюся в холодной зоне печи в течение смены, выгружают и снова направляют на сушку в смеси с сырой окисью железа. Окись железа после сушки подвергают размолу и упаковке. Размол окиси железа производят на вальцах (зазор между вальцами не более 1 мм) или дисмембраторной мельнице. Дисмембраторная мельница должна быть снабжена ситом с отверстиями

диаметром 1,5—3,0 мм. Размолотую окись железа собирают в кюбель или барабан вместимостью 80—100 кг и взвешивают.

От каждой партии (за смену) размолотой окиси железа отбирают среднюю пробу для проверки на соответствие ее техническим требованиям. Если окись железа не удовлетворяет техническим требованиям, то отбирают повторную пробу. В случае, если повторная проба окажется неудовлетворительной, допускается корректировка данной партии окиси железа смешением ее с другой партией, химический состав которой отвечает техническим требованиям.

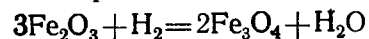
Готовая окись железа по своему химическому составу должна отвечать следующим требованиям: железа не менее 69%, марганца (к железу) не более 0,032%.

Перед упаковкой окись железа должна быть просеяна через сито с размером ячейки 10×10 мм для удаления комков. Упаковку производят в бумажные мешки по 40 кг.

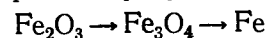
### § 103. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ И ИСКУССТВЕННОЙ ОКИСИ ЖЕЛЕЗА

Активная масса железного электрода в исходном состоянии состоит из смеси магнитной окиси железа  $Fe_3O_4$  и небольших количеств свободной окиси  $Fe_2O_3$  и закиси  $FeO$ . Магнитная окись железа получается восстановлением окиси  $Fe_2O_3$ . Восстановление искусственной или природной окиси железа  $Fe_2O_3$  до магнитной окиси железа  $Fe_3O_4$  может быть осуществлено с помощью различных восстановителей: газообразных (водород, метан, окись углерода) и твердых (металлическое железо, сажа).

**Восстановление окиси железа водородом.** Процесс восстановления окиси железа водородом протекает при температуре 570—650°С и выражается химической реакцией



При температуре ниже 570°С протекает процесс

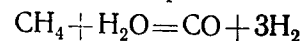


Для обеспечения необходимой скорости процесса восстановления требуется значительное парциальное давление водорода в печи.

Расход газа на восстановление зависит от ряда факторов: необходимой концентрации водорода в реакционном пространстве, условий подвода газа к материалу и скорости диффузии газа через поры материала. Подсчитано, что расход водорода для получения 1 кг производственной массы, содержащей 72% общего железа и 25% закиси железа, составляет 0,1 м<sup>3</sup>.

Для аккумуляторных заводов имеется возможность использования способа восстановления железной руды и окиси железа конвертированным естественным газом, содержащим до 75% водорода.

Сущность процесса паровой конверсии газа состоит в том, что метан, содержащийся в газе, реагируя при высокой температуре с водяным паром в присутствии никелевого катализатора, конвертируется до водорода и окиси углерода



т. е. на 1 м<sup>3</sup> метана получается 3 м<sup>3</sup> водорода и 1 м<sup>3</sup> окиси углерода.

Очистка газа от сернистых соединений происходит в две ступени: от сероводорода газ очищается в абсорбере с щелочью, от остальных сернистых соединений в абсорбере с железохромомедистым катализатором. При небольших содержаниях серы в газе

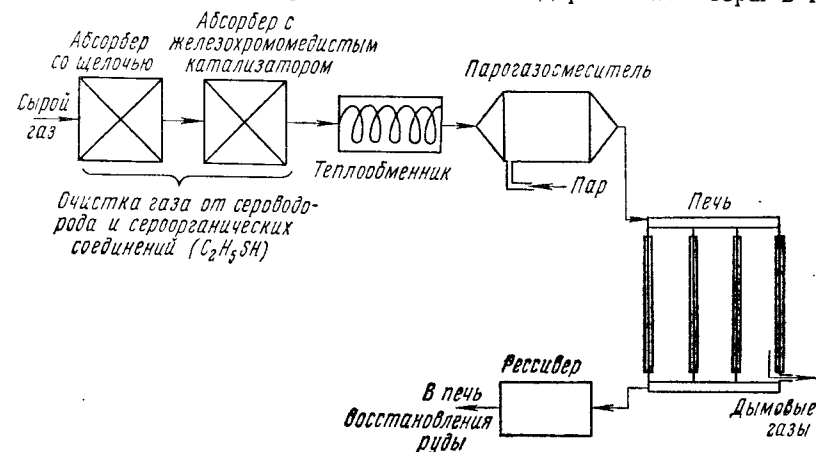


Рис. 158. Схема процесса конверсии природного газа

можно не производить его очистку, так как в этом случае конвертированный газ не будет разрушать аппаратуру для восстановления окиси железа.

Кроме расхода природного газа на собственно конверсию, он расходуется в качестве топлива на обогрев печи, на подогрев газа при очистке его. При учете всех этих побочных затрат газа его суммарный расход составляет около 55—60% полученного в результате конверсии водорода.

Освобожденный от сернистых соединений газ направляется в печь для конверсии метана (схема процесса изображена на рис. 158), для чего он предварительно проходит теплообменник, где нагревается до 300°С. Перед входом в печь установлен парогазосмеситель, где пар смешивается с газом в соотношении 1:2 или 1:2,5. В верхний коллектор печи парогазовая смесь поступает с температурой 150—170°С при давлении 121,2—161,6 кПа (1,2—1,6 ати).

Печь представляет собой прямоугольную камеру, в которой установлены вертикально реакционные трубы из жароупорной стали,

соединенные верхним и нижним коллекторами. У каждой реакционной трубы на выходе установлена диафрагма.

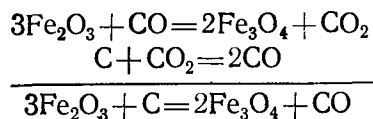
К верхнему коллектору присоединен паропровод для подачи пара. В трубу загружают никелевый катализатор. Между трубами в своде печи установлены одноступенчатые горелки типа Вентури, служащие для обогрева печи сжиганием природного газа (давление 70,7 кПа (0,7 ати)). В одну из реакционных труб вставлена термопара, служащая для контроля и регулирования теплового режима печи.

В соответствии с принципом прямотока дымовые газы в межтрубном пространстве движутся сверху вниз, парогазовая смесь по трубам — в том же направлении.

Газ, проходя через нагретые трубы с никелевым катализатором, расщепляется, продукты распада уходят через нижний коллектор.

Конвертированный газ собирается в ресивере, откуда он по мере надобности направляется в печь восстановления руды и окиси железа.

**Восстановление окиси железа сажей.** Процесс восстановления окиси железа до магнетита ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) протекает по реакциям



Из данных уравнений следует, что непосредственное взаимодействие окиси металла с углеродом (сажей) играет второстепенную роль, в то время как реакция с участием газов — главную.

Из двух реакций, составляющих процесс восстановления, наиболее медленной является взаимодействие двуокиси углерода с сажей. Поэтому скорость процесса восстановления окиси железа определяется скоростью взаимодействия двуокиси углерода с сажей.

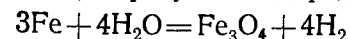
На скорость восстановления оказывают влияние температура, пористость частиц восстанавливаемых окислов, давление окиси углерода, скорость газового потока и др. Для повышения скорости восстановления окиси железа применяются активизирующие добавки:  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{KOH}$  и  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . Активирующее действие щелочей и щелочных солей связано с повышением реакционной способности углерода (сажи). Практически восстановление окиси железа сажей без активирующих добавок невыгодно, так как оно протекает с малой скоростью и требует очень высоких температур.

Производственные данные и исследования показывают, что процесс восстановления окиси железа углеродом значительно уступает в скорости водородному процессу.

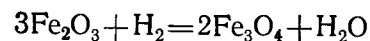
**Восстановление окиси железа металлическим железом.** Производственная технология восстановления окиси железа в присутствии железного порошка для получения окись — закиси железа — основного компонента массы отрицательного электрода аккумулятора предложена специалистами СССР.

Процесс восстановления окиси железа железным порошком проходит две стадии:

1. Вначале вследствие взаимодействия металлического железа с водяным паром (пар получается из влаги, содержащейся в окиси железа) образуется водород



2. Водород реагирует с окисью железа, образуя окись — закись железа  $\text{Fe}_3\text{O}_4$



Как следует из этих химических уравнений, для образования одного килограмма  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  требуется вполне определенное количество железного порошка, кроме того, количество исходной окиси и металлического железа в смеси находится между собой в определенном (стехиометрическом) соотношении. При большем количестве железного порошка в смеси, чем это следует из химических уравнений (более 15—20%), образуется закись железа, которая, покрывая тонким слоем поверхность частиц восстановленного продукта, снижает его электрохимическую активность (отрицательные пластины аккумулятора с такой массой имеют малую емкость).

Таким образом, смесь окиси железа и металлического порошка нужно готовить исходя из соотношений, вытекающих из приведенных выше уравнений. При соблюдении этого условия в результате восстановления будет получен продукт, состоящий в основном из окиси — закиси железа, т. е. состоящий из электрохимически активного окисла железа.

Скорость процесса восстановления окиси железным порошком увеличивается по мере протекания процесса и с ростом температуры. Практически температура процесса продиктована жаростойкостью труб печи и обмотки электрического нагревателя. Для получения однофазного продукта восстановления, т. е. состоящего в основном из магнитной окиси железа  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , необходимо готовить смесь, загружаемую в печь, не забывая при этом, что к окиси железа добавляется 10—12% железного порошка. Теоретически для процесса восстановления не требуется постоянного подвода воды с окисью железа, так как потребляемая при окислении железа вода (в виде пара) регенерируется, т. е. появляется вновь. На самом деле вследствие постоянных механических потерь пара, уходящего из печи при естественной конвекции, необходимо непрерывно вводить в печь небольшое количество воды. Это количество воды вносится в виде небольшой добавки к руде или искусственной окиси железа (в мешалку при перемешивании компонентов до восстановления).

Смесь концентрата руды и искусственной окиси железа замешивается с твердым восстановителем (железным порошком или сажей), а затем непрерывно загружается во вращающуюся печь. Температура печи 850—950°С. (При восстановлении сажей температура поддерживается на верхнем пределе).

Восстановленная в печи масса непрерывно подается на транспортер для передачи ее в мешалку, где производится перемешивание продукта со специальными добавками (подробно этот процесс описан далее).

#### § 104. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗНОЙ ЭЛЕКТРОДНОЙ МАССЫ НА ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ

Изготовление железной электродной массы осуществляют на поточной механизированной линии (рис. 159). Оно состоит из следующих этапов.

1. Дозирование окиси железа в виде концентрата руды, искусственной окиси железа (гидратной) и ряда добавок. Смешение их в мешалке и выгрузка на ленточный транспортер (на восстановление).

2. Подача смеси в печь непрерывного действия и восстановление ее. Транспортерировка восстановленного продукта на участок смешения.

3. Передача восстановленной окиси железа и добавок на специальный смесительный агрегат. Дозировка и смешение составных частей активной массы. Затаривание готовой массы в бочки.

Железная масса, подлежащая восстановлению во вращающейся печи, готовится из смеси концентрата руды и искусственной окиси железа (гидратной), а именно: для аккумуляторов ТЖН 85% концентрата и 15% искусственной окиси железа (в некоторых особых случаях 50 и 50%), для аккумуляторов ЖН — 80 и 20% (для ответственных целей эту массу изготавливают из гидратной окиси железа).

На заводах обычно применяют в качестве восстановителя окиси железа железный порошок и сажу (ламповую). Наиболее широкое распространение имеет железный порошок. Он добавляется к железной массе в количестве 10—12% по отношению к массе окиси железа (естественной + искусственной).

Железный порошок — ГОСТ 9849—61, марок ПЖ<sub>4</sub>ОМ, ПЖ<sub>4</sub>М, ПЖ<sub>5</sub>М. Окись железа гидратная — ОСТ 160-509-И01—73.

В мешалку 3 (см. рис. 159) засыпают с помощью скипового подъемника 2 и тельфера 1 отвешенное количество концентрата, гидратной окиси железа и железного порошка и перемешивают 20 мин. Смесь из мешалки загружают в бункер ковшового элеватора 4, который подает ее на ленточный транспортер 5.

С помощью отсекателя масса сбрасывается с ленточного транспортера в бункер вращающейся печи 6.

Приготовление смеси производят и по другой рецептуре: концентрат руды 300 кг, окись железа (гидратная) 53 кг, железный порошок 39,2 кг, едкое кали (раствор плотностью 1,40 г/см<sup>3</sup>) 1,2 л, медный купорос 2,75 кг.

В работающую мешалку сначала загружают отвешенное количество концентрата, гидратной окиси железа и щелочи. После чего

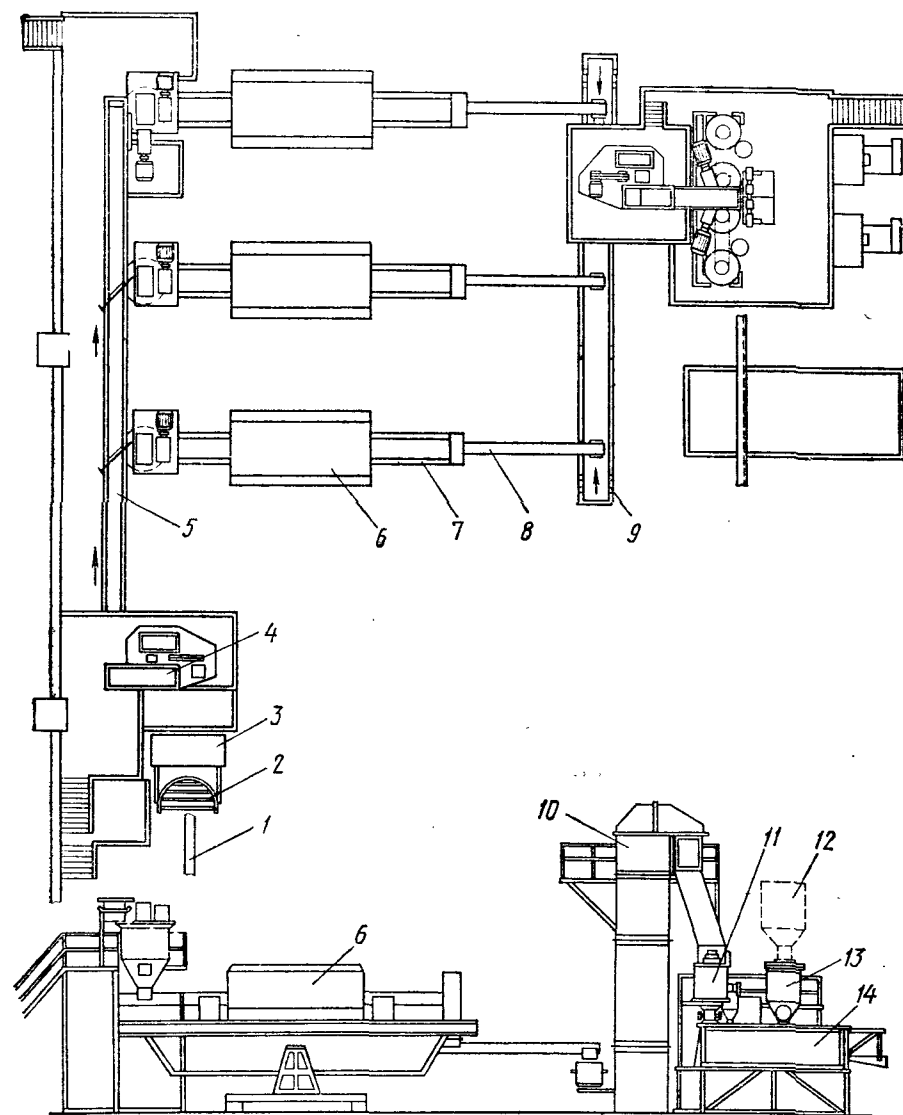


Рис. 159. Схема поточной механизированной линии получения отрицательной железной массы:

1 — тельфер, 2 — скиповый подъемник, 3 — мешалка, 4, 10 — ковшовый элеватор, 5 — ленточный транспортер, 6 — вращающаяся печь, 7 — холодильная печь, 8 — течка, 9 — транспортер, 11 — бункер для восстановленной массы, 12 — бункер для графита, 13 — лопастной дозатор, 14 — мешалка

дополнительное рецептурное количество купороса медного и железного порошка (содержание порошка в смеси не менее 9% и не более 11%).

Далее поступают, как указано выше.

При высокой температуре восстановления окиси железа медный купорос распадается с образованием сульфидных соединений, в то же время в восстановленной массе образуются и окислы меди, которые, по-видимому, играют также роль активирующей добавки.

На участке восстановления железной массы расположены трубчатые вращающиеся печи 6.

Подлежащая восстановлению смесь (концентрат руды, гидратная окись железа) с добавками поступает во вращающуюся печь, в которой имеется зона нагрева (900—950° С). Проходя через эту зону окислы железа раскисляются железным порошком до магнитной окиси, далее восстановленная масса направляется в холодильник 7, где охлаждается до температуры не более 80° С. Охлаждение массы преследует цель — предотвратить при выходе ее из печи от интенсивного самовозгорания на воздухе. Через лоток — течку 8 она попадает на транспортер 9, который засыпает восстановленный продукт в приемник ковшового элеватора 10. Элеватор транспортирует его в бункер 12, установленный над мешалкой участка смешения.

Фазовый состав восстановленной в печи смеси (в %):

Fe <sub>общ</sub> . . . . .	70—72,5
Fe <sub>мет</sub> . . . . .	0,2—1
FeO . . . . .	25—31,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	66—74,5

На участке смешения восстановленной окиси железа с добавками установлен смеситель непрерывного действия, дозаторы восстановленного продукта, графита, раствора сернокислого никеля (скиповый питатель с форсункой) и вибрационный грохот.

В мешалку 14 поступают восстановленный продукт, графит (из бункера 12), сернистое железо и раствор сернокислого никеля. В случае внесения перед восстановлением окиси железа в смесь медного купороса добавка сернистого железа не требуется.

Количество загружаемых в мешалку составных частей смеси должно соответствовать данным табл. 46.

Графит аккумуляторный — ГОСТ 10273—72, марок ГАК-1, ГАК-2 или графит малозольный — ТУ 21-25-2—68, марки ГМ-Г.

Никель сернокислый технический — ГОСТ 2665—73, марки НС-1.

Раствор соли NiSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O готовится из расчета 1 кг соли на 1 л воды; плотность раствора 1,32—1,34 г/см<sup>3</sup>.

Сернистое железо реактивное. Содержание сернистого железа в продукте 67%.

Раствор сернокислого никеля подается в мешалку из расчета 0,6% Ni/Fe.

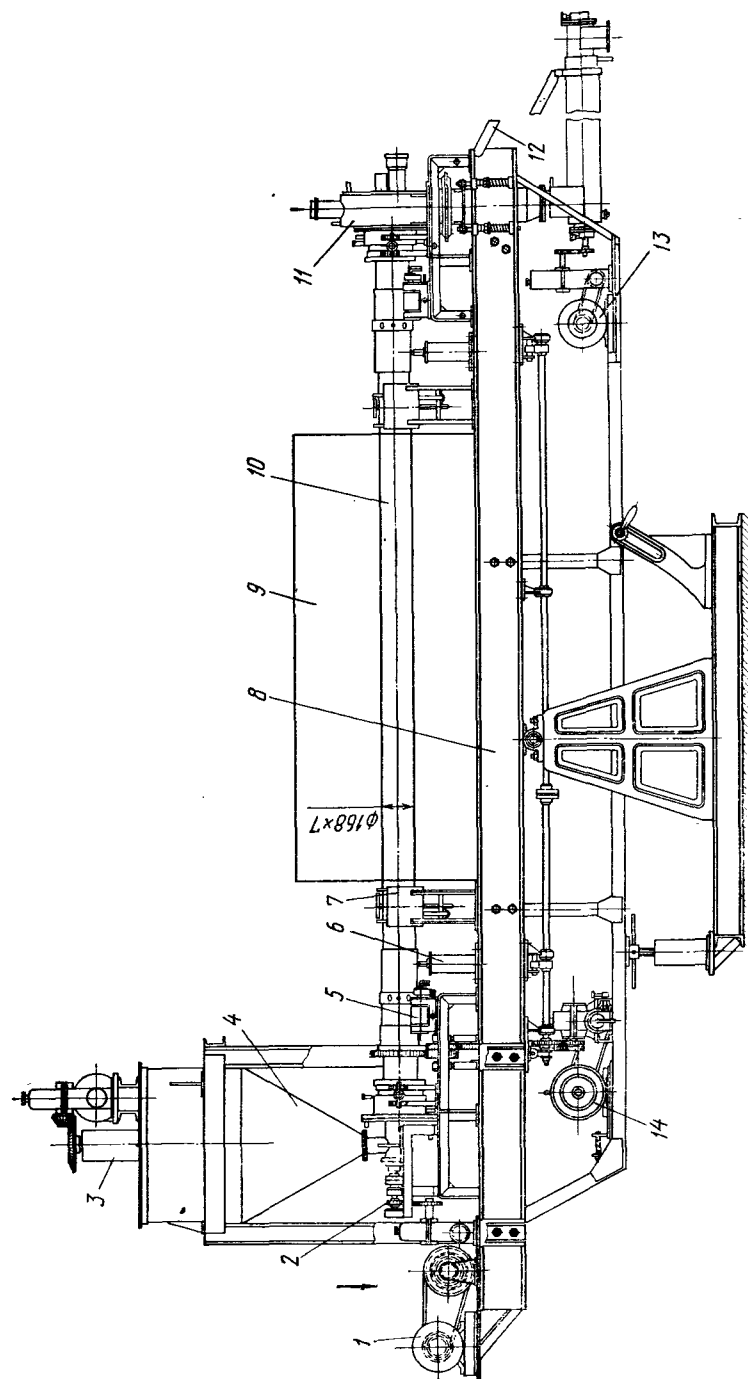


Рис. 160. Конструкция печи восстановления окиси железа системы ЦНИИЧМ-7



Таблица 46

## Рецептура активных масс для отрицательного электрода

Наименование составных частей	Количество, кг						Масса из окисн железа (без руды)
	при введении сернокислого никеля в виде раствора			при введении сернокислого никеля в виде обогащенной * смеси			
Восстановленная окись железа . . . . .	100	25	17,6	80	12,5	5,9	80
Восстановленная железная руда . . . . .	100	100	100	100	100	100	—
Раствор сернокислого никеля, л . . . . .	3	1,9	1,75	—	—	—	—
Обогащенная смесь . . . . .	—	—	—	24,8	15,5	14,6	24,8
Сернистое железо . . . . .	—	0,38	0,36	—	0,38	0,36	—
Графит . . . . .	—	2,5	4,7	—	2,5	4,7	—

\* Обогащенную смесь составляют из 0,14—0,15 л раствора сернокислого никеля плотностью 1,37 г/см<sup>3</sup> и 1 кг восстановленной окиси железа.

Состав готовой массы для отрицательных электродов тяговых аккумуляторов (в %):

Fe <sub>общ</sub> , не менее . . . . .	65,5
Cu/Fe » » . . . . .	0,2
Mn/Fe, не более . . . . .	0,046
Ca/Fe » » . . . . .	0,05
Mg/Fe » » . . . . .	0,02
Ni/Fe . . . . .	0,25—1
FeS . . . . .	0,16—0,23
Серы . . . . .	0,07—0,1
Графита . . . . .	4—5,5

Количество металлических примесей в активной массе отнесено ко всему железу, находящемуся в ней.

Процентное содержание Cu/Fe относится только к массе, полученной восстановлением с медным купоросом.

#### § 105. АППАРАТУРА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ МАССЫ НА ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ

Печь для восстановления окиси железа. Для восстановления окиси железа применяется вращающаяся трубчатая печь.

Конструкция печи схематически показана на рис. 160. Подлежащую восстановлению смесь материалов — руду, окись железа — засыпают в бункер 4 загрузочного устройства. Из бункера порошок транспортируется шнеком во вращающуюся трубу 10, вдоль которой он перемещается благодаря вращению и наклону трубы. Линейная скорость перемещения порошка по трубе приблизительно пропорциональна скорости вращения и углу наклона трубы к горизонту.

Процесс восстановления происходит в зоне нагрева печи 9. Готовый продукт по выходе из вращающейся трубы поступает в бункер разгрузочной камеры 11. Из камеры продукт перемещается вдоль холодильника 12 с помощью шнека. Из холодильника восстановленный порошок поступает на транспортер, который переносит его на следующую операцию. Основным узлом печи является вращающаяся труба 10, которая периодически (два раза за оборот) обстукивается двумя ударниками 6. Труба установлена в подшипниках 7, ее концы поставлены на катковые опоры 5 и приводится во вращение специальным приводом 14.

Средняя часть трубы (рабочая зона) проходит сквозь нагревательную камеру 9 с жаростойкой обмуровкой, в которой вмонтированы специальные электрические спиральные нагреватели. Длины зоны обогрева 2250 мм. Ферма 8 установлена на станине с помощью оси и подшипников, которые позволяют установить ее наклонно к горизонту в пределах от 0 до 10°.

Загрузочное устройство предназначено для подачи во вращающуюся трубу 10 восстанавливаемой массы. Оно включает в себя бункер 4 со встроенным в него вертикальным ворошителем 3, приводимым во вращение от общего привода с трубой. Бункер опирается на стойки 2.

Бункер внизу имеет горловину, посредством которой осуществляется герметизация переднего конца вращающейся трубы; в нее встроены шнеки. В корпусе шнека имеется задвижка, позволяющая отсекал слой порошка в бункере от полости корпуса шнека.

Попадающий из бункера в шнек порошок захватывается шнеком и транспортируется во вращающуюся трубу 10. Вал шнека проходит сквозь подшипник скольжения и сальник, обеспечивающий герметизацию канала трубы со шнеком. Привод шнека 1 имеет четыре ступени скорости 8, 10, 12 и 14 об/мин. Это позволяет осуществить подачу во вращающуюся трубу порошкового материала с требуемой скоростью.

Существенное значение для правильного протекания процесса восстановления имеет ударник 6. Он состоит из штока, имеющего в верхней части боек, который наносит удары по бандажу вращающейся трубы. Шток опирается на пружину, размещенную в корпусе ударника, и оттягивается вниз с помощью серьги и рычага. Один конец рычага скользит по кулачку, который вращается от вала привода. Соскочив с кулачка, рычаг освобождает пружину и шток, который наносит удар по трубе и этим способствует непрерывному движению материала вдоль трубы. Для уменьшения шума ударники могут быть заключены в звукоизоляционные кожухи.

В качестве электрических нагревателей применены восемнадцать спиралей из сплава ЭОХ23Ю5, расположенных в обмуровке (в теплоизоляционной кладке) камеры. Спираль объединены в три секции, каждая из которых включена в одну из трех фаз сети. Секции между собой соединены по схеме треугольника. Мощность электрообогрева печи 60—65 кВт, напряжение сети 380 В.

Рекомендуется на каждую секцию иметь свой терморегулятор, который позволяет поддерживать нужное распределение температур вдоль зоны нагрева печи. Температура печи во время работы 900—950° С.

Разгрузочное устройство состоит из двух узлов: головки заднего сальника и холодильника с разгрузочной камерой. Разгрузочная камера 11 холодильника предназначена для выдачи из печи восстановленного порошка.

Холодильник 12 представляет собой устройство из двух concentrically расположенных относительно друг друга труб, образующих собой водяную рубашку, в которой циркулирует проточная вода. Во внутренней трубе холодильника установлен шнек с полым валом (концы вала проходят через сальники) для перемещения продукта, через который протекает вода для охлаждения. Охлаждение продукта восстановления посредством полого вала шнека значительно эффективнее охлаждения от водяной рубашки.

Привод шнека холодильника 13 служит для перемещения материала в полости холодильника.

Температура смеси, выходящей из холодильника (после восстановления) 12, не более 80° С.

В случае снижения температуры в печи до 850° С прекращается подача восстанавливаемой смеси в трубу.

Если во время работы печи произойдет вынужденная остановка электродвигателя, необходимо выключить нагрев, и во избежание провисания раскаленной трубы в период остановки, следует проворачивать ее с помощью специального ручного привода на 1—3 оборота через каждые 5—7 мин. Так надо поступать до момента устранения неисправности и включения электродвигателя.

Основные производственные характеристики печи:

температура в рабочем пространстве до 1000° С;  
длина рабочей зоны 1800 мм.

Характеристика вращающейся трубы:

число оборотов в минуту — 48—50;  
внутренний объем — 0,08 м<sup>3</sup>

Производительность печи 130—160 кг/ч по восстановленному продукту.

Во вращающейся печи можно, как мы уже указывали, проводить процесс восстановления твердым восстановителем — железным порошком или сажей. В этом случае окись железа смешивается с твердым восстановителем и смесь загружается в печь, в которой при повышенной температуре горячей зоны происходит восстановление окиси железа за счет твердого восстановителя. При восстановлении окиси железа водородом газ пропускается со стороны выгрузки порошка, т. е. создается противоток газа, когда он движется в направлении, противоположном направлению движения материала в печи. При таком движении газа использование его повышается. В случае применения газа в качестве восстановителя

все сальниковые уплотнения должны быть герметичными и не пропускать газа.

Установка для смешения компонентов активной железной массы. Установка для смешения компонентов приведена на рис. 161. На крышке в передней части смесителя установлены дозаторы (питатели) восстановленной окиси железа

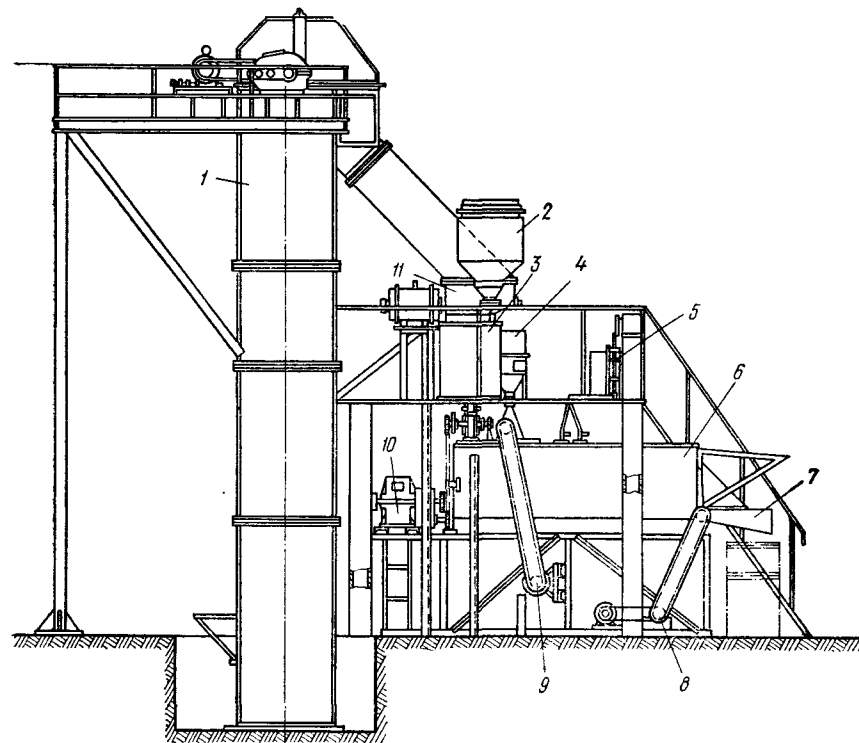


Рис. 161. Установка для смешения компонентов железной массы и просеивания готового продукта:

1 — элеватор для подачи восстановленной катодной массы, 2 — бункер разгрузки графита, 3 — питатель для графита, 4 — дозатор для сернистого железа, 5 — скиповый питатель для раствора сернистого никеля, 6 — смеситель непрерывного действия для смешивания компонентов катодной массы, 7 — вибрационный грохот для готовой массы, 8 — привод сита, 9 — вибратор к питателю, 10 — привод для смесителя, 11 — бункер для восстановленной массы

11, графита 3, сернистого железа 4, а также скиповый питатель с форсункой 5.

Дозаторы перемещают и дозируют сыпучую массу с помощью лопастных турникетов, вращающихся со скоростью 3,25 об/мин. Для обеспечения полного заполнения ячеек турникета материалом в нижней части питателей имеются лопастные ворошители, закрепленные на вертикальных осях. Питатель сернистого железа 4 выполнен в виде вертикального хромированного шнека, заклю-

ченного в специальный стакан. Последний приварен к конической нижней части приемного бункера-питателя. На удлиненный вал шнека насажен ворошитель, который размещен на бункере.

Подача раствора сернокислого никеля в смеситель осуществляется с помощью скипового дозатора 5. Дозирующее устройство представляет собой рычажный механизм-скип со стаканчиком. Скип устроен таким образом, что стаканчик емкостью 100 мл передвигается в направляющих периодически вверх и вниз; в крайней верхнем положении стаканчик опрокидывается под некоторым углом.

Механизм-скип размещен в прямоугольном баке вместимостью 90 л, в который налит раствор сернокислого никеля плотностью 1,32—1,34 г/см<sup>3</sup>.

Находясь в нижнем положении, стаканчик зачерпывает раствор соли и в верхнем положении, наклоняясь, выливает порцию раствора в приемную воронку. Из воронки жидкость через резиновый шланг поступает в форсунку для распыления жидкости под давлением 30,3—40,4 кПа (0,3—0,4 ати). При распылении раствор равномерно распределяется в массу, перемещаемой в мешалке. Готовая масса из смесителя непрерывного действия 6 разгружается небольшими порциями на сетку вибрационного подвесного грохота (сита) 1,6×1,6×0,4 ГОСТ 3826—66.

Вибрационный грохот 7 состоит из трех узлов: электродвигателя, привода и подвижного каркаса с натянутой на нем сеткой.

Фракция порошка (+)1,6, сходя с сетки грохота, измельчается на вальцах, а затем добавляется в готовую массу. Привод виброгрохота состоит из вала, на котором насажены три дебалансных диска. Вал получает вращение от электродвигателя с помощью ременной передачи. Диски, находясь в зацеплении с двумя эксцентриками, насаженными на валу виброгрохота, приводят в колебательное движение каркас с сеткой.

Узел смесителя, предназначенный для перемешивания, состоит из двух горизонтальных валов с насаженными на них под углом 15° и 45° лопастями. Валы вращаются в разные стороны, при этом лопасти одного шнека проходят между лопастями другого. Валы имеют отверстия для установки хвостовика лопасти, которые могут быть установлены под любым углом в пространстве. Валы закреплены своими концами в подшипниках на торцовых стенках корпуса смесителя.

Корпус смесителя изготовлен из листовой стали, дно его выпуклое. Передняя и задняя стенки корпуса крепятся болтами. Корпус закрывают крышкой на болтах. На задней торцовой стенке корпуса имеется разгрузочное окно с шибером, положение которого можно менять в зависимости от заданного уровня массы в смесителе.

На выступающие части валов насажены две конические шестерни, находящиеся между собой в зацеплении.

Привод смесителя связан с электродвигателем мощностью 2,8 кВт.

Подлежащие смешиванию материалы (из дозирующих устройств) поступают в переднюю часть смесителя. Благодаря вращению валов с лопастями масса находится в непрерывном движении; она перемешивается и передвигается к выходному окну смесителя. Такое сложное движение обеспечивается тем, что один шнек продвигает массу к разгрузочному окну, другой — в противоположном направлении. Соотношение углов лопастей отдельных шнеков обуславливает ту или иную скорость перемещения массы.

#### § 106. ИЗГОТОВЛЕНИЕ АКТИВНОЙ МАССЫ ДЛЯ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДА КАДМИЕВО-НИКЕЛЕВОГО АККУМУЛЯТОРА

Активная масса отрицательного электрода кадмиево-никелевого аккумулятора состоит из смеси окиси кадмия и восстановленной искусственной окиси железа, которая вводится в массу для повышения коэффициента использования кадмия. К указанной смеси добавляют от 2,8 до 4,5% солярового масла для стабилизации емкости электрода аккумулятора.

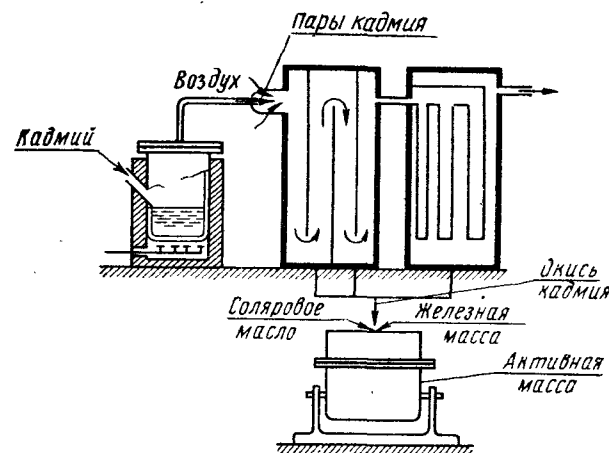


Рис. 162. Схема установки получения окиси кадмия и отрицательной активной массы из нее

Окись кадмия получают возгонкой и окислением (сжиганием) металлического кадмия (ГОСТ 1467—67, марки КД-0, КД-1, КД-2). Сжигают кадмий в печи при температуре 700—800° С.

Схема установки для получения окиси кадмия и отрицательной активной массы для кадмиево-никелевых аккумуляторов приведена на рис. 162.

Загрузку кадмия в котел производят равными порциями из расчета 30 кг/ч, если исходный кадмий содержит не более 0,02% тал-

лия (вредной примеси), при этом окисную пленку снимают не реже чем через три часа работы; уровень расплавленного кадмия в котле должен быть не ниже кромки на 1—2 см. Уровень расплава и часовая загрузка кадмия должны проверяться не реже одного раза в смену.

Если исходный кадмий содержит от 0,02 до 0,08% таллия, то загрузку кадмия уменьшают до 22 кг/ч и окисную пленку в котле снимают не реже чем через каждые 0,5 ч.

Температура кипения кадмия 778° С; при этой температуре и доступе воздуха на всей поверхности расплава в котле появляются отдельные язычки пламени — ослепительно белые с голубоватым оттенком у основания и переходящие к вершине пламени последовательно в розовый и темно-красный цвет. У основания пламени температура достигает 1500° С, на вершине ее — около 500° С.

Окись, образованная в основном в окислительной камере за счет сгорания паров металла при окислении поступающим в камеру воздухом, оседает в осадительной камере с водяным охлаждением. Более мелкая фракция окиси кадмия оседает в матерчатых мешках фильтров.

Получающаяся при окислении паров кадмия бурая окись имеет кажущийся удельный объем 0,4 см<sup>3</sup>/г, содержание кадмия в окиси 87%. Если недостаточна скорость подачи воздуха для окисления паров металла, то получается темная или недоокисленная окись кадмия, которая характеризуется крупными кристаллами и относительно низкой электрохимической активностью. Следовательно, необходимо избегать получения черной модификации окиси кадмия, мало пригодной для производства. Полученный продукт должен по качеству отвечать СТУ 47-827—64.

Полученная окись кадмия должна содержать не менее 86% кадмия и не более 0,005% таллия.

Для получения активной массы окись кадмия смешивают с восстановленной искусственной окисью железа (железный порошок). Активную массу для отдельных типов аккумуляторов готовят с таким расчетом, чтобы отношение кадмия к железу составляло 2,7 : 1.

Для всех остальных типов никель-кадмиевых аккумуляторов это соотношение составляет 1 : 1.

Содержание солярового масла в указанных массах соответственно должно быть 4—4,5 и 2,8—3,5%.

В смеситель вначале загружают окись кадмия, затем железный порошок. Компоненты перемешивают в течение одного часа, после чего вливают с помощью мерника рецептурное количество солярового масла, равномерно распределяя его по поверхности массы. Перемешивание массы продолжают еще один час. Массу выгружают в ящик, просеивают через сито с размером ячеек не более 1,6×1,6 мм. Просеянную массу выгружают в ларь или железный барабан.

От каждой партии готовой массы отбирают среднюю пробу для определения химического состава и электрической емкости.

Срок хранения готовой массы не более двух месяцев. Массы с соотношением Cd/Fe=2,7/1 перед сдачей в электродный цех должны быть повторно просеяны через сито. Это относится и к массам с соотношением Cd/Fe=1/1 (при хранении их не более 10 суток).

#### Контрольные вопросы

1. Какова схема процесса обогащения криворожской руды гравитационным и флотационным способами?
2. Какова схема процесса получения искусственной окиси железа гидратным способом?
3. Изложите сущность способов восстановления окиси железа различными восстановителями. Приведите схему отдельных реакций.
4. Как устроена вращающаяся печь для восстановления окиси железа?
5. Какие компоненты применяют при изготовлении отрицательной активной массы?
6. Кратко изложите порядок операций при изготовлении отрицательной массы на поточной линии.
7. Как изготавливают активную кадмиевую массу?

## Глава XVI. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДОВ ЩЕЛОЧНОГО АККУМУЛЯТОРА ЛАМЕЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Изготовление положительных и отрицательных электродов распадается на ряд операций:

перфорирование ламельной ленты → формирование ламели → сшивка ремня → гофрирование ремня на вальцах → резка ремня на заготовки → проверка качества заготовок → установка ребер на кромки заготовок → обжатие ребер и выдавливание на поверхности заготовок параллельных канавок → установка на выступающие концы ребер контактной планки → приварка планки к ребрам → проверка готового электрода.

Так как в работающем аккумуляторе активная масса (особенно положительная) со временем, изменяясь в объеме, оказывает на стенки ламели большое давление, то ламель должна обладать значительной механической прочностью, достаточной для того, чтобы выдержать эти большие внутренние усилия без следов разрушения.

Необходимая прочность ламели обуславливается главным образом прочностью перфорированной ленты и замка.

### § 107. ПЕРФОРИРОВАНИЕ ЛАМЕЛЬНОЙ ЛЕНТЫ

В качестве ламельной ленты применяют стальную ленту. Перфорацию производят перфорационными роликами.

При перфорации не происходит удаления части металла, так как края отверстий при этом отгибаются наружу, образуя на поверхности ленты небольшой рваный выступ, как у терки. При про-

колке ленты роликами получается прямоугольное отверстие размером  $0,35 \times 0,18$  мм. На кромках ламельной ленты, прошедшей через ролики, остаются неперфорированные поля, необходимые для образования замка ламели. Ширина ламельной ленты для отрицательных электродов равна  $l=21$  мм, а для положительных  $l=25$  мм. Ширина неперфорированной полосы на ламельной ленте для отрицательных электродов  $a=4,2$  мм, для положительных  $a=6,2$  мм.

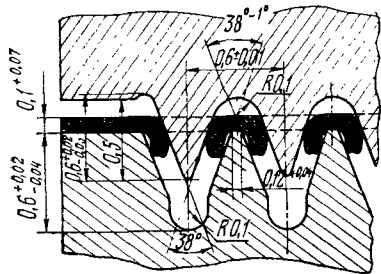


Рис. 163. Перфорирование ламельной ленты роликами

Для перфорации ламельной ленты служит пара роликов: верхний ролик является колющим, а нижний — матрицей. Сечения колющего ролика и матрицы показаны на рис. 163. Как видно из рисунка, ролик и матрица имеют клиновидный зуб. На вершинах гребней матрицы предусмотрены прямые площадки шириной 0,12 мм. Ролик с сопряженной

с ним матрицей дает при перфорации максимальную величину открытия (отношение площади отверстий ленты к ее общей площади) 21—22%, которая получается при полном смыкании ролика и матрицы. Практически степень открытия ленты меньше — до 18%.

Бортики перфораторов подняты на 0,1 мм против общей высоты зуба. Этим достигается ограничение процента открытия при перфорации и предотвращается выгибание кромки ленты. Клиновидная форма перфоратора способствует самоцентрированию его в ручье матрицы.

Ролик выдерживает в среднем 12 смен работы, что соответствует производительности — около одной тонны пропущенной ленты. Стойкость матриц превышает стойкость роликов примерно в 5—7 раз.

На рис. 164 показана перфорированная ламельная лента. Перфорация ламельной ленты производится следующим образом:

концы рулонов ламельной ленты сваривают внахлест по длине ленты на 15 мм в пяти — десяти точках;

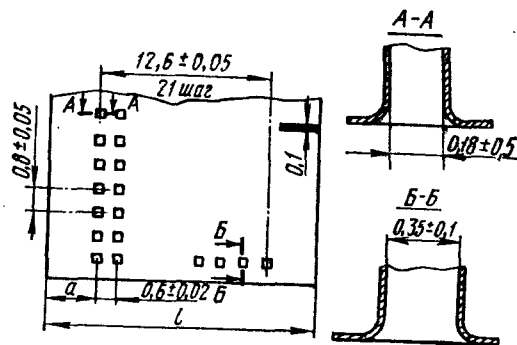


Рис. 164. Перфорированная ламельная лента

устанавливают рулон и закрепляют его на сматывающей бобине перфорационного станка;

заправляют ленту в направляющие и перфорационные ролики; пропускают 2 м ленты и проверяют качество перфорации;

закрепляют ленту на наматывающей бобине и пускают станок, производящий перфорацию ленты.

После перфорации производят контроль качества ленты; этот контроль выборочный, осуществляемый в процессе производства, а также осмотром в течение смен готовых рулонов ленты с каждого станка. Площадь отверстий перфорации — 12—18%.

Принцип действия прибора основан на применении явления фотоэффекта: при освещении поверхности фотоэлемента, состоящего из двух полупроводников, в его цепи возникает электрический ток (вентильный эффект). Световая характеристика такого фотоэлемента, т. е. зависимость фототока от светового потока линейна, это значит, что световой поток меняется прямо пропорционально открытию экранирующей площадки — участка ламельной ленты, помещенной перед экраном фотоэлемента.

По фототоку с помощью микроамперметра определяется процент открытия перфорированной ленты (цена деления на шкале 2% открытия).

Перфорированная лента не должна иметь разрывов и трещин, так как при наличии этих дефектов ослабляется механическая прочность ленты. Перфорированную ленту, предназначенную для изготовления ламели для положительных пластин, никелируют на специальных автоматах (гл. II).

## § 10В. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛАМЕЛЕЙ И ПЛАСТИН

Изготовление ламели производят на машинах, где лента, пройдя между профилирующими роликами, сначала приобретает форму дна-желобка. В желобок из бункера непрерывно поступает активная масса.

Проходя между другой парой роликов, масса брикетируется. Затем желобок с массой накрывается второй перфорированной лентой, поступающей с рулона и служащей для образования крышки ламели. При проходе между следующей системой роликов края верхней ленты загибаются и затем обжимаются с краем дна, образуя замок. Сечение таким образом сформированной отрицательной ламели показано на рис. 165.

Положительная ламель отличается от отрицательной размерами: вместо толщины 2,6 мм — 3,8—4 мм, вместо ширины крышки 14,5 мм — 15,5 мм и вместо ширины дна 12,6 мм — 13,3 мм.

Выходящую из машины ламель нарезают на длинные отрезки. Несколько отрезков ламелей складывают так, чтобы их загнутые края зашли один за другой в замок, после чего ламели, связанные в виде полосы (ремня), направляют между гофрировочными валами. После обжима и гофрировки ламели получают прочно

скрепленными или сшитыми друг с другом в ремень. При выходе из валцов ремень режут на куски — заготовки соответственно ширине будущей пластины (рис. 165). Высота пластины зависит от того, сколько ламелей связаны между собой в ремень. С боков по

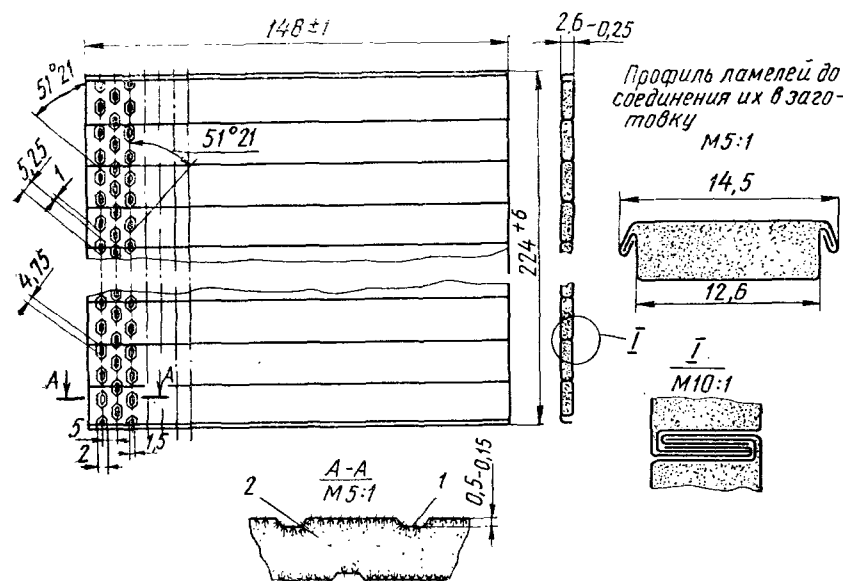


Рис. 165. Профиль отрицательной ламели и ламельная заготовка для аккумулятора ТЖН-250

месту отреза на заготовку надевают два ребра из согнутой в U-образную скобу стальной ленты толщиной 0,5 мм. На выступающие концы ребер устанавливают контактную планку. Собранный таким образом пластину вальцуют.

При этом концы ламелей обжимают для того, чтобы из них не выпала активная масса. При вальцевании пластины одновременно на поверхности ламелей и ребра образуются продольные канавки под эбонитовые палочки. Так как ребра являются токопроводом от контактной планки к ламелям, то опрессовка их улучшает электрический контакт между деталями. Для дальнейшего улучшения контакта ребро приваривают точечной сваркой к контактной планке. Внешний вид готовых пластин приведен на рис. 166.

Изготовление электродов щелочных аккумуляторов ламельной конструкции на заводах Советского Союза производится на поточных механизированных линиях большой производительности. Схема такой линии, включающей в себя два параллельных потока, приведена на рис. 167.

Бочка 2 с активной массой поднимается талью в направляющих, затем она опрокидывается и масса засыпается на шнековый транспортер 3, который подает массу на ленточный транспортер 4.

Последний распределяет массу по отдельным бункерам 5 с помощью отсекающих, регулирующих засыпку массы в бункер.

Для предотвращения зависания массы в бункерах (к этому склонна отрицательная масса) служат ворошители с приводом 1, вмонтированные в бункера. Масса из бункера 5 поступает в бункера машины роликового брикетирования 6.

Машина производит все операции формирования ламелей.

На конце роликового транспортера 7 с помощью двух сопряженных друг с другом валков производят шивку ремня из отдельных ламелей. Ремень гофрируют на гофрировочных валцах 8 и разрезают на отдельные заготовки с помощью летающих ножниц 9.

После осмотра заготовок на столе 10 они посредством транспортера 11 подаются на сборочные валцы 12, на которых производят кернение ребер, надетых вручную на заготовки, и выдавливание канавок вдоль ребер и на поверхности заготовок под эбонитовые палочки.

С помощью двух спаренных роликового 13 и ленточного 14 транспортеров заготовки поступают к сварочному автомату 17, на котором производится точечная приварка контактной планки к концам ребер пластин.

Транспортер 16 подает на роликовый транспортер 15 для осмотра готовые электроды.

Таким образом, за некоторым исключением, все операции на электродной линии производятся автоматически.

Опишем некоторые подробности технологического процесса изготовления ламельных электродов.

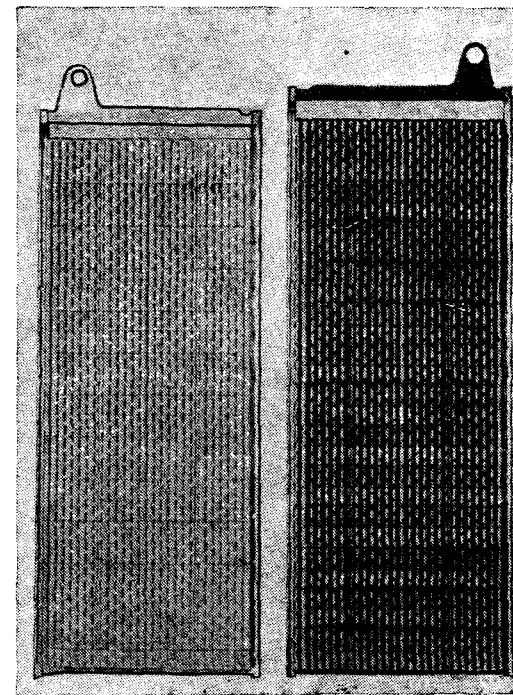


Рис. 166. Внешний вид ламельных пластин: слева — положительная пластина, справа — отрицательная пластина

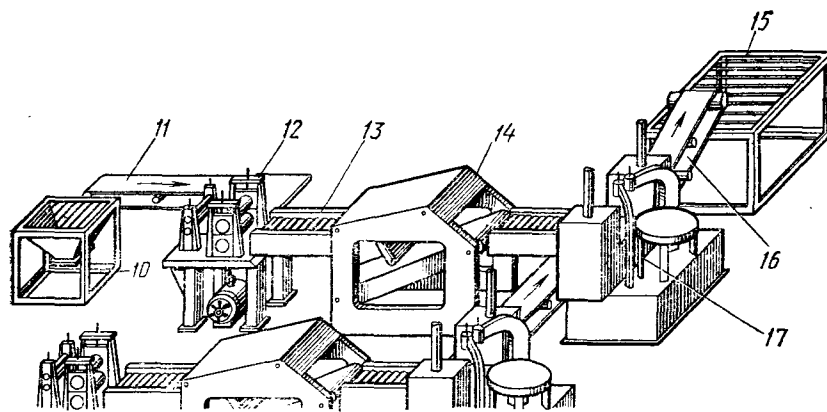
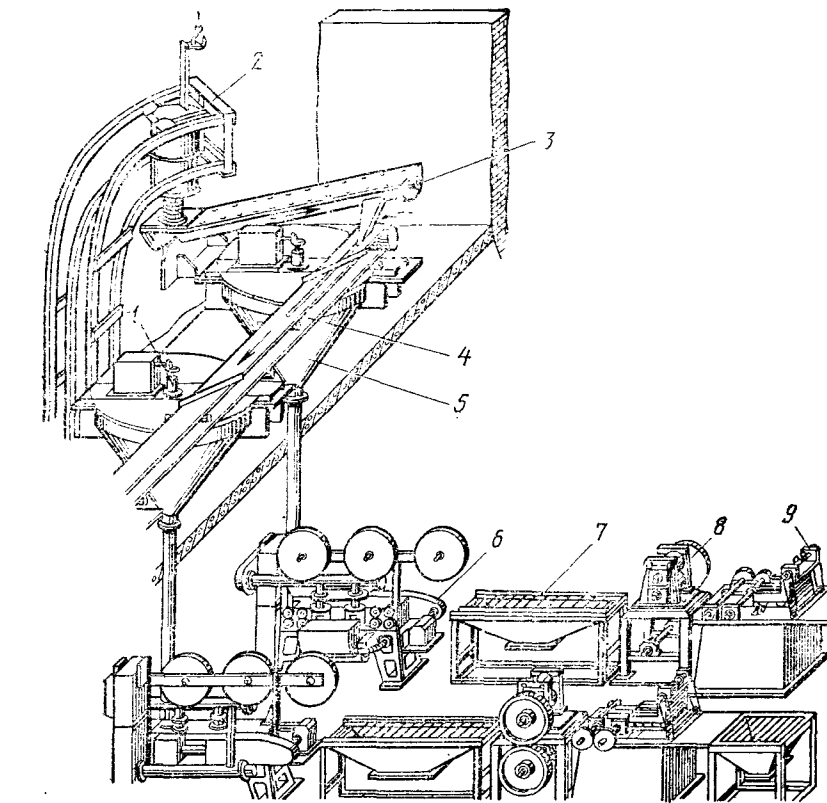


Рис 167. Схема поточной механизированной линии изготовления ламельных пластин:

1 — ворошитель, 2 — бочка с массой, 3 — шнековый транспортер, 4, 14, 16 — ленточные транспортеры, 5 — бункер, 6 — машина роликowego брикетирования, 7, 13, 15 — роликковые транспортеры, 8 — гофрированные вальцы, 9 — летающие вожницы, 10 — стол для контроля, 11 — ленточный транспортер, 12 — сборочные вальцы, 17 — сдвальный автомат

Изготовление ламелей. Для изготовления ламелей применяют перфорированную ленту в виде бухты (рулона), которую надевают на сматывающую бобину специального станка.

Проходя через направляющие ролики, лента перематывается на вторую бобину. При перематке ленты некачественную ленту вырезают, концы сваривают точечной сваркой. Перематанную указанным образом ленту применяют для изготовления ламелей на машине роликowego брикетирования, (рис. 168) для чего надевают рулон ленты на сматывающие бобины и закрепляют бобины крышками. Заправляют ленту на доньшко ламели и пропускают ее через профилирующие, направляющие колодки, тянущие, подгибающие ролики и выходную колодку.

Заправляют ленту на крышку ламели, пропускают ее так же, как и ленту, на доньшко ламели.

Производят регулировку положения закаточной колодки, прижима сухарей и зажатия тянущих и подгибающих роликов. Выходной колодкой регулируют ширину ламелей. Засыпают активную массу в приемный бункер. Для регулирования навески массы в ламели вплотную устанавливают сбрасыватель к краю доньшка.

После регулировки машину запускают в работу. Она производит все операции в той последовательности, которая соответствует схеме формирования ламелей (рис. 169).

Выходящие из машины ламели автоматически режутся на куски длиной 16,05 м.

Получение заготовок пластин. Перекладывают ламели на стол — выравнивают, укладывают на нижний валик замками вверх, заправляют их в гофрировочные вальцы с зазором между ними на ширину ламели, закрепляют ряд ламелей верхним распределительным валиком. Укладывают новый ряд ламелей в зазоры на верхний распределительный валик замками вниз. Обрезают концы всех ламелей.

Заправляют в замок верхние и нижние ламели и пропускают их через гофрировочные вальцы. Вслед за этим режут с помощью специальных ножниц шитую из ламелей полосу на заготовки. Ширина ремня, образованного рядом ламелей, соответствует высоте пла-

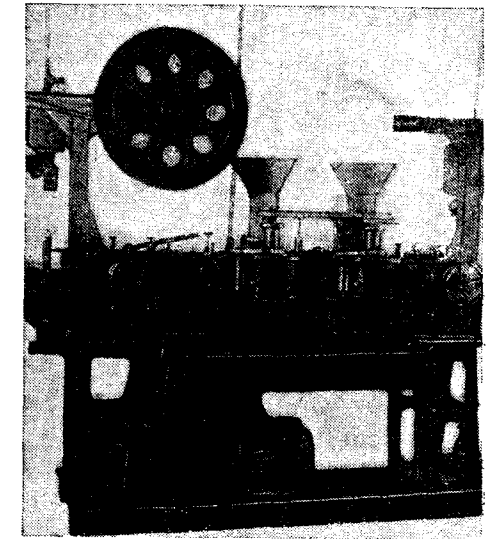


Рис. 168. Машина роликowego брикетирования ламелей



стины аккумулятора, следовательно высота пластины определяется числом ламелей.

Гофрировочные вальцы имеют на своей поверхности правильно расположенные выступы. Этими выступами вальцы выдавливают на поверхности ламелей ремня соответствующие углубления в виде правильного рисунка, так называемый гофр. При гофрировании ламелей ремня активная масса получает боковой распор, направленный изнутри ламели к линии замка, и, кроме того, перпендикулярно линии соединения соседних ламелей вдавливаются углубления гофра. Вследствие этих обстоятельств замок испытывает местное сильное сжатие, что приводит к прочной сшивке ремня.

Помимо создания прочного замка, гофрирование ремня увеличивает поверхность пластины, что позволяет улучшить электрические характеристики аккумулятора.

Заготовки пластин собирают в стопки по 20 шт. Если в заготовке оказываются дефектные ламели, то эти ламели удаляют (выламывают). Оставшиеся неполные заготовки могут служить для комплектования из них электродов, при этом, очевидно, должно быть сохранено число ламелей в составной заготовке. Не допускается комплектования составной заготовки более чем из двух частей.

Не допускаются рваные участки на заготовке и высыпание из нее активной массы по торцам более 2 мм по длине, трещины ленты на заготовках, отслаивание никелевого покрытия на положительной заготовке, пустые и полупустые ламели, цвета побежалости на никелированной ламельной ленте. Допускаются неприжатый замок длиной до 3 мм на крайних ламелях заготовки, заусенцы на торцах ламелей до 0,5 мм.

Сборка и прокатка заготовок пластин с ребрами, приварка контактных планок. Полученные заготовки, составленные из ламелей, поступают на следующую операцию — надевание ребер на торцы ламелей заготовок по высоте электрода. Ребра, надетые на заготовку, должны выступать над верхним краем последней.

После того как надеты ребра, заготовку досыпают в сборочные вальцы 12 для кернения ребер диском с целью их фиксации на заготовке.

На вальцах выдавливаются канавки по ребру и на поверхности ламелей. (При отсутствии сварочного автомата на вальцовку пускают собранную пластину с контактными планками.)

Производят периодический контроль качества сборки и прокатки заготовок с ребрами. Особое внимание обращают на плотность посадки ребра на края заготовки.

Заготовки пластины с надетыми на нее ребрами подаются к месту сварки — к сварочному автомату АТПА2×30-217.

Контактные планки поступают из кассеты сварочного автомата и накладываются своими краями на выступающие концы двух ребер пластины, после чего автоматически производится сварка в местах контакта этих деталей. Контактные планки по мере их израсходования устанавливаются стопками в кассету машины.

## § 109. МАШИНА РОЛИКОВОГО БРИКЕТИРОВАНИЯ

Машина роликового брикетирования, предназначенная для изготовления ламелей (рис. 169), снабжена следующими устройствами:

- бобинами для надевания ламельной ленты в виде бухты для доньшка и крышки;
  - натяжными и профилирующими роликами;
  - направляющими роликами для обеспечения движения ламели по ручью;
  - закаточными и направляющими колодками;
  - тянущими, подгибающими роликами и выходными колодками.
- Машина снабжена установкой для обратной подачи в бункер с помощью элеватора излишка массы, просыпающейся в лоток после

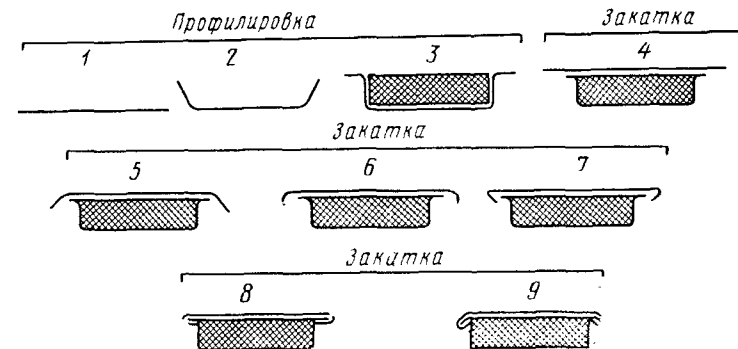


Рис. 169. Схема формирования ламели на машине роликового брикетирования

наполнения ею ламелей, блокировочным устройством, регулирующим заполнение бункера массой. Такая установка освобождает рабочего от необходимости пересыпать совком массу из лотка в бункер машины.

## § 110. ГОФРИРОВОЧНЫЕ ВАЛЬЦЫ

Гофрировочные вальцы служат для нанесения гофра на рабочую поверхность ламельного электрода; с этой целью гофрированию подвергается ламельный ремень.

Остановимся на основных конструктивных особенностях гофрировочных вальцов.

На раме станины и стойках монтируются два горизонтальных вала. На каждый вал насажен и закреплен шпонкой гофрировочный барабан. Между подшипниками соседних валов прокладывается слой резины для создания эластичного сопряжения гофрировочного барабана с прокатываемым ламельным ремнем.

Барабаны устанавливаются относительно друг друга в зависимости от толщины ламелей с помощью регулировочных винтов.

Установочная гайка закрепляет регулировочный винт в надлежащем положении на подушке станины.

Вращение барабанов осуществляют двумя шестернями, надетыми на концы валов и сопряженными друг с другом. Шестерни связаны с приводом, состоящим из зубчатых колес и электродвигателя, приводящего колеса во вращение.

Подача ламельного ремня к вальцам происходит со стороны плиты переднего стола; после гофрирования, проходя между гофрировочными барабанами, он выходит с плиты заднего стола на следующую операцию — разрезку.

### § 111. СБОРОЧНЫЕ ВАЛЬЦЫ

Сборочные вальцы выполняют следующие функции:

кернят ребра, надетые на заготовки пластин;

выдавливают канавки вдоль ребра и на рабочей поверхности пластины.

В соответствии с назначением сборочных вальцов они состоят из двух самостоятельных узлов:

узла кернения ребер и транспортирования пластин к барабанам;

барабанов, образующих канавки на ребрах и поверхности электродов.

Верхний ведущий механизм первого наиболее сложного узла (рис. 170) смонтирован из двух дисков 2 и 3, насаженных на верхний вал. На выточку дисков запрессовано каленое верхнее кольцо 4, служащее ограничителем диска, и кольцо 5 со штифтом для кернения ребер на пластинах.

Нижний ведущий механизм состоит из двух ступиц — правой 8 и левой 9, каждая из которых насажена на нижний вал; кольца (нижнего) со штифтом 7 и каленого кольца-ограничителя 6, запрессованных на ступице.

Взаимное сближение верхнего и нижнего механизмов осуществляется двумя регулировочными винтами, каждый из которых связан с корпусом подшипника верхнего вала; винт закрепляется в определенном положении на станине вальцов гайкой.

Привод верхнего и нижнего ведущих механизмов осуществляется в виде пары шестерен 1, насаженных на верхний и нижний валы, и пары звездочек 10, 11, закрепленных на нижнем валу и кинематически связанных с электродвигателем.

Расстояние  $A$  между калеными кольцами-ограничителями двух соседних дисков (на одном валу) зависит от ширины электродов; так для пластины ТЖН-100  $A=123,5-0,1$  мм; для ТЖН-250, 300, 350, 500  $A=150,0-0,1$  мм.

Обычно падающие механизмы и барабаны монтируют на общей станине с общим двигателем привода.

Пластина, собранная из отдельных деталей, кладется на стол и подается между верхней и нижними парами вращающихся дисков

ведущих механизмов, при этом происходит кернение ребер пластин дисками, в результате чего ребра и контактные планки прочно фиксируются на электроде. Одновременно с этим осуществляется подача пластин к двум вращающимся барабанам (на рисунке не показаны), имеющим на поверхности кольцевые выступы, распо-

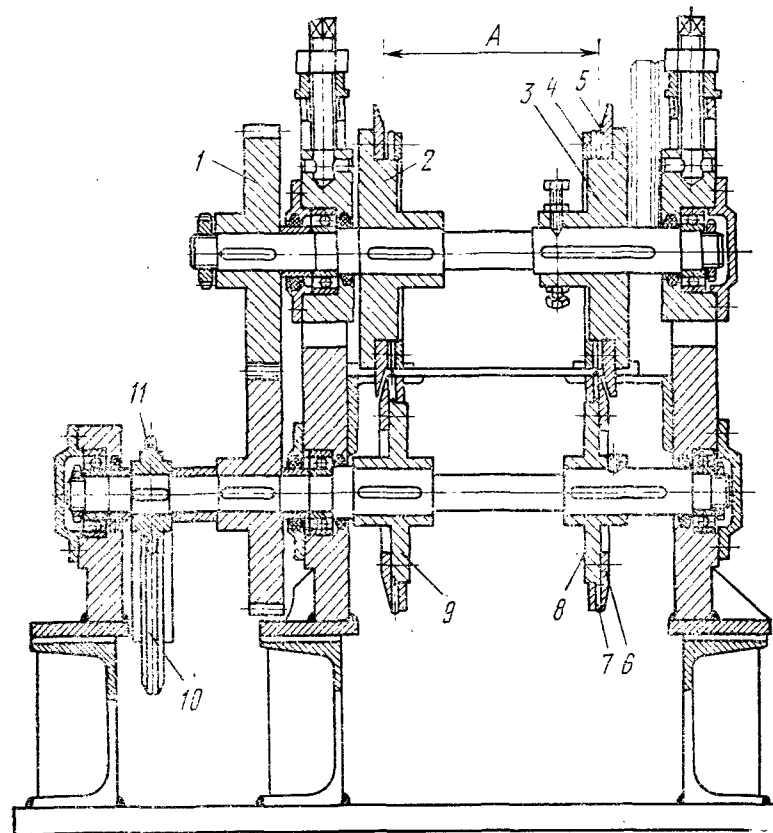


Рис. 170. Ведущий механизм кернения ребер на пластинах:

1 — пара шестерен, 2 — левый и 3 — правый диски на верхнем валу, 4 — кольцо верхнее, 5 — кольцо со штифтом для кернения ребер, 6 — кольцо на ступице, 7 — кольцо со штифтом, 8 — ступица правая, 9 — ступица левая (на нижнем валу), 10, 11 — звездочки

женные параллельно друг другу. Этими выступами барабаны выдавливают параллельные канавки на ребрах и рабочей поверхности пластин под эбонитовые палочки.

После барабанов электроды подаются транспортером к машине точной приварки ребер к контактной планке.

В случае применения сварочного автомата в составе механизированной поточной электродной линии в сборочные вальцы посту-

пают заготовки пластин с ребрами без контактной планки, так как в автомате происходит установка контактной планки из магазина на концы ребер пластин.

#### § 112. СВАРОЧНЫЙ АВТОМАТ АТПА2Х30-2

Сварочный автомат АТПА2Х30-2 (рис. 171) предназначен для работы в составе поточной механизированной электродной линии для электрической точечной сварки контактных планок с ребрами заготовок пластин.

Питатель автомата служит для выталкивания контактных планок из кассеты и подачи их под электроды. При подаче воздуха в цилиндр он начинает перемещаться вместе с ползуном, который связан с отсекателем и посредством установленных на нем ножей выталкивает планку из кассеты. Когда ползун дойдет до упора, вновь подается воздух в цилиндр. Контактная планка, притянутая магнитами, подается под электроды с помощью ведущих роликов, прижимающих электроды к валикам стола. Верхние электроды имеют пневматический привод, обеспечивающий их прижим к свариваемой детали.

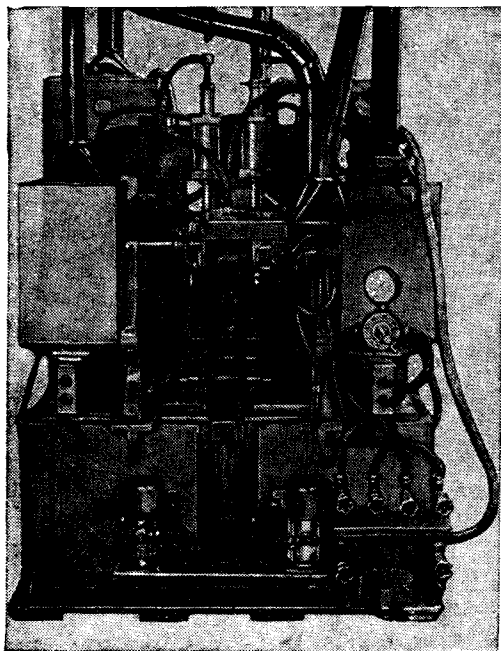


Рис. 171. Сварочный автомат АТПА2Х30-2

После приварки планки к заготовке пластины стол подачи автоматически опускается и сваренное изделие, скользя по роликам, сбрасывается вниз с автомата. Производительность 30 шт/мин.

#### § 113. НОВЫЙ АВТОМАТ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И НАДЕВАНИЯ РЕБЕР НА ЗАГОТОВКИ ПЛАСТИН

В последнее время внедрен в производство автомат для изготовления и надевания ребер на заготовки положительных ламельных пластин.

Опишем действие одного из таких автоматов (рис. 172). Автомат выполняет следующие операции. С двух бобин 1 стальная лента проходит через блоки профилирующих 2 и рихтующих 3 роликов, которые формируют из ленты ребро. Из «магазина» 4 поступают положительные заготовки, которые подающим валиком 6 перемещаются на место надевания ребер на заготовки 8.

После обрезки ножами 5 мерные ребра выдвигаются с двух сторон на края заготовки и фиксируются на ней прижимными роликами 7.

Принимающие валики 9 подают заготовки с ребрами в электросварочную машину АТПА2Х30-2, которая автоматически приваривает контактные планки к концам ребер заготовки.

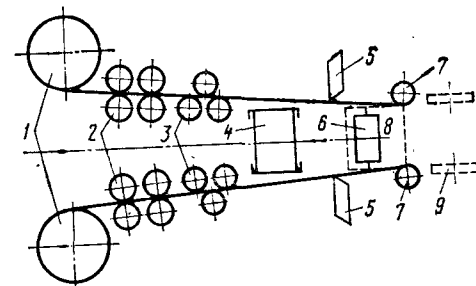
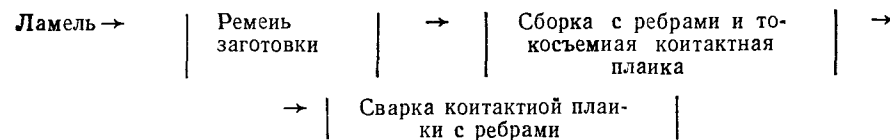


Рис. 172. Схема автомата для изготовления и надевания ребер на заготовки пластины

#### § 114. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОДНАЯ ЛИНИЯ АЭЛ-3

Кроме поточных механизированных линий в промышленности применяют также новые автоматические электродные линии для изготовления ламельных электродов. В качестве примера можно назвать линию АЭЛ-3, которая позволяет обойтись без ручного труда, в некоторой мере еще применяемого на поточных электродных линиях, описанных выше (рис. 173).

Линия АЭЛ-3 автоматически выполняет все технологические операции по сборке элементов электрода в соответствии с непрерывной схемой в отличие от описанного нами процесса, характеризующегося последовательно-агрегатной схемой производства:



Производительность автоматической линии при изготовлении пластин из 16 ламелей — 44 шт/мин.

Узлы засыпки, прессовки массы и закатки ламелей на линии расположены в два яруса. Все механизмы линии кинематически связаны и действуют синхронно, а в действие приводятся от общего привода. Для контроля работы отдельных узлов предусмотрена автоблокировка.

Конструктивные особенности и принцип работы этой линии состоят в следующем.

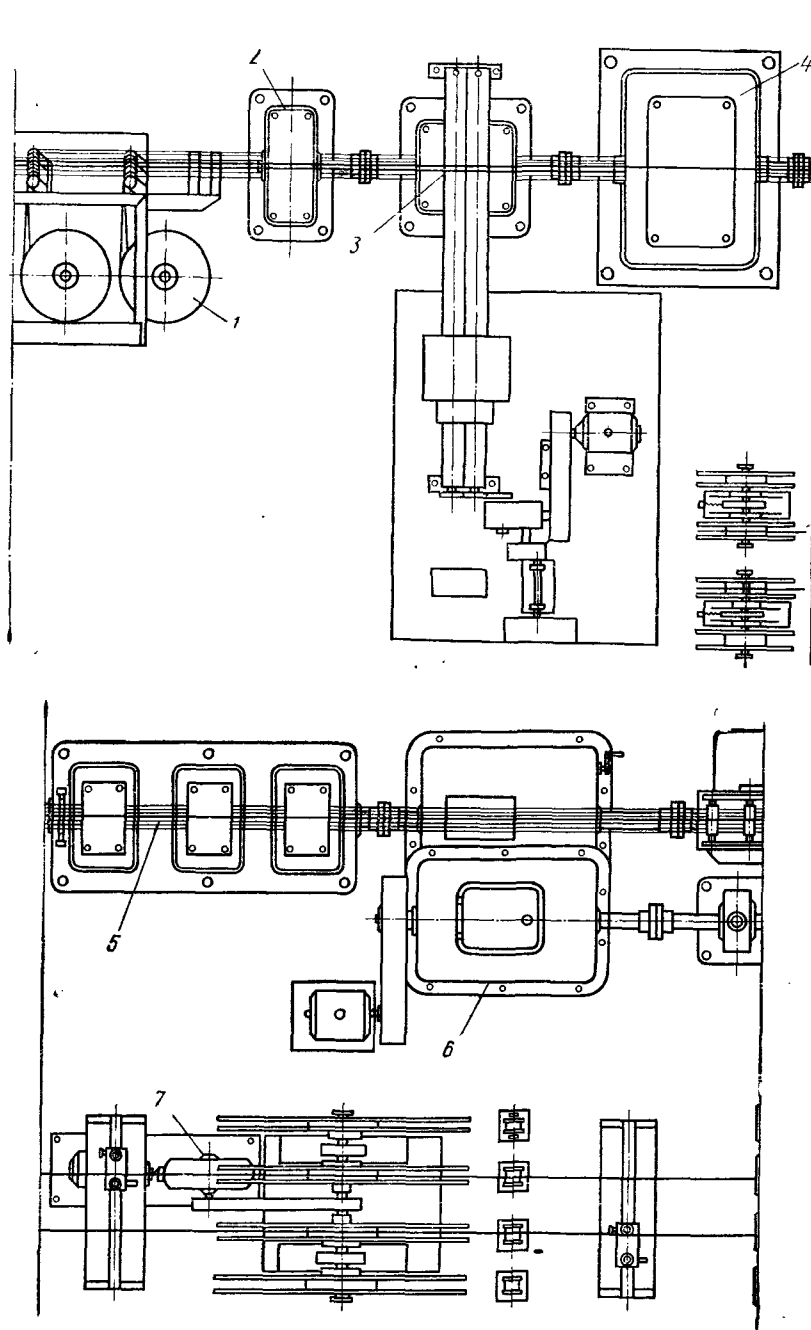


Рис. 173. Автоматическая электродная линия АЭЛ-3:  
 1 — ламельная лента, 2 — профилировка ленты, 3 — дозировка активной массы, 4 — прессовка активной массы, 5 — закатка ламелей, 6 — привод, 7 — реберная лента

Ламельная лента сматывается с бобины, подается в штамп, где она профилируется в виде донышек, а затем поступает в механизм засыпки, в котором донышки заполняются активной массой. Необходимая дозировка массы достигается тем, что излишек ее снимается путем продвижения заполненных донышек через щель.

Массу в донышке запрессовывают штампом, а затем ее закатывают в ламели, что осуществляется закреплением на донышках крышек (из ламельной ленты) при помощи штампов встроенного пресса.

Гофрировочные вальцы собирают все образованные ламели в один ремень (сшивка в ремень) и гофрируют последний. Вальцы производят шаговое перемещение ламельного ремня посредством мальтийского механизма.

Ножницы, работающие синхронно с вальцами, разрезают ламельный ремень на заготовки в момент остановки вальцов после каждой шаговой подачи ремня.

С помощью вращающегося круглого стола заготовки вместе со спрофилированными (роликами) ребрами подаются в сборочный механизм, комплектующий заготовки с деталями электрода.

В сборочном станке заготовка вдвигается между двумя параллельными ребрами. Затем комплект деталей захватывается сборочными вальцами, которые производят кернение ребер и дальнейшую передачу в штамп обжимного пресса, выдавливающего на ребрах и на пластинах канавки. Сборочные вальцы приводятся в действие мальтийским механизмом.

После обжимки электродов под ножницами производят безотходную отрезку ребер на определенную длину.

Эксплуатация линии АЭЛ-3 показала, что совершенный механизм засыпки и дозировки массы дает значительную экономию последней.

#### § 115. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЕТЧАТОГО СЕПАРАТОРА И НАДЕВАНИЯ ЕГО НА ЭЛЕКТРОД

Сепаратор аккумулятора, устанавливаемый между его разноименными электродами, должен обеспечить надежную изоляцию от коротких замыканий между ними. Он должен быть химически стойким при воздействии на него щелочи и окислительной среды, не допускать зависания на его поверхности шлама, сползающего с электродов (в основном с положительных), который может вызвать внутреннее короткое замыкание.

На некоторых заводах внедряется новый сетчатый полиэтиленовый сепаратор в виде чулка, надеваемого на электрод щелочного аккумулятора. Он представляет собой чулок, образованный продольными (б) и поперечными (в) жилками круглого сечения, боковые стороны которого выполнены в виде желобчатых ребер (а) (рис. 174).

Сетчатый сепаратор обеспечивает надежную эксплуатацию аккумуляторов, помимо этого его достоинство состоит в том, что технология изготовления бесконечного чулка проста и механизирована и надевание его отрезка на электрод выполняется высокопроизводительным автоматом.

Электроды, с двух сторон защищенные сепараторным чулком, удобны для сборки электродного блока.

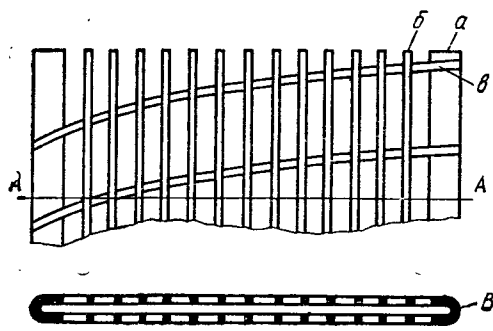


Рис. 174. Сетчатая полиэтиленовая сепарация в виде чулка

частью шнека, в результате чего превращается в тестообразную массу.

Расплавленная масса под давлением шнека проходит через решетку и попадает в вертикальную обогреваемую головку, а затем в фильеры.

Наружная фильера вращается, а внутренняя неподвижна. Масса, проходя под давлением через профильные отверстия фильер, превращается в продольные, поперечные жилки и желобки, которые, в свою очередь, направляются в коническую часть охлаждаемой оправки. Затем они натягиваются механизмом натяжения, свариваются между собой и наматываются в рулон механизмом намотки. При прохождении через ванну с водой чулок окончательно охлаждается и приобретает необходимую форму.

*Основные технические данные установки*

Производительность (по чулку) . . . . .	2 м/мин
Скорость вращения фильеры . . . . .	25 ± 2 об/мин
Расход гранулированного полиэтилена	
ГОСТ 16337—70, марки — 10702—020 или	
10802—020, сорт I . . . . .	50 кг/смена
Электрический двигатель привода экструдера . .	2,2 кВт,
	47,7·П рад/с
	(1430 об/мин)

Надевание сепараторного чулка на электрод осуществляется следующим образом (рис. 175).

Сепараторный чулок (показано пунктиром) из рулона, помещенного на бобине 1, проходит через нагреватель 2 и попадает на челнок 3, который в этот момент упирается в поднятый убирающийся упор 13, вертикально передвигаемый с помощью пневмоцилиндра 14.

Коротко остановимся на технологии изготовления сепараторного чулка и надевания его на электрод.

Сепаратор изготавливают методом экструзии на специальной установке. Гранулированный полиэтилен из бункера попадает на вращающийся шнек экструдера и, продвигаясь с помощью шнека по обогреваемой трубе, расплавляется, а затем сжимается конической

частью шнека, в результате чего превращается в тестообразную массу.

Расплавленная масса под давлением шнека проходит через решетку и попадает в вертикальную обогреваемую головку, а затем в фильеры.

Наружная фильера вращается, а внутренняя неподвижна. Масса, проходя под давлением через профильные отверстия фильер, превращается в продольные, поперечные жилки и желобки, которые, в свою очередь, направляются в коническую часть охлаждаемой оправки. Затем они натягиваются механизмом натяжения, свариваются между собой и наматываются в рулон механизмом намотки. При прохождении через ванну с водой чулок окончательно охлаждается и приобретает необходимую форму.

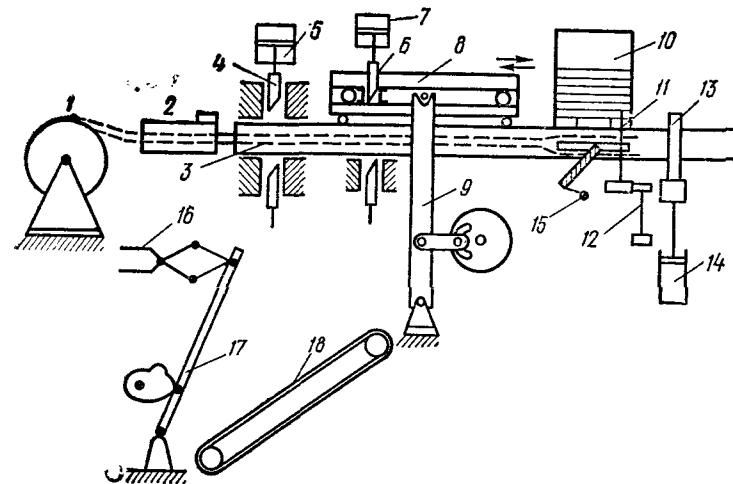


Рис. 175. Схема одевания сепараторного чулка на ламельный электрод

С этой целью электрод подается из «магазина» 10 при помощи донных отсекателей 11 (привод отсекателей 12). Два отсекателя имеют специальный профиль, обеспечивающий при их вращении легкое соскальзывание электродов из «магазина» в углубление челнока 3, где каждый выравнивается двумя фиксаторами 15 (предотвращают боковое смещение электрода в челноке).

В конце хода каретки 8 ножи 6, помещенные на самой каретке, производят два боковых реза части сетки, надетой на электрод, по боковым ребрам и этим самым окончательно отделяют кусок сетки (чулка) на челноке (привод ножей 7).

При обратном ходе каретки (←) упор 13 опускается, электрод освобождается и при помощи захватов 16 (рычажный привод 17) снимается с надетым на него куском сетки с челнока и подается на транспортер 18, который переносит электрод с сеткой на сборку блока электродов.

После этого цикл работы установки по надеванию сетки (чулка) на электрод повторяется.

Производительность автомата — 10 электродов/мин. Электрический двигатель привода — 1,5 кВт, 1500 об/мин.

§ 116. БЕЗЛАМЕЛЬНЫЙ ЖЕЛЕЗНЫЙ ЭЛЕКТРОД  
ДЛЯ ТЯГОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ И ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЕ

Для изготовления безламельных электродов служит широкая железная тканая сетка, которую на специальной установке проваривают в продольном направлении с промежутками между рядами швов сварки, равными ширине электрода, и затем разрезают в местах сварки, края разрезанной сетки загибают роликами.

Таким способом получают узкие ленты (ширина 150 мм), прочные проваренные края которых обеспечивают необходимую жесткость.

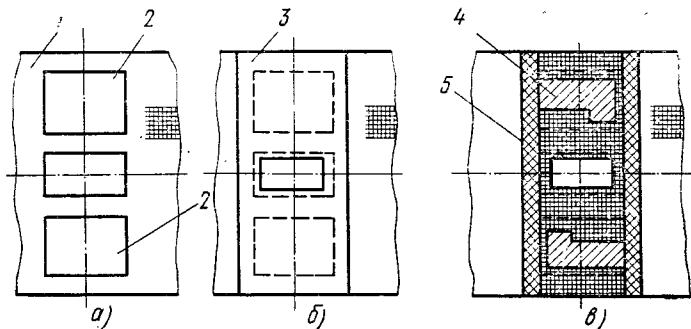


Рис. 176. Принципиальная схема процесса изготовления безламельного железного электрода из сетчатой ленты

Принципиальная схема процесса изготовления безламельного электрода из этой ленты приведена на рис. 176.

Полоса сетки 1 из рулона попадает под пресс, где на ней на определенных расстояниях вырубают три окна 2. Затем поперек сетки в местах вырубленных окон накладывают заготовку в виде стальной прямоугольной пластины 3, размеры которой рассчитаны на две будущие контактные планки двух соседних электродов. При этом преследуют цель, чтобы после вырубки из стальной пластины контактных планок необходимого профиля 4 они были освобождены от сетки, так как в противном случае навалцованная на полосу сетки масса пристанет к обратной стороне контактной планки на жилках сетки.

Заготовки контактных планок попадают на полосу из магазина — питателя сварочной машины с шагом, равным двойной высоте электрода плюс зазор, необходимый для обеспечения прочности пуансона. Затем на этой машине заготовки приваривают к сетке двумя сплошными швами 5.

Рулоны сетки с приваренными заготовками планок поступают на валки вертикальной прокатки для нанесения на сетку-подложку активной массы.

Далее прокатанная лента перемещается под пресс, где ее разрезают на электроды необходимой высоты и одновременно вырубает контактные планки 4.

На рис. 177 представлена схема механизированной линии изготовления безламельных электродов.

На сварочном аппарате 1 концы отдельных сеточных лент сваривают между собой и свертывают рулон. На эксцентриковом прессе 2 в ленте вырубает окна 2 (см. рис. 176). На сварочном аппарате 3 приваривают в местах окон планки 3 (см. рис. 176).

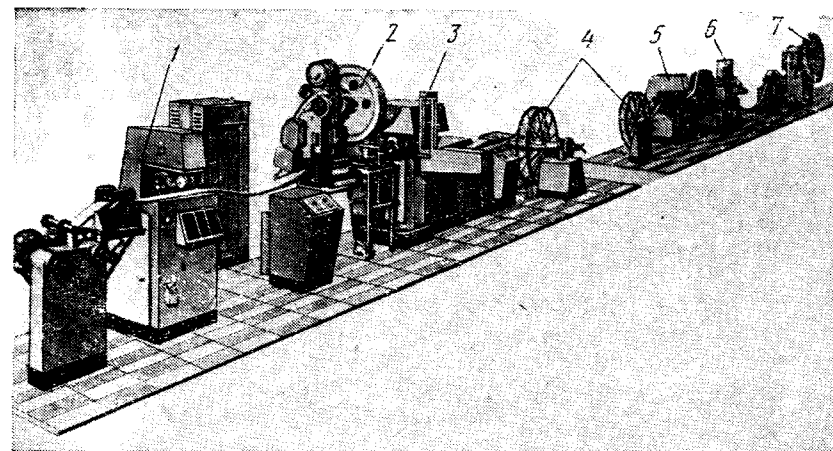


Рис. 177. Общий вид механизированной линии изготовления железных безламельных электродов

Ленту протягивают с помощью бобин 4 к сварочному аппарату 5, который проваривает ленту швов, перпендикулярным к ее длине, с целью упрочнения нижнего края электрода.

Затем лента поступает к вальцам 6 для нанесения на нее массы.

Из ленты с массой вырубает на прессе 7 контур контактных планок 4 (см. рис. 176) и ленту разрезают по длине на отдельные электроды.

Средняя скорость прокатки ленты 6 м/мин. При двухсменной работе годовая производительность одного агрегата составляет 1 520 000 м электродной ленты.

Контрольные вопросы

1. Опишите порядок операций по изготовлению ламельных электродов.
2. Расскажите о технологии перфорирования ламельной ленты, о виде отверстий и их расположении на ленте.
3. С какой целью гофрируют ламели?
4. Какова конструкция гофрированных и сборочных вальцов?
5. Укажите основные особенности автоматической электродной линии АЭЛ-3.
6. Укажите особенности сеточной сепарации и способ ее изготовления.
7. Опишите способ изготовления безламельного железного электрода.

§ 117. СХЕМА И ОПЕРАЦИИ СБОРКИ ТЯГОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Одной из заключительных стадий производства щелочных аккумуляторов является их сборка из предварительно подготовленных деталей и узлов.

Блоки из пластин изготовляют двумя способами. Для малых типов аккумуляторов отрезки контактных планок пластин приваривают газовой сваркой к стальному мостику со стальным токоподводящим штырем. Для больших типов, т. е. тяговых железо-никелевых аккумуляторов, пластины каждого знака собирают в блок с помощью стяжного болта с гайкой или с помощью электросварки. Болт проходит в отверстия в ушках контактных планок. Для сохранения расстояния между пластинами на стяжной болт после каждой контактной планки надевают стальное кольцо. Вместо одного из колец на болт надевают стальной токоотвод — борн, имеющий плоскую головку с отверстием.

При изготовлении блока тем или иным способом между пластинами вставляют сепараторы. Собранный блок устанавливают в стальной никелированный сосуд, при этом токоотводы с надетыми изоляционными кольцами проходят через отверстия в крышке. У тяговых аккумуляторов положительные пластины изолированы от корпуса винипластовыми прокладками. У аккумуляторов малых типов изоляционные прокладки не применяются, так как положительные пластины не касаются стенок сосуда.

Вставка блока электродов чаще производится со стороны дна, которое после сборки приваривают газовой сваркой. Собранные таким образом аккумуляторы после проверки на герметичность отправляют на формирование. Таков в общем процесс сборки щелочного аккумулятора с ламельными пластинами.

В дальнейшем более детально в качестве примера мы будем рассматривать сборку тягового аккумулятора сблоченного типа, технологическая схема которой представлена на рис. 178.

Весь процесс сборки производится на поточных линиях, многие операции которого выполняются на конвейере.

Рассмотрим некоторые подробности основных переходов процесса сборки.

Изготовление корпусов и приварка крышки к корпусу. Корпуса аккумуляторных сосудов изготовляют из листовой декалированной стали марки 08КП. Отрезанные на гильотинных ножницах полосы подвергают двухкратной гибке в штампах и передают на сварку продольного шва. Чертеж заготовки для корпуса аккумулятора ТЖН-250 показан на рис. 179, а—в.

Сварку корпуса сосудов производят на газосварочных автоматах оригинальной конструкции либо на электрошовных сварочных машинах МШП-150 или МШПК-150 (рис. 180).

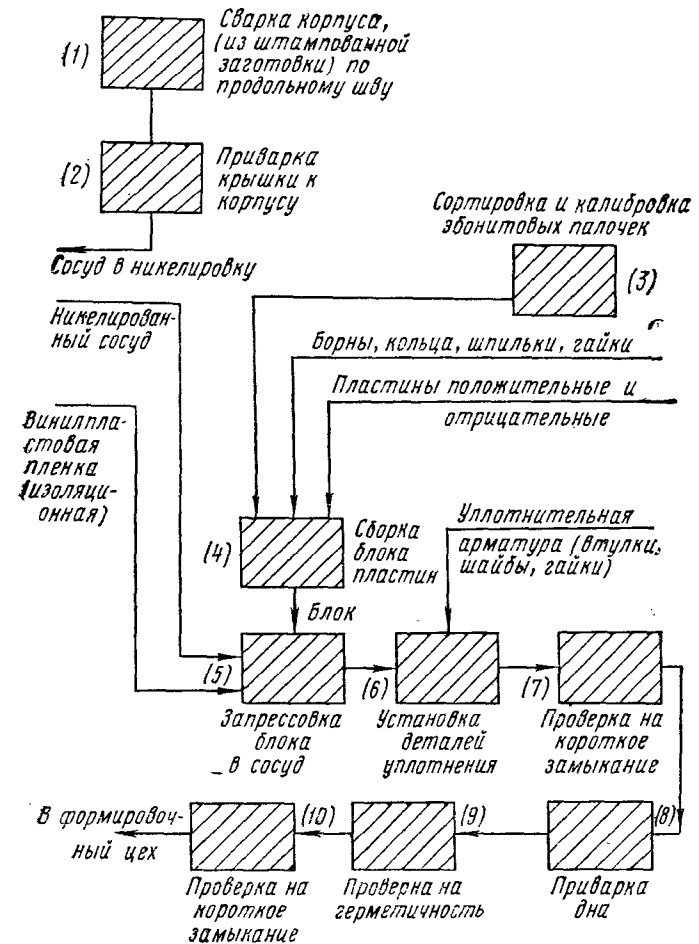


Рис. 178. Технологическая схема сборки тягового аккумулятора ламельной конструкции сблоченного типа

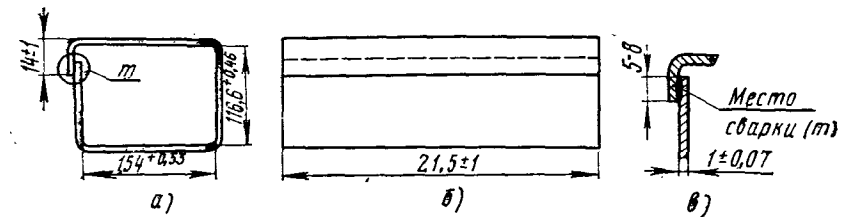


Рис. 179. Заготовка корпуса аккумулятора ТЖН-250



Корпус сосуда 4 проходит между двумя сварочными роликами 1 и 3, включенными в электрическую цепь.

Прижатие роликов к плоскости загнутых краев корпуса (узел *m*, см. рис. 179) осуществляется с помощью пневматического устройства. В месте контакта с роликами проходит большой ток, который вызывает сильный нагрев металла в месте касания краев заготовки, и в результате этого производится сварка. Шов по месту сварки охлаждается водой. Продолжительность сварки одного корпуса ТЖН-350 не превышает 13—14 с.

Сварку корпуса сосуда производят следующим образом:

устанавливают заготовку корпуса на хобот машины в фиксирующее приспособление;

опускают ролики, которые сжимают при этом два края сосуда, загнутые внахлест;

производят сварку корпуса с образованием продольного шва;

после сварки производят автоматическое выключение тока и подъем роликов;

сваренный корпус снимают вручную с хобота машины.

Стальные сосуды широко применяются в промышленности. Пластмассовые сосуды используют пока только для выпуска относительно небольших партий изделий.

После сварки корпуса 6 вставляют в него крышку 5 (рис. 181, *a*) и приваривают ее с помощью ацетиленовой горелки. Перед вставкой крышки в корпус к ней в отдельных точках приваривается специальный кронштейн 1 (рис. 181, *в*), который служит для последующего крепления к нему клапанной пробки. Для точечной приварки кронштейна к корпусу служат электросварочные машины АТН-8 и АТН-10.

Сварка корпуса и приварка к нему крышки — ответственные операции. В результате этих операций сосуд должен быть герметичным как по месту шва вдоль боковой стенки, так и по периметру крышки в месте сварки.

Корпус с приваренной к нему крышкой направляется в гальванический цех, где его покрывают с наружной стороны защитным слоем никеля (около 10 мкм), а затем направляют на операцию запрессовки блока пластин.

Сборка блока пластин тягового аккумулятора. Сборка блока пластин щелочного тягового аккумулятора должна быть выполнена с большой тщательностью, так как от этого в значительной мере зависит качество самого аккумулятора.

Блок пластин состоит из двух полублоков — положительного и отрицательного. Каждый полублок составляется из пластин одного знака (одной полярности). Между соседними пластинами должно быть определенное расстояние, которое обычно заполняется эбонитовыми палочками или винипластовым гофрированным сепаратором. Вследствие этого необходимо точно фиксированное расстояние между одноименными пластинами полублока, что достигается установкой на стяжных болтах дистанционных стальных колец.

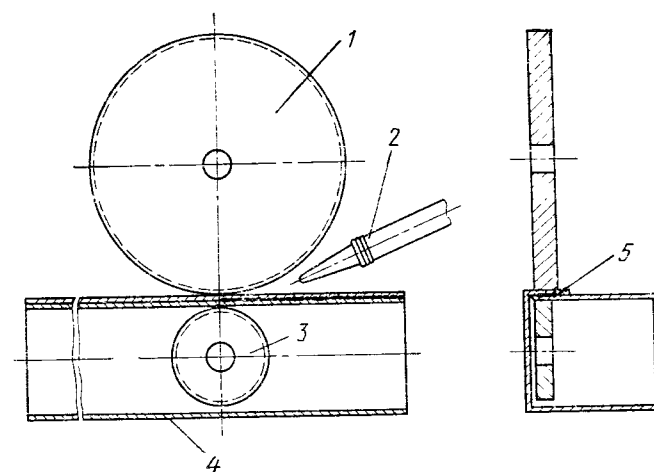


Рис. 180. Принцип действия электрошлаковой сварочной машины:

1 — верхний ролик, 2 — сопло, 3 — нижний ролик, 4 — корпус, 5 — сварочный шов

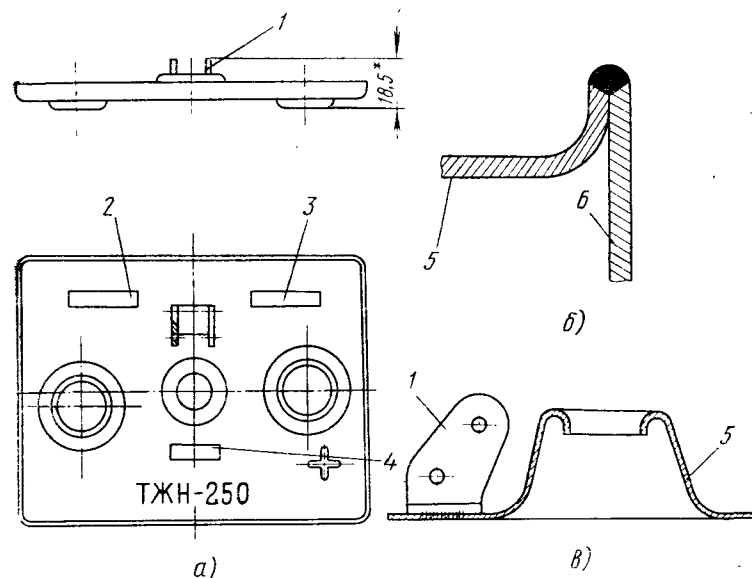


Рис. 181. Крышка аккумулятора ТЖН-250 (*a*), узел приварки крышки к корпусу (*б*) и кронштейн для клапанной пробки (*в*):

1 — кронштейн, 2 — клеймо номера ГОСТа, 3 — клеймо года и квартала изготовления, 4 — клеймо марки завода, 5 — крышка, 6 — корпус

Токоотвод от каждого полублока пластин осуществляется одним или двумя борнами, которые устанавливаются через проушины на стяжной болт.

В каждом полублоке контактные планки электродов, а также борны должны быть плотно зажаты между дистанционными кольцами с помощью гаек, накрученных на конец болта с целью обе-

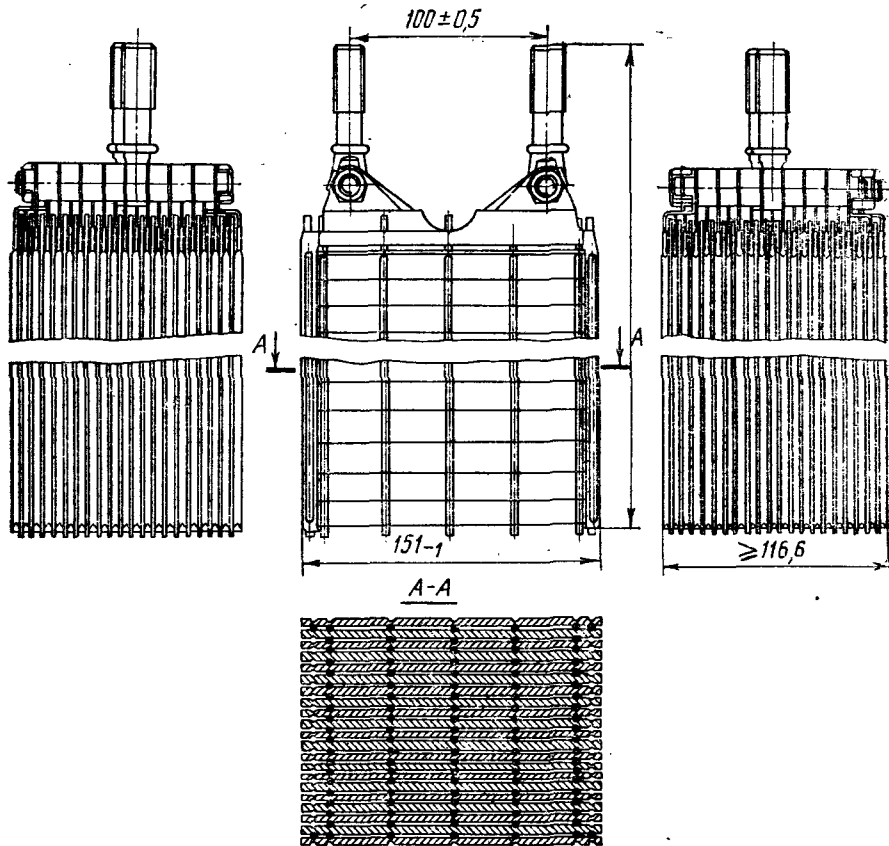


Рис. 182. Блок ламельных пластин аккумулятора ТЖН-250

спечения надежного электрического контакта между токоведущими деталями блока (планка электрода — кольцо — болт).

Чертеж блока показан на рис. 182.

Сборку блока пластин производят с помощью специального приспособления, которое выполняет ряд необходимых при сборке функций:

точно фиксирует положение положительных и отрицательных электродов относительно друг друга;

обеспечивает правильную установку эбонитовых палочек на поверхности пластин;

фиксирует положение борнов относительно комплекта пластин; позволяет плотно зажать пластины блока; облегчает установку дистанционных колец на строго фиксированном стяжном болте, а также плотное зажатие их и закрепление концевыми гайками.

Конструкция сборочного приспособления приведена на рис. 183. Задняя стенка 5 служит для правильной установки концов эбонитовых палочек в вертикальных канавках.

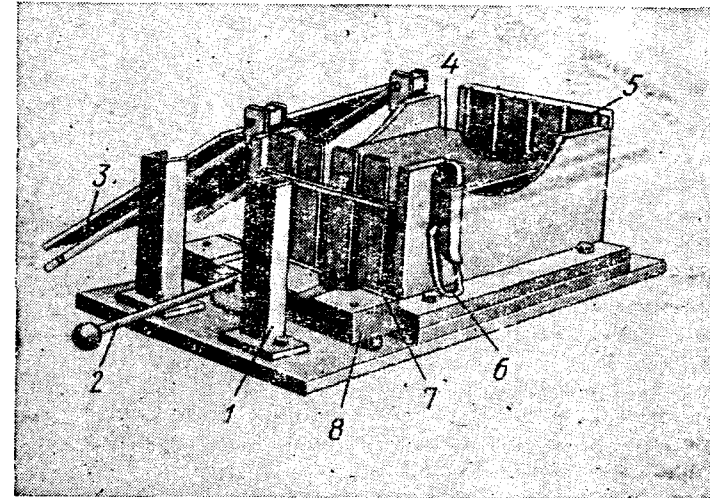


Рис. 183. Приспособление для сборки блока ламельных пластин: 1 — стойка, 2 — рукоятка, 3 — крышка на шарнирах, 4 — подвижное дно на пружинах, 5 — задняя стенка, 6 — защелка с серьгой, 7 — передняя стенка, 8 — колодка

Передняя стенка 7 в виде гребенки, состоящей из четырех вертикальных планок, служит для правильной фиксации пластин и эбонитовых палочек. Для этого на гребенку приспособления надевается пластина через прорезь между контактной планкой и краем верхней ламели, палочки устанавливаются своими концами в прорези гребенки (а также в канавки стенки 5). Прорези передней 7 и канавки задней 5 стенок лежат на одной вертикали (перпендикулярно к стенкам).

Подвижное дно 4 покоится на пружинах и постепенно просаживается вниз по мере укладки на него поочередно отрицательных и положительных пластин.

Стойки 1 служат для фиксации борнов. Рукоятка 2 укреплена посредством шарнира на массивной колодке 8 и снабжена на конце короткой тягой, с помощью которой перемещается в горизонтальном направлении планка, примыкающая к задней стороне колодки 8; подвижная планка находится между колодкой и передней стенкой 7. В колодке 8 и подвижной планке имеются два выреза под

головки стяжных болтов. В откинутом положении рукоятки 2 планка отведена от колодки, при вертикальном положении рукоятки планка плотно прижата к колодке.

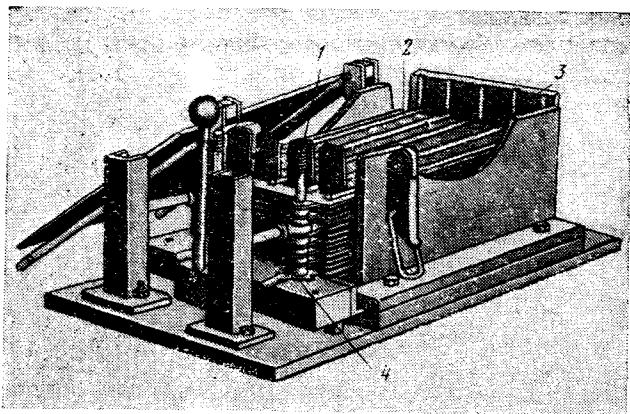


Рис. 184. Блок пластины в процессе сборки:  
1 — стяжной болт, 2 — эбонитовая палочка, 3 — аккумуляторная пластина, 4 — борн

Крышка 3 на шарнирах; после сборки блока она закрывает приспособление и, будучи закрепленной на боковой стенке защелками с серьгой 6, плотно зажимает собранный блок.

На рис. 184 и 185 приведены различные стадии сборки блока пластин с применением сборочного приспособления.

Пластины (положительные и отрицательные) укладывают в приспособление поочередно, надевая на стяжной болт соответствующего полублока.

Между ними укладывают эбонитовые палочки. При укладке отрицательных и положительных пластин на стяжной болт полублока поочередно устанавливают дистанционные кольца, а после определенного числа уложенных пластин на болт надевается борн соответствующей полярности.

В начале и конце блока размещаются крайние положительные и отрицательные пластины.

Для аккумулятора ТЖН-250 собирают в блок десять положительных и одиннадцать отрицательных пластин.

После сборки блока закрывают крышку приспособления, наворачивают гайки на концы болтов и затягивают ими блок.

Открывают крышку приспособления и откидывают его заднюю стенку, скрепляют блок скобой, чтобы не выпадали палочки; извлекают его из приспособления, отгибают на грань гайки усы крайних контактных планок для предотвращения самоотвинчивания гаек. Кладут блок на конвейер, проверяют правильность сборки и заменяют дефектные палочки (сепараторы). Затем на каждый борн блока устанавливают стальную шайбу и изоляционное кольцо.

Запрессовка блоков в сосуд, монтаж деталей аккумулятора и заварка дна. Проверка аккумулятора. Перед запрессовкой блока в сосуд вставляют изоляционные прокладки из винипластовой пленки и козырек из того же материала. Изоляционные прокладки служат для изоляции ребер положительных пластин от стенок сосуда, козырек — для облегчения запрессовки блока в сосуд.

Надев дополнительные металлические козырьки на узкие стороны сосуда, запрессовывают блок в сосуд, после этого козырьки снимают.

Запрессовка собранного блока пластин в сосуд осуществляется особым приспособлением (рис. 186).

На сварной станине приспособления находится механизм подачи 4, состоящий из зубчатых колес и сопряженной с ними рейки — штока.

Передача осуществляет при вращении рукоятки поступательное движение штока в трубе 5. На конце его крепится П-образный упор 3.

Роликовый транспортер 2 служит для облегчения перемещения блока при запрессовке; направляющие с задним упором 1 — для фиксации положения сосуда.

При вращении рукоятки упор 3, двигаясь горизонтально, перемещает блок пластин (упираясь при этом в нижнюю поверхность блока) по роликовому транспортеру 2 и вдвигает его в сосуд, установленный в направляющие, до упора 1.

После запрессовки блока в сосуд на аккумуляторе производят монтаж мелких деталей, т. е. деталей уплотнения токоведущего узла. С этой целью выполняют следующие операции. Устанавливают на каждый борн одно уплотнительное и два изоляционных кольца и никелированную шайбу. Наворачивают на борн гайку на 2—3 нитки, затем довертывают гайку пневмогайковертом и затягива-

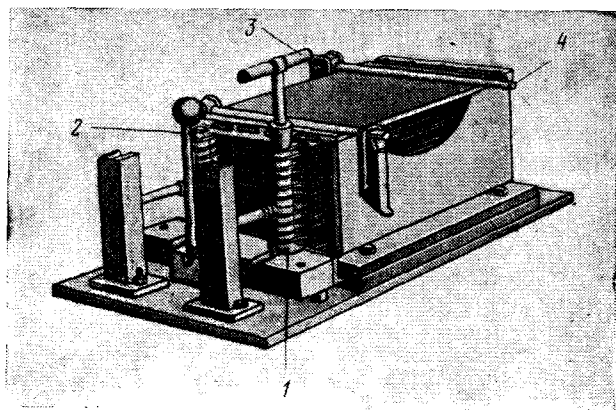


Рис. 185. Приспособление с собранным блоком пластин:  
1 — кольцо на стяжном болте, 2 — рукоятка, 3 — торцовый ключ, 4 — крышка, закрытая защелками

ют ее ключом. На борны наворачивают вторые гайки на 4—5 ниток.

После того как создан узел уплотнения на борнах, аккумулятор устанавливают в шаблон и перевортывают на 180°.

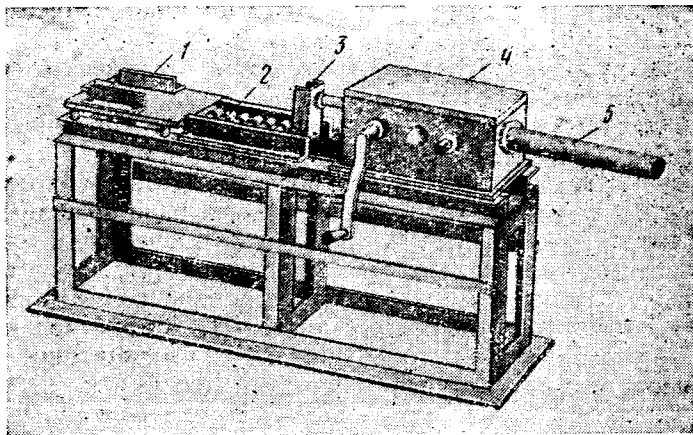


Рис. 186. Приспособление для запрессовки блока пластин в сосуд:

1 — направляющие с задним упором, 2 — роликовый транспортер, 3 — упор на штоке, 4 — механизм подачи, 5 — труба со штоком внутри

Внимательно осматривают аккумулятор снизу для обнаружения возможных дефектов в собранном блоке.

Если в блоке обнаружены слабосидящие эбонитовые палочки, их заменяют на палочки с большим диаметром, чтобы обеспечить плотную посадку их между пластинами блока. Если заменой палочек не удастся достигнуть плотной посадки палочек в блоке, аккумулятор поступает на распрессовку с целью извлечения блока на том же приспособлении, на котором производилась его запрессовка. Освобожденный блок поступает на ремонт.

После контроля посадки палочек в блоке аккумулятор проверяют на переполюсовку, т. е. на соответствие положения полублока в сосуде знаку его полярности на крышке (борн положительного полублока должен находиться у знака + на крышке).

Если вместо эбонитовых палочек при сборке блока применяется винипластовый перфорированный сепаратор, то запрессовка блока производится в сосуд с приваренным дном (без крышки). После наружной проверки аккумулятора для обнаружения возможных дефектов в блоке устанавливается и приваривается крышка; затем следует монтаж деталей уплотнения токоведущего узла.

Отрицательные пластины прилегают всей своей плоскостью к стенке сосуда, т. е. имеют с ним электрический контакт\*.

\* Для тяговых аккумуляторов рудничных электровозов такой контакт отсутствует вследствие круговой винипластовой изоляции внутри сосуда.

Если торцы (ребра) положительных пластин вследствие недостаточной их изоляции от сосуда винипластовой пленкой будут иметь контакт с сосудом, то при этом возникает короткое замыкание между двумя разноименными полублоками аккумулятора. Короткое замыкание возникает и в случае наличия электрического мостика между соседними пластинами блока за счет частиц активной массы, металлических заусенцев на электродах и др.

Короткое замыкание делает аккумулятор непригодным к эксплуатации, поэтому очень важно обнаружить и ликвидировать этот недостаток.

Короткое замыкание легко обнаруживается с помощью электрической лампы, присоединенной к внешней сети, как показано на схеме рис. 187. При прикосновении концами а и б одного к отрицательному борну или корпусу, другого к положительному борну лампочка не должна загораться. Проверенный аккумулятор поступает к сварщику, который приваривает к аккумулятору дно (или крышку), если он собран без палочек).

Сварщик производит следующие операции:

- выбивает на доньшке рабочий знак;
- надевает на аккумулятор приспособление для сварки на расстоянии до 10 мм от кромки сосуда, обеспечивающее охлаждение разогретых при сварке деталей аккумулятора (пластины, прокладки);
- вставляет дно в сосуд и производит его приварку ацетиленовым пламенем.

Форма сварного узла показана на рис. 188.

В последнее время для этой операции применяется электро-сварка.

После внешнего осмотра качества сварки дна производят испытание аккумулятора на герметичность. Испытание производят специальным приспособлением (рис. 189), погружением аккумулятора в ванну с водным раствором соды и нитрита натрия и подачей во внутрь его через горловину сжатого воздуха.

Достаточная герметичность аккумулятора устанавливается по отсутствию пузырьков воздуха в ванне.

Давление сжатого воздуха 252,5 кПа (2,5 ати), время выдержки аккумулятора в растворе 15—30 с.

Применение содового раствора вместо чистой во-

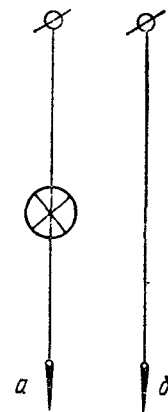


Рис. 187. Контрольная лампа для проверки короткого замыкания в аккумуляторе

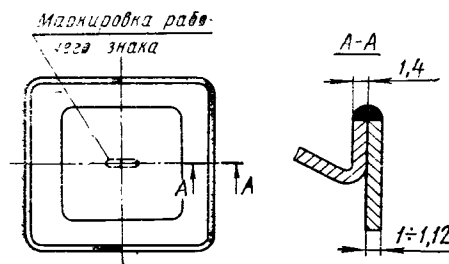
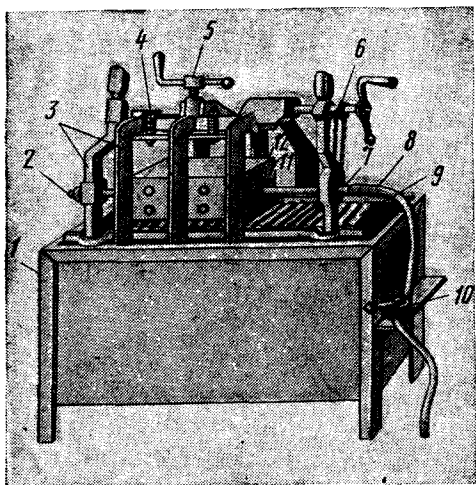


Рис. 188. Дно сосуда и узел приварки дна к корпусу

ды имеет своей целью избежать коррозии стального корпуса аккумулятора на воздухе после испытания.

Аккумулятор 12 устанавливают на роликовый транспортер — рольганг 9, укрепленный на раме 3. Прижимают аккумулятор со стороны его боковой стенки плитой 4 (с пружинами) посредством винтового зажима 5.

С помощью ручного привода со звездочками и цепью 6 передвигают налево полый шток 7, имеющий на конце штуцер 11 с резиновым кольцом.



Штуцер плотно зажимает горловину аккумулятора, сдвигая при этом аккумулятор к упору 2. На свободный конец полого штока надет резиновый шланг 8 воздушной магистрали с краном 10.

Раму 3, которая укреплена на шарнирах, вручную опрокидывают назад, погружая при этом аккумулятор в сосуд 1 с водой. Открывают кран 10 воздушной магистрали (давление воздуха 202—303 кПа или 2—3 ати) и наблюдают за тем, есть ли пузырьки воздуха в воде, покрывающей аккумулятор. В случае наличия в воде пузырьков воздуха аккумулятор поднимают из воды и отмечают на нем дефектное место для проведения ремонта.

Рис. 189. Приспособление для проверки аккумулятора на герметичность:

1 — сосуд, 2 — упор, 3 — рама, 4 — плита с пружиной, 5 — винтовой зажим, 6 — звездочка с цепью, 7 — полый шток, 8 — резиновый шланг, 9 — рольганг, 10 — воздушный кран, 11 — штуцер, 12 — аккумулятор

#### § 118. ПОТОЧНАЯ ЛИНИЯ СБОРКИ ТЯГОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ СО СВАРНЫМ БЛОКОМ ПЛАСТИН

Вместо сболченной конструкции блока пластин тяговых аккумуляторов внедрена в практику аккумуляторных заводов более технологичная сварная конструкция.

Такая конструкция позволяет отказаться при сборке блока от многочисленных крепежных деталей. Эта особенность сварного блока обеспечивает простоту в изготовлении, а следовательно, и экономию в производстве вследствие исключения многочисленных стальных деталей.

Простая конструкция сварного блока положена в основу создания механизированной линии сборки блоков тяговых аккумуляторов с применением шнуровой или винипластовой сепарации и аргоно-дуговой приварки пластин к мостику узла борна.

Опишем кратко ход операций на линии сборки аккумуляторов ТЖН-250 (рис. 190).

Так как читателю уже знакома конструкция винипластового гофрированного и перфорированного сепаратора и способ его применения при сборке блока, мы остановимся лишь на особенностях сборки со шнуровой сепарацией, которая разработана применительно к механизированной линии.

1. На специальном станке, снабженном бобинами с резиновым или пластмассовым эластичным шнуром, производят укладку шну-

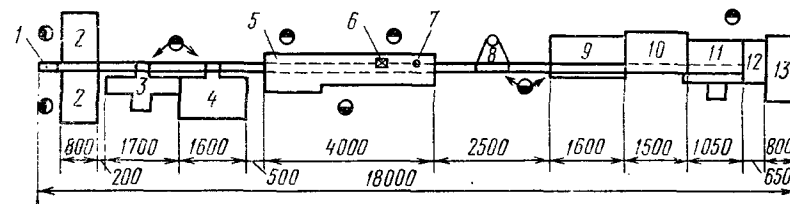


Рис. 190. Схема механизированной линии сборки тяговых аккумуляторов со сварным блоком пластин:

1 — конвейер ленточный, 2 — станок сборки блоков, 3 — станок гибки контактных планок в блоке, 4 — сварочный автомат АДА-300 для приварки токосъемных узлов, 5 — стол монтажный, 6 — установка гайковерта, 7 — установка для проверки аккумулятора на короткое замыкание, 8 — пресс для запрессовки донышек в корпус, 9 — сварочный автомат АДА-500 для приварки донышек, 10 — стол для контроля, 11 — установка для проверки готового аккумулятора на герметичность и короткое замыкание, 12 — стол к ванне, 13 — стол для готовых аккумуляторов

ра с точной ориентировкой его зигзагообразно от одной пластины к другой при сборке блока в кондукторе.

Это достигается тем, что при сматывании с бобин четырех параллельно расположенных относительно друг к другу шнуров и возвратно-поступательном движении каретки каждый шнур натягивается вдоль пластин, последовательно укладываемых друг за другом в кондукторе.

Каждый шнур после сборки комплекта пластин закрепляется в соответствующих прорезях-лунках контактной планки крайней пластины, после чего укрепленный конец шнура обрезают (до третьей ламели).

2. После сборки пластин кондуктор передается на следующие операции — гибку контактных планок и сварку токосъемника (узел борна с мостиком) с планками:

а) при гибке контактных планок производят следующие операции: выравнивают ушки планок в блоке пластин, устанавливают кондуктор с блоком в гнезда гибочного станка, фиксируют контактные планки гребенками с двух сторон и производят их гибку (рис. 191), раздвигают гребенки и передвигают приспособление с блоком на следующую операцию;

б) кондуктор с блоком устанавливают в гнезда сварочного автомата АДА-300-2, фиксируют контактные планки специальными гребенками с двух сторон, устанавливают токосъемник (рис. 192), сваренный из деталей на электросварочной машине МРП-200-6, на

плоскость, образованную отогнутыми концами планок одной полярности, производят электродуговую сварку деталей токоведущего узла блока в среде инертного газа — аргона.

3. После сварки из кондуктора извлекают блок, надевают на борны по изоляционному кольцу. На стол укладывают корпус сосуда широкой стороной, устанавливают виниловые изоляционные прокладки, после чего вдвигают (запрессовывают) блок в корпус.

Надевают на борны уплотнительные и дополнительные изоляционные кольца, а также металлическую шайбу, навертывают на борн одну гайку М16 до плотного прижатия изоляционных и уплотнительных колец, а затем и

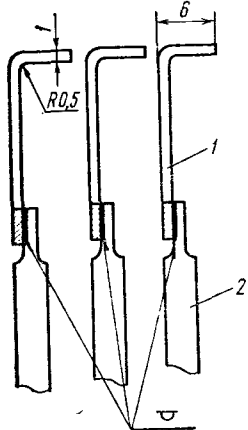


Рис. 191. Согнутые концы контактных планок пластин в блоке:

1 — контактная планка,  
2 — пластина

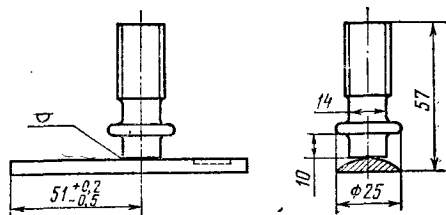


Рис. 192. Токосъемник, состоящий из борна и приваренного к нему моста

вторую. Собранный аккумулятор проверяется на отсутствие короткого замыкания способом, описанным выше.

4. Подают аккумулятор с предварительно запрессованным в корпус сосуда дном в приемный механизм сварочного автомата и производят приварку дна к корпусу сосуда 2 раза электрической дугой в среде защитных газов — аргона и углекислоты.

После приварки донешек следует контроль аккумулятора внешним осмотром, а затем проверка на герметичность сварных швов и узла уплотнения борна с крышкой с помощью обычного приспособления при давлении воздуха в 202—252 кПа (2—2,5 ати) в растворе соды (5—8 г/л) и нитрита натрия (1—2 г/л) и одновременно вторично производят проверку на отсутствие короткого замыкания.

Готовый аккумулятор подают на стол для осмотра в конце точной механизированной линии. Этой операцией заканчивается изготовление аккумуляторов сварной конструкции. Вид аккумулятора в разрезе показан на рис. 193.

Техническая характеристика линии:

производительность — 60—70 аккумуляторов ТЖН-400 и 70—80 аккумуляторов ТЖН-250 в час;

количество рабочих, обслуживающих линию, — 8 человек в смену; занимаемая линией площадь — 54 м<sup>2</sup>.

### § 119. МЕХАНИЗАЦИЯ СБОРКИ ЛАМЕЛЬНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ КН И ЖН

Механизация сборки ламельных аккумуляторов затруднена главным образом из-за несовершенства применяемой конструкции сепараторов в виде эбонитовых палочек. Такие палочки обладают низкой механической прочностью и повышенной хрупкостью; диаметр палочек сильно колеблется, по длине они часто имеют большое искривление. Все это усложняет операцию сборки аккумуляторов, из-за необходимости укладывать палочки в канавки пластин невозможна механизация сборочных операций.

Применение новых видов сепараторов позволяет упростить и механизировать процесс сборки аккумуляторов. Так, например, для сепарирования блока пластин аккумуляторов КН и ЖН с помощью пластмассовых прутков, уложенных зигзагообразно между пластинами, разработан специальный автомат (рис. 194).

В этом автомате для комплектования столба блоков пластин с зигзагообразной изоляцией служат гребенки 3, соединенные шарнирами 4 и представляющие собой два цепных гребенчатых конвейера. Расстояние между рабочими ветвями этих конвейеров равно ширине пластин, из которых собираются блоки. Оба конвейера имеют шаговое перемещение от собачек 2, которые приводятся в движение от шибера 11 и прижимаются к зубьям гребенок пружинами 1. Шибер 11, перемещаясь из крайнего левого положения, вначале передвигает на один зуб вверх гребенку 3, затем гнездом 6 захватывает из промежуточного бункера 5 положительную пластину 7, которая является в блоке крайней, и вводит ее в соответствующие гнезда гребенок 3.

Одновременно с подачей пластин шибер 11 укладывает между пластинами подогретые прутки изоляции 13, которые предварительно сматываются с бухт и проходят через ванну 14 с подогретой водой.

Шибер 11, дойдя до правого крайнего положения и введя положительную пластину в гребенки, начинает перемещаться влево и

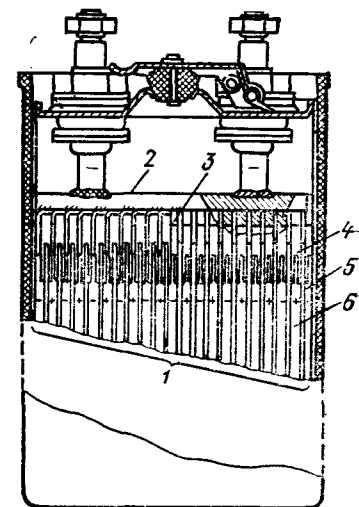


Рис. 193. Разрез тягового аккумулятора со сварным блоком пластин:

1 — блок пластин, 2 — коллекторная шина (мост токосъемника), 3 — контактные планки, 4 — сепаратор (шибер), 5 — минусовые пластины, 6 — плюсовые пластины

гнездом 9 захватывает из бункера 10 отрицательную пластину 8 и также заводит ее в гнездо гребенок. Укладка изоляции в этом случае производится роликами 12.

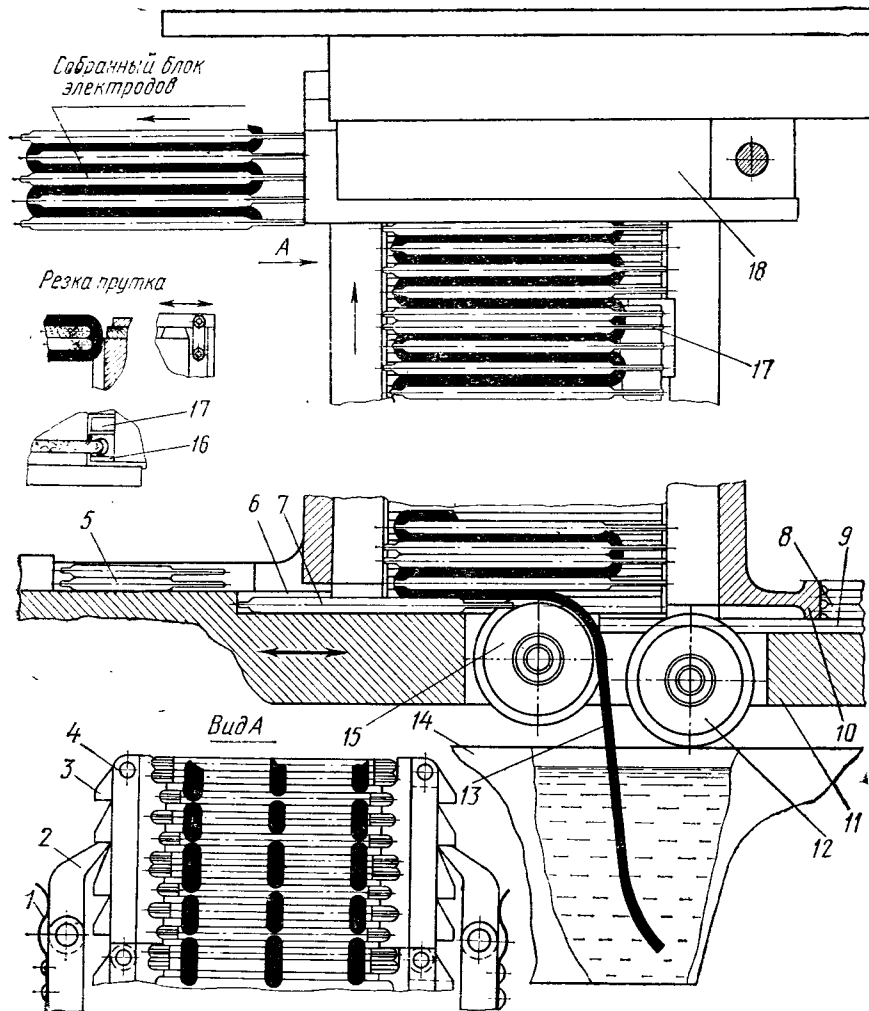


Рис. 194. Автомат для сборки ламельных аккумуляторов КН и ЖН

Указанным образом собирается столб блоков пластин с зигзагообразной изоляцией. В верхней части столба блоки разделяются путем рассекания изоляции подвижными ножами 17 на упорах 16.

Собранный блок пластин с изоляцией выдвигается из гребенок 3 движком 18.

Производительность автомата при длине прохождения прутков в воде около 1 м составляет приблизительно 60 двойных ходов шибера, т. е. около 30 блоков аккумулятора КН-10 в минуту.

В связи с применением в производстве щелочных аккумуляторов большого количества неразъемных (сварных) соединений в последнее время значительно усовершенствованы сварочные работы.

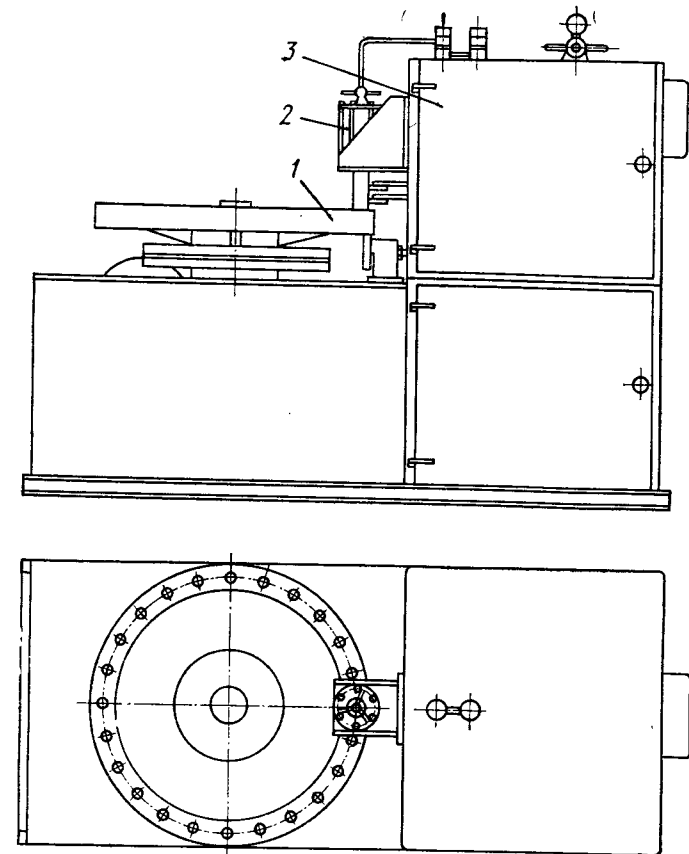


Рис. 195. Автомат для приварки борна к мостику:  
1 — поворотный стол, 2 — пневмоцилиндр с токоотводом, 3 — шкаф с электропневматической схемой

Так, приварка борна к мостику для аккумуляторов КН и ЖН раньше производилась вручную, а теперь на автоматах (рис. 195). Производительность автомата по электроконтактной сварке составляет 8—10 тыс. приварок за смену.

Разработан также автомат для сварки блоков этих же аккумуляторов. Сменная производительность его составляет 1200—1400 блоков. Сварка продольного шва корпуса аккумулятора автомати-



зирования и производится на газосварочных машинах; производительность одной машины 200 корпусов за смену (один рабочий обслуживает несколько автоматов). Приварка крышки и дна корпуса аккумулятора также производится на газосварочных автоматах.

### § 120. РЕЖИМЫ ФОРМИРОВАНИЯ

При формировании некоторые тяговые щелочные аккумуляторы получают один заряд и разряд (цикл), другие — не менее двух-трех циклов. Аккумуляторы заливают электролитом (табл. 47), выдерживают в течение 1 ч для пропитки, после чего доводят уровень электролита до нормы и включают на формирование. Формирование проводится в соответствии с режимами, указанными в табл. 48—50.

Таблица 47

#### Состав электролита для формирования щелочных аккумуляторов

Типы аккумуляторов	Состав электролита	Цикл
Кадмиево-никелевые аккумуляторы, за исключением 2НКН-24 и АКН-2,25	Раствор едкого кали плотностью 1,18—1,21 г/см <sup>3</sup> с добавкой едкого лития 12±1 г/л	1-й и последующие
2НКН-24 и АКН-2,25	Раствор едкого кали плотностью 1,18—1,21 г/см <sup>3</sup>	1-й
	Раствор едкого кали плотностью 1,18—1,21 г/см <sup>3</sup> с добавкой едкого лития 12±1 г/л	2-й и последующие
Железоникиелевые аккумуляторы, за исключением ТПЖН-550	Раствор едкого кали или едкого натра плотностью 1,18—1,21 г/см <sup>3</sup> с добавкой едкого лития 4±0,5 г/л	1-й и последующие
ТПЖН-550	Раствор едкого кали или едкого натра плотностью 1,18—1,21 г/см <sup>3</sup> с добавкой едкого лития 4±0,5 г/л	1-й
	Раствор едкого кали или едкого натра плотностью 1,18—1,21 г/см <sup>3</sup> с добавкой едкого лития 12±1 г/л	2-й и последующие

#### Формирование железоникелевых фонарных (ФЖН) и шахтных (ШЖН) аккумуляторов

Тип аккумуляторов	1-й цикл				2-й и 3-й циклы			
	заряд		разряд*		заряд		разряд*	
	ток, А	время, ч	ток, А	время, ч	ток, А	время, ч	ток, А	время, ч
2ФЖН-8-1-П	2	7	1	2	2	9	1	4
2ШЖН-8	2	7	1	2	2	9	1	4
2ШЖН-10	2	7	1,2	2	2	9	1,25	4
2ШЖН-15-1-П	4	7	2	2	2,5	9	2	4

\* Напряжение в конце разряда не менее 1,1 В.

Таблица 49

#### Формирование железоникелевых аккумуляторов

Тип аккумулятора	1-й цикл				2-й, 3-й и последующие			
	заряд		разряд		заряд		разряд	
	ток, А	время, ч	ток, А	время, ч	ток, А	время, ч	ток, А	время, ч
ЖН-22	5	7	2,5	2	5	9	2,5	4
ЖН-44	10	7	6	2	10	9	6	4
ЖН-60	15	7	8	2	15	9	8	4
ЖН-100	25	7	13	2	25	9	13	4
ТЖН-200	50	9	40	2				
ТЖН-250	65	9	50	2				
ТЖН-300	75	9	60	2				
ТЖН-350	90	9	70	2				
ТЖН-400	105	9	80	2,5				
ТЖН-450	125	9	90	5				
ТЖН-500	120	9	85	4				
ТЖН-550	155	9	110	5				
ТЖН-950	190	9	190	2				

Примечания:

1. Разрешается проводить заряд аккумуляторов ЖН током, повышенным до 40% относительно указанного в таблице без снижения зарядной емкости.
2. Напряжение в конце разряда для аккумуляторов ЖН не менее 1,1 В, а для аккумуляторов ТЖН — 1,0 В.

Процесс формирования ведется на стеллажах, оборудованных различными устройствами, облегчающими транспортные и заливочные работы. На некоторых заводах будет осуществлена также автоматизация процесса формирования. Блок автоматизации осуществляет поддержание заданной величины тока в течение всего процесса формирования; изменение тока в случае необходимости согласно заданному режиму; ведение процесса во времени; отключение группы как по окончании процесса формирования, так и при коротких замыканиях на группе с одновременной подачей звукового и светового сигналов.

## Формирование кадмиево-никелевых аккумуляторов

Тип аккумуляторов	1-й цикл				2-й и последующие циклы			
	заряд		разряд		заряд		разряд	
	ток, А	время, ч	ток, А	время, ч	ток, А	время, ч	ток, А	время, ч
АКН-2,25	0,6	7	0,3	2	0,6	9	0,3	7,5
КН-10	2,5	7	1,25	2	2,5	9	1,25	8
КН-22	5	7	4	1,5	5	9	4	4
КН-45	10	7	9	1,5	10	9	9	4
КН-60	15	7	12	1,5	15	9	12	4
КН-100	25	7	20	1,5	25	9	20	4
2ФКН-8-1-П	2	7	1,5	1,5	2	9	1,5	4
2НКН-24	6	7	3	2	6	9	3	8

Примечание. Напряжение в конце разряда должно быть не менее 1,1 В для 2НКН-24 — 1,0 В.

После формирования поверхность аккумуляторов отмывается струей воды от щелочи, далее их сушат на воздухе, окрашивают битумным лаком, затем укрепляют на крышке (к кронштейну) клапанную пробку, после чего на аккумуляторы надевают резиновый чехол.

Если аккумуляторы собраны в окислированных сосудах, то их покрывают смазкой следующего состава: масло консервационное НГ-203А-Б (смазка «Нефтегаз 203А-Б») ГОСТ 12328—66 75% и бензина 25%. Время истечения ее по вискозиметру ВЗ-4 12—13 с; это время зависит от вязкости смазки.

Аккумулятор погружают в ванну с этим составом, вынимают из нее и дают стечь лишней смазке, затем сушат 1 ч.

Можно щелочные тяговые аккумуляторы не подвергать формировке. Формирование и приведение их в рабочее состояние производят силами потребителя.

Во избежание возможной коррозии внутренних деталей неформированного аккумулятора во время его хранения на складе до момента приведения в действие, предприятие заполняет аккумуляторы перед их отправкой потребителю твердой щелочью. Окрашенный аккумулятор укладывают на приспособлении на широкую сторону вниз крышки и с помощью дозатора в него засыпают навеску щелочи. Затем устанавливают аккумулятор вверх крышкой и укрепляют на ней клапанную пробку.

Навеска твердой щелочи для аккумулятора ТЖН-250  $140 \pm 20$  г, для ТЖН-400  $230 \pm 20$  г.

При формировании производится отбраковка дефектных аккумуляторов: короткозамкнутых, имеющих недостаточную емкость (малое время разряда) или течь сосудов.

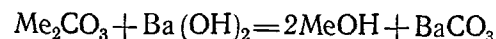
Отбраковка аккумуляторов, не подвергаемых формировке (с твердой щелочью), по внутренним дефектам производят измере-

нием напряжения на их борнах. Прибор для измерения построен на основе пробника аккумуляторного типа М 269 с микроамперметром, в который встроены источник питания 1—1,5 В.

## § 121. РЕГЕНЕРАЦИЯ ОТРАБОТАННОГО ЭЛЕКТРОЛИТА ФОРМИРОВКИ

Электролит, содержащий значительное количество углекислых солей (соединение металла с карбонатным радикалом —  $\text{CO}_3$ ), вследствие поглощения щелочью углекислоты из воздуха подвергается регенерации. Это явление состоит в том, что углекислые соединения щелочных металлов (К, Na, Li) взаимодействуют с гидратом окиси бария, в результате чего образуется вновь гидроокись щелочных металлов, а углекислый барий выделяется в виде осадка.

Реакция протекает по уравнению



где Me — атом щелочного металла.

$\text{BaCO}_3$  в виде нерастворимого осадка оседает на дно реактора. В результате регенерации удается вновь получить из карбоната металла дорогой и дефицитный едкий литий.

В отработанном электролите химическим анализом определяется общее содержание карбонатной группы —  $\text{CO}_3$ , а по нему уже легко рассчитывается расход едкого бария для регенерации раствора в соответствии с указанным выше уравнением.

Раствор гидрата окиси бария сливают в бак-реактор, в котором находится подлежащий регенерации электролит. Электролит подогревают острым паром и непрерывно перемешивают. После сливания раствора перемешивание продолжают еще 10—15 мин и дают раствору отстояться не менее 12 ч. Электролит после отстаивания подают в чашу-фильтр с ложным дном, покрытым перхлорвиниловой тканью. Отфильтрованный от осадка углекислого бария электролит поступает в бак-сборник или корректировочный бак. Осадок углекислого бария удаляют из бака реактора через спускное отверстие в отстойник или бочки, которые вывозят из цеха.

Если плотность регенерированного электролита выше  $1,21 \text{ г/см}^3$ , то его разбавляют водой, если же ниже  $1,18 \text{ г/см}^3$ , то электролит корректируют концентрированным раствором щелочи плотностью  $1,4—1,5 \text{ г/см}^3$ .

Корректирование электролита по содержанию едкого лития производят путем добавления концентрированного раствора едкого лития. Регенерированный электролит должен храниться в железных закрытых баках. Содержание карбонатов в регенерированном электролите не должно быть больше 25 г/л.

## Контрольные вопросы

1. Расскажите о сборке тяговых аккумуляторов со сблочным блоком.
2. В чем преимущества конструкции аккумулятора со сварными блоками?

3. Расскажите о механизированной линии сборки тяговых аккумуляторов сварной конструкции.
4. В чем состоит смысл формирования щелочных аккумуляторов?
5. Какие операции следуют за формированием тяговых аккумуляторов?
6. Какую цель преследуют при регенерации электролита?

## Глава XVIII. ПРОИЗВОДСТВО БЕЗЛАМЕЛЬНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

В главе III при рассмотрении разновидности щелочных аккумуляторов мы останавливались на аккумуляторах с металлокерамическими фольговыми и прессованными пластинами — электродами. Все эти разновидности электродов принято называть *безламельными*. Преимущества таких электродов перед ламельными электродами следующие: низкое внутреннее сопротивление; высокая пористость основ, обеспечивающая большую площадь контакта активной массы с электролитом; лучший контакт активных масс с токоотводом; возможность разряда высокими плотностями тока; хорошая работоспособность при низких температурах; отсутствие набухания положительных пластин (исключая прессованные) при эксплуатации. Последнее обстоятельство позволяет сблизить пластины в блоке и этим повысить использование объема аккумулятора.

Недостатки безламельных электродов следующие: при изготовлении безламельных металлокерамических и фольговых электродов никель расходуется не только для получения положительной активной массы, но и для получения пористых основ. В ламельных электродах требуется никеля около 4—5 г/А·ч, а в безламельных — 18—24 г/А·ч. Срок службы безламельных (прессованных) электродов в ряде случаев заметно ниже ламельных.

Аккумуляторы с безламельными электродами в обычном или герметичном исполнении находят в настоящее время довольно широкое применение в различных областях техники.

Обычно для этого вида аккумуляторов используется кадмиевый отрицательный электрод. В этом случае широкое применение имеют герметичные аккумуляторы, которые изолированы от наружной атмосферы (электролит не заменяется) особыми средствами герметизации крышки и токоотводов.

Рассмотрим вкратце производство электродов этих аккумуляторов.

Безламельные электроды кадмиево-никелевых аккумуляторов этой группы состоят из спеченной основы, в порах которой путем пропитки растворами солей и их кристаллизации осаждаются соединения никеля и кадмия. Последние затем переводятся в активные массы положительного и отрицательного электродов. Основу для спекания изготавливают либо нанесением спирто-лаковой суспензии карбонильного никеля на заготовки никелевой фольги, либо прессованием смеси карбонильного никеля и углекислого аммония или мочевины на никелевую решетку.

В первом случае электроды называются *фольговыми*, а во втором — *металлокерамическими*.

Электроды этих типов применяют главным образом для герметичных аккумуляторов, имеющих часто специфическую конструкцию, которая обуславливает различные способы их сборки. Эти способы нами не излагаются за недостатком места.

### § 122. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОЛЬГОВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

Приготовление основы фольговых электродов. Подготовка никелевой ленты (фольги) для нанесения суспензии. Ленту разрезают ножницами на полосы, которые нарезают на станке на заготовки. Затем заготовки устанавливают в ванну на ребро или укладывают плашмя, отделяя заготовки одну от другой сепарацией. Ванну устанавливают в вытяжной шкаф, заливают заготовки бензином и выдерживают в нем не менее 20 мин. После чего обезжиренные заготовки вынимают из ванны, устанавливают в каркасы и помещают последние в вытяжной шкаф, где производится сушка заготовок не менее 20 мин.

Приготовление никелевой суспензии. Никелевый порошок, применяемый для приготовления суспензии, должен быть предварительно просеян через сито с никелевой сеткой № 014—016 (ГОСТ 6613—53).

В зависимости от удельного объема никелевого порошка суспензию готовят по первому или второму из указанных в табл. 51 рецептов.

Таблица 51

Приготовление никелевой суспензии

Компоненты, кг	Рецепт № 1	Рецепт № 2
	Удельная масса никелевого порошка, см <sup>3</sup> /г	
	0,36—0,40	0,40—0,48
Клей БФ-4 или БФ-2 . . . . .	3	3
Спирт этиловый . . . . .	5	5
Никель карбонильный порошкообразный* . . . . .	13	10

\* Карбонильный никель представляет собой порошок, состоящий из крупинок металлического никеля диаметром несколько микрон. Этот порошок изготавливается путем разложения при повышенной температуре газообразного карбонида никеля Ni(CO)<sub>4</sub>.

В соответствии с приведенными рецептами суспензию из порошкового никеля готовят следующим образом: отвешивают в стеклянной посуде рецептурное количество клея, вливают в смеситель, добавляют спирт и перемешивают содержимое в течение

15—20 мин. Затем в смеситель засыпают порошкообразный никель и дополнительно перемешивают компоненты в течение 60 мин.

Продолжительность истечения суспензии по вискозиметру ВЗ-4 при комнатной температуре должна соответствовать 23—28 с. Если время истечения меньше 23 с, то в суспензию добавляют никелевый порошок; в случае если суспензия слишком густа, ее разбавляют этиловым спиртом.

Приготовленная таким образом суспензия служит для покрытия никелевой фольги.

Нанесение никелевой суспензии на заготовки никелевой фольги. Обезжиренные заготовки никелевой фольги вставляют в рамку, которую затем закрепляют в железной подставке и помещают в камеру для нанесения суспензии.

Никелевую суспензию перемешивают в смесителе, затем заливают в пистолет-раскораспылитель (например, О-045, Кр-10). Давление воздуха в магистрале должно быть в пределах 303—505 кПа (3,0—5,0 ати); воздух пропускается через фильтр, наполненный ватой. Суспензию наносят раскораспылителем поочередно с обеих сторон заготовки.

По окончании нанесения суспензии рамку с заготовками помещают в сушильный шкаф с электрическим термоизлучателем и сушат при 45—55°С в течение 10—15 мин.

Высушенные заготовки разбраковывают по толщине.

Спекание основы фольговых электродов. Спекание слоя никелевого порошка на электродных заготовках производят в электропечи в струе водорода на движущейся никелевой ленте.

Вначале печь продувают струей углекислоты для удаления воздуха, который может образовать взрывоопасную смесь с водородом, затем подают водород в печь и лишь после этого включают электрообогрев.

Спекание основ производится при температуре 850—950°С, время прохождения каждой основы через печь 38—40 мин.

По окончании спекания выключают обогрев печи, после снижения температуры до 600—650°С прекращают подачу водорода в печь и пропускают в нее углекислоту.

Основа после спекания должна иметь пористость не ниже 68%.

Приготовление растворов для пропитки основ фольговых электродов. *Раствор азотнокислого никеля.* В никелевую ванну загружают азотнокислый никель и заливают горячую дистиллированную воду из расчета 1 кг азотнокислого никеля на 0,18 л воды; раствор перемешивают, нагревают до 70—80°С и замеряют плотность, которая должна быть 1,64—1,67 г/см<sup>3</sup>. Если плотность выше 1,67 г/см<sup>3</sup>, раствор разбавляют водой, если же ниже 1,64 г/см<sup>3</sup>, то упаривают или добавляют соль никеля.

Кислотность раствора рН=3—5. Если рН не соответствует указанному значению, то необходимо произвести корректировку раствора путем добавления раствора азотной кислоты или гидрата закиси никеля.

Очистку раствора от примесей железа производят следующим образом: раствор подогревают до 70—80°С, доводят плотность раствора до 1,50—1,56 г/см<sup>3</sup>, подкисляют азотной кислотой до рН=2—3, дают охладиться (до 20—40°С) и отстояться раствору не менее двух суток; при содержании железа менее 0,3 г/л прозрачный раствор сливают из бутыли в ванну; раствор в ванне доводят до плотности 1,64—1,67 г/см<sup>3</sup> при 70—80°С путем добавления азотнокислого никеля или упаривания.

Содержание никеля в растворе при 70—80°С должно быть 286—312 г/л.

Содержание примесей в растворе не должно превышать: железа 0,4 г/л; магния 0,2 г/л; хлор-иона 0,5 г/л.

*Раствор едкого кали.* Раствор едкого кали готовят растворением в дистиллированной воде твердого едкого кали или разбавлением концентрированного раствора щелочи до плотности 1,19—1,21 г/см<sup>3</sup> при 15°С.

При растворении едкого кали исходят из пропорции 30 кг щелочи на 100 л воды.

Раствор охлаждают до 30—15°С, доводят до плотности 1,19—1,21 г/см<sup>3</sup>, дают отстояться около 24 ч и фильтруют через слой ваты.

*Раствор азотной кислоты* готовят путем разбавления ее дистиллированной водой до плотности 1,06—1,07 г/см<sup>3</sup> при 15°С.

*Раствор хлористого кадмия* (с добавкой азотнокислого кадмия) готовят растворением окиси кадмия в соляной кислоте. Растворение производят в фарфоровом баке в вытяжном шкафу при непрерывном перемешивании. На 1 кг окиси кадмия требуется 1,63 кг соляной кислоты плотностью 1,18—1,19 г/см<sup>3</sup> и 0,545 л дистиллированной воды.

Доводят плотность раствора хлористого кадмия до 1,57—1,60 л/см<sup>3</sup> при 15°С.

Раствор хлористого кадмия может быть приготовлен путем растворения в дистиллированной воде хлористого кадмия. Плотность такого раствора 1,57—1,60 г/см<sup>3</sup> при 15°С.

В готовый раствор хлористого кадмия добавляют азотнокислый кадмий из расчета 100 г на 1 л исходного раствора.

Плотность составного раствора должна быть 1,60—1,63 г/см<sup>3</sup>, его рН=4—5.

Содержание кадмия в растворе 440—500 г/л, содержание иона NO<sub>3</sub> 30—45 г.

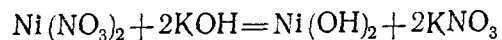
Пропитка основы фольговых электродов. Основы электродов после спекания собирают в никелевый каркас гребенки, а затем завешивают в ванну с находящимся в ней раствором.

*Пропитка основы положительного электрода.* Вначале пропитку производят в растворе азотнокислого никеля при температуре 70—80°С в течение 2 ч.

По окончании пропитки гребенки с основами выгружают из ванны, дают раствору стечь и помещают в шкаф—кристаллизатор.

Кристаллизация основ проходит в течение 30—60 мин при продувке воздухом. Влажность воздуха не выше 90%; при высокой влажности воздуха его необходимо осушать гранулированным хлористым кальцием.

По окончании кристаллизации гребенки с основами загружают в ванну с раствором едкого кали с плотностью 1,19—1,21 г/см<sup>3</sup> и выдерживают в нем в течение 2 ч при температуре 60—90° С. При этой обработке происходит образование в порах основы гидрата закиси никеля



Основы после обработки в щелочи загружают в ванну с дистиллированной водой или конденсатом. Отмывку основ от щелочи и маточной соли производят при перемешивании раствора воздухом. Воду в ванне сменяют через каждые 20 мин.

Конец отмывки от щелочи определяют по отсутствию окрашивания пробы промывной воды фенолфталеином.

После отмывки от щелочи основы загружают в сушильный шкаф и сушат в течение 2 ч в токе воздуха при температуре 80—110° С.

Высушенные основы подвергают второй и третьей обработкам в порядке, указанном выше. Такие повторные операции позволяют постепенно образовать в порах основы электрода необходимое количество гидрата закиси никеля.

Основы после третьего цикла обработки вынимают из гребенок, зачищают волосной щеткой, взвешивают и определяют привес. Если среднее значение привеса на одну основу с площадью пористой части 1 дм<sup>2</sup> и толщиной 0,48—0,55 мм составляет не менее 3,85 г, то партия основ направляется на формирование. В случае если привес меньше указанного, основы подвергают четвертому циклу обработки. Если четвертая обработка не дает нужного привеса массы, окончательное заключение о пригодности основ производится после их формирования.

**Травление и пропитка основы отрицательного электрода.** Основы, собранные в каркасы, погружают на 5—7 с в раствор азотной кислоты плотностью 1,06—1,07 г/см<sup>3</sup> при 15° С.

Немедленно после травления основы завешивают в шкаф-кристаллизатор и обдувают воздухом при комнатной температуре в течение 30 мин.

Не позже чем через 5 мин после кристаллизации основы загружают в ванну с составным раствором хлористого и азотнокислого кадмия и производят их пропитку в течение двух часов при температуре раствора 45—50° С.

После пропитки электроды завешивают в сушильный шкаф и сушат в течение двух часов в токе воздуха при температуре 90—110° С. Высушенные основы зачищают волосной щеткой и направляют на формирование.

**Формирование фольговых электродов.** На первое формирование поступают положительные и отрицательные электро-

ды. Вначале к электродам приваривают токоотводы из никелевой ленты, затем их собирают в блоки с холостыми электродами, изготовленными из никелевой ленты толщиной 0,2—0,3 мм. Электроды в блоке изолируют от холостых электродов гофрированным, перфорированным винипластом. Крайними электродами в блоке являются холостые.

Токоотводы электродов закрепляют в специальных зажимах. К зажимам подключают проводник для присоединения блока электродов к зарядному щиту. Таким же образом осуществляется подключение и токоотводов холостых электродов.

Собранные блоки помещают в винипластовые ванны и подключают к клеммам зарядного щита. Блоки в ваннах заливают раствором едкого кали плотностью 1,19—1,21 г/см<sup>3</sup> и выдерживают в нем 1 ч, считая с момента заливки последней ванны, после чего группу одноименных электродов подвергают формированию режимом, указанным в табл. 52.

Таблица 52

Режимы формирования

Электрод	Заряд		Разряд		Потенциал в конце разряда, В	
	плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	продолжительность, ч	плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	продолжительность, ч	(+) —Zn	(-) —Zn
Положительный	0,25	6	0,25	Не менее 2 ч 30 мин	1,5	0,8
Отрицательный	0,26	8	0,26	Не менее 3 ч 25 мин		

Формировочный разряд, как и заряд, производят от внешней сети, для чего на щите предусмотрена возможность изменения полярности тока на клеммах.

Электролит для формирования положительных электродов может быть использован многократно, если содержание карбонатов в нем не будет превышать 25 г/л. При большем содержании карбонатов электролит должен быть заменен новым.

Электролит для формирования отрицательных электродов может быть использован только один раз. Однократное использование электролита для отрицательных электродов вызвано необходимостью удаления вредных примесей, переходящих из активной массы в электролит.

При разряде положительного электрода потенциал его, измеренный относительно цинкового электрода, постепенно падает; наименьшее значение потенциала в конце разряда принимается равным 1,5 В.

Для кадмиевой отрицательной пластины, наоборот, потенциал во время разряда растет и его наибольшее значение должно составлять 0,8 В (по отношению к цинковому электроду).

Если положительные электроды разрядятся до потенциала 1,5 В раньше 2 ч 30 мин, а отрицательные — до потенциала 0,8 В ранее 3 ч 25 мин, то их подвергают дополнительной пропитке.

После пропитки электродов следует один формировочный цикл (заряд — разряд) по режиму, указанному в табл. 52.

Если время разряда электродов при формировании будет меньше допустимого, то они считаются браком.

По окончании формирования блоки вынимают из формировочных ванн и разбирают. Извлеченные из блока электродов холостые электроды и сепарацию отмывают от щелочи дистиллированной или водопроводной водой (очищенной от примесей). Конец отмывки электродов определяется по отсутствию слабозеленого окрашивания пробы промывной воды фенолфталеином.

Отмытые от щелочи блоки загружают в сушильный шкаф. Сушку производят при температуре воздуха, поступающего в шкаф, 80—110° С в течение 1—2 ч.

Отформированные, отмытые и высушенные отрицательные электроды подвергают пропитке в растворе солярового масла, для чего их загружают в никелевые или винилпластовые ванны, прокладывая между основами винилпластовые перфорированные, гофрированные сепараторы. Ванну заливают раствором солярового масла в бензине и пропитывают в нем электроды в течение часа при температуре 18—30° С.

По окончании пропитки отрицательные электроды выгружают из ванны, обдувают воздухом при температуре 15—30° С в шкафу-кристаллизаторе в течение 30 мин и направляют на повторное формирование. Для этого высушенные положительные и отрицательные электроды вместе собирают в блоки, подключают к щиту, заливают раствором реактивного едкого кали плотностью 1,21—1,19 г/см<sup>3</sup> и подвергают повторному формированию.

При формировании проводят три цикла заряд — разряд режимом, приведенным в табл. 52.

Длительность разряда отрицательных электродов до потенциала 0,8 В в отличие от таковой при первом формировании должна составлять не менее 3 ч 6 мин.

На третьем цикле положительные и отрицательные электроды общего блока разряжаются до напряжения 1 В.

По окончании формирования основы отмывают от щелочи и высушивают.

Готовые электроды хранят в деревянном ящике с крышкой.

## § 123. ИЗГОТОВЛЕНИЕ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОДОВ

Металлокерамические электроды изготавливают по технологии, мало чем отличающейся от технологии изготовления фольговых электродов.

Некоторое различие между способами производства электродов двух типов вызвано особенностями конструкции токоотвода. Если

для фольгового электрода токоотводом служит никелевая лента — фольга, то для металлокерамического — никелевая решетка.

Другой важной особенностью этих электродов является их толщина; как правило, фольговые электроды имеют малую толщину — около 0,5 мм, тогда как металлокерамические — обычно от 1 до 2 мм.

Основа металлокерамического электрода создается (в отличие от основы фольгового) нанесением порошка карбонального никеля с порообразователем на решетку под давлением (прессованием, прокаткой).

### *Контрольные вопросы*

1. Назовите типы электродов, применяемых для сборки герметичных щелочных аккумуляторов.
2. Перечислите операции изготовления фольговых электродов.
3. Какую роль играет спеченная основа электрода и пропитка ее растворами солей и щелочи?
4. Как достигается необходимый привес пластин после пропитки основы?

Глава XIX. САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Производство электрических аккумуляторов связано с вредными для здоровья веществами. Это особенно относится к производству свинцово-кислотных аккумуляторов, где все основные операции так или иначе связаны со свинцом или его соединениями. Весьма вредными для здоровья являются также пары различных кислот, щелочей и органических растворителей, применяемых в гальванических цехах при нанесении защитно-декоративных покрытий. Вредными для обслуживающего персонала являются также операции, связанные с получением активных масс для электродов щелочных аккумуляторов.

В данной главе будет рассмотрен ряд общих сведений по технике безопасности и производственной санитарии. Сообщаются также специальные сведения, относящиеся к технике безопасности в гальванических цехах, на заводах свинцовых и щелочных аккумуляторов, причем особое внимание при этом уделяется производству свинцовых аккумуляторов, являющемуся особенно вредным.

*ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ*

§ 124. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАЩИТНЫЕ СРЕДСТВА И СПЕЦОДЕЖДА

Спецодежда, спецобувь и предохранительные приспособления должны выдаваться в соответствии с типовыми отраслевыми нормами, утвержденными Госкомитетом Совета Министров СССР по вопросам труда и заработной платы и Президиумом ВЦСПС.

Администрация предприятия должна обеспечивать стирку спецодежды и ремонт спецодежды и спецобуви, а также надлежащий уход за индивидуальными защитными приспособлениями.

В цехах, связанных со значительным запылением, спецодежду нужно подвергать обеспыливанию. На участках, где работа связана с намочением спецодежды, должна быть организована ее сушка.

Спецодежда рабочих и инженерно-технических работников, имеющих постоянный контакт со свинцом, должна стираться не реже одного раза в неделю.

Резина и резиновые ткани быстро разрушаются кислотами, поэтому каждую смену после работы их необходимо промывать 3% раствором аммиака или 5%-ным раствором соды с последующей промывкой водой свинцовых аккумуляторов.

Рабочие, занятые на производстве в отделениях: литейном, приготовления порошка, намазочном, разубки, должны быть снабжены респираторами (РПП-57, Ф-46К, Ф-57, ШБ-1 — «Лепесток»). В отделениях, где имеет место выделение тумана серной кислоты, рабочие должны быть снабжены респираторами Ф-46К. Респиратор должен быть хорошо подогнан к лицу, перед употреблением следует тщательно проверить его исправность. По окончании работы респиратор нужно сдавать для перезарядки и дезинфекции.

§ 125. ЛИЧНАЯ ГИГИЕНА РАБОТАЮЩИХ  
И ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЕ ПИТАНИЕ

Администрация должна обеспечить контроль за соблюдением рабочими правил личной гигиены:

в рабочих помещениях не хранить пищи, не есть и не курить; перед едой и курением полоскать рот и тщательно мыть руки; ежедневно утром, по окончании работы и вечером чистить зубы; каждые три месяца показываться зубному врачу; посещение столовой в спецодежде запрещается; по окончании работы пройти санпропускник и спецодежду оставить на производстве.

Рабочие и инженерно-технические работники, работающие на особо вредных операциях, обеспечиваются бесплатным лечебно-профилактическим питанием.

Для приема пищи, молока и для лечебно-профилактического питания на территории завода должна быть организована столовая в отдельном помещении. При столовой должны быть оборудованы умывальники с подачей горячей и холодной воды.

Работники аккумуляторных заводов, не имеющие права на получение лечебно-профилактического питания, но занятые на работах с вредными условиями труда, должны обеспечиваться в дни работы спецмолоком по 0,5 л.

Перечень работ и профессий, дающих рабочим и служащим право на получение молока в связи с вредными условиями труда, устанавливается администрацией по согласованию с завкомом.

§ 126. ИНСТРУКТАЖ РАБОЧИХ И ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА

Администрация должна назначать на работу лиц в соответствии с их профессией, специальностью и квалификацией.



К замещению должностей, связанных с обслуживанием сложных агрегатов, установок и механизмов или с выполнением других ответственных и опасных работ, могут допускаться только лица, прошедшие специальную подготовку (обучение), после проверки их знаний квалификационной комиссией предприятия и выдачи им соответствующего удостоверения.

При приеме на работу и при переходе с одной работы на другую администрация должна инструктировать каждого рабочего в отношении правильного и безопасного ведения работ, входящих в круг его обязанностей. Инструктаж должен производиться независимо от прохождения рабочим курсового обучения по технике безопасности и производственной санитарии. Вводный инструктаж при приеме на работу, охватывающий общие вопросы техники безопасности, проводится инженером (начальником бюро) техники безопасности в кабинете по технике безопасности; после чего с рабочим проводится в цехе инструктаж на рабочем месте в нормальной производственной обстановке в течение нескольких смен. Инструктаж на рабочем месте осуществляется мастером или начальником цеха.

Не реже одного раза в три месяца администрация цеха должна проводить периодический повторный инструктаж рабочих по технике безопасности и промышленной санитарии. Вводный инструктаж на рабочем месте, а также повторный инструктаж регистрируется в специальном журнале, в котором должны расписаться: лицо, проводившее инструктаж, и лицо, получившее инструктаж.

Администрация должна выдавать инструктируемому рабочему печатный экземпляр инструкции по технике безопасности по его профессии.

Инструктаж и выдача инструкций по технике безопасности должны быть документально оформлены.

На производственных участках, в цехах и на территории предприятия администрация обязана вывешивать соответствующие плакаты по технике безопасности и необходимые предупредительные надписи и регулярно проводить лекции и беседы по вопросам техники безопасности и промышленной санитарии.

Предприятия и организации должны иметь оборудованные кабинеты по технике безопасности и промсанитарии, а цехи — уголки или витрины.

#### *ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ В ЦЕХАХ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ*

#### **§ 127. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕСКОСТРУЙНЫХ РАБОТАХ**

При работах на пескоструйных аппаратах необходимо соблюдать следующие правила.

Помещения пескоструйных камер и мастерских должны быть отделены от соседних помещений. Пескоструйные камеры и аппа-

раты должны быть снабжены вытяжной вентиляцией с соответствующими пылеуловительными устройствами. Лица, работающие со свободной струей песка непосредственно в камере, должны быть в скафандрах и защитных лицевых масках, в которые подается чистый воздух под избыточным давлением (0,01—0,015 мН/м<sup>2</sup>).

При пользовании матерчатыми масками нужно подавать не менее 170 л/мин воздуха, предварительно очищенного от пыли и масла. Загрязненный воздух непрерывно удалять через выпускной клапан. В камеру, где проводятся работы, разрешается входить только в защитной маске или шлеме. Рабочих пескоструйщиков следует допускать к работе только после медицинского осмотра (обязательно просвечивать легкие рентгеном); не реже одного раза в полугодие производить медицинский осмотр рабочих.

При длительной работе внутри пескоструйных камер рекомендуется производить смену пескоструйщиков в течение рабочего дня не реже чем через 30 мин.

Перед началом работы пескоструйных камер и аппаратов необходимо включить приточно-вытяжную вентиляцию и очистительные устройства, а также проверить надежность присоединения сопел и состояние шлангов, подводящих песок и воздух.

#### **§ 128. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ОРГАНИЧЕСКИМИ РАСТВОРИТЕЛЯМИ**

Хранение бензина в помещениях, предназначенных для промывки, допускается только в количестве, потребном для работы в течение одного дня.

Отопление помещений допускается только центральное или водяное.

Вентиляционные установки располагают обязательно в других помещениях. Железные вентиляторы должны быть внутри футерованы алюминием, медью или цинком во избежание случайного искрообразования, что может вызвать взрыв паров бензина. Двигатель должен быть взрывобезопасным. Освещение допускается естественное и электрическое. При электроосвещении должна быть применена специальная герметическая аппаратура для ламп; выключатели и предохранители должны быть вне помещений, где производится работа с органическими растворителями; устройство штепселей и пользование нагревателями категорически воспрещается.

Помещения для промывания в бензине устраивают обязательно с наружной стороны здания; с внутренней стороны помещение должно быть защищено от непосредственного действия солнечных лучей для уменьшения испарения органических растворителей. Двери и стены должны быть огнестойкими; двери должны открываться наружу и не загромождаться.

Категорически воспрещается курение, пользование открытым огнем, а также производство всякого рода работ, связанных с возможностью появления искр от удара.

Порожнюю тару необходимо тщательно освобождать от паров бензина и отправлять на заводской склад. В помещениях должны быть огнетушительные средства — песок, огнетушители и др. На видных местах вывешивают надписи «Огнеопасно» и соответственные правила, касающиеся мер предосторожности при обращении с растворителями. Персонал цеха должен быть проинструктирован о порядке применения этих средств на случай возникновения пожара.

Ввиду опасности самовозгорания промасленных тряпок и спецодежды последние должны храниться в специальных железных ящиках и шкафчиках.

#### § 129. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ХРАНЕНИИ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ КИСЛОТ И ЩЕЛОЧЕЙ

Хранение кислот в цехе допускается только в специально отведенном помещении с кислотоупорными полом и стенами. Кладовая должна быть обеспечена надежным вентиляционным отсосом воздуха. Хранение кислот в открытых сосудах не допускается. Каждая бутылка должна иметь ярлык с указанием наименования, сорта, массы и ГОСТа. Бутылки с кислотой следует заполнять не более чем на  $\frac{9}{10}$  их емкости. Запас кислот в цеховых кладовых не должен превышать потребности 1—3 суток.

Опорожненные бутылки из-под кислоты перед возвращением на склад должны промываться содовым раствором и ополаскиваться водой. В опорожненных бутылках не должно оставаться на дне значительного количества кислоты. Опорожненные бутылки необходимо переносить всегда горлышком вверх, во избежание ожога рук и ног при попадании капель оставшейся кислоты. Погрузку, транспортировку и разгрузку кислот и щелочей необходимо производить в спецодежде, состоящей из резиновых сапог, перчаток и фартуков. При подъеме бутылей с пола следует обязательно поддерживать дно корзины. Установка бутылей на пол должна производиться без толчков. Перевозку бутылей с жидкостью производят в специальной ручной тележке, закрепляя бутылки плотно двумя поясами к стойке тележки. Заполнение ванн и розлив кислот и щелочей должны производиться преимущественно сифонами с плотными кранами, действующими всасыванием или нагнетанием воздуха. При сифонном переливании не допускается засасывания воздуха ртом для создания вакуума в сифонной трубке.

Розлив кислот и щелочей по ваннам простым наклоном бутыли, как правило, не допускается и может производиться в исключительных случаях лишь в специальных корзинах или приспособлениях, обеспечивающих твердую и безопасную посадку и установку бутыли.

Приготовление растворов должно производиться добавлением к холодной воде серной и других кислот, но ни в коем случае не наоборот.

При приготовлении раствора из смеси кислот сначала добавляют к холодной воде соляную, затем азотную и под конец серную кислоту. Нарушение данной последовательности может вызвать ожоги от брызг. Добавление кислоты к нагретой воде не разрешается. Спуск разлитой и отработанной кислоты в сточные канализационные трубы без предварительной ее нейтрализации не допускается.

#### § 130. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ЦИАНИСТЫМИ РАСТВОРАМИ

При работе с цианистыми растворами необходимо соблюдать следующие правила.

В местах работы с цианистыми соединениями нельзя держать кислоты или работать с ними.

Цианистые ванны должны иметь индивидуальную вентиляцию. Кроме того, в цехе должна быть общая приточно-вытяжная вентиляция. За час до начала работы должен быть включен вентилятор.

Загрузку изделий в электролит нужно производить осторожно, не допуская разбрызгивания раствора. Изделия должны быть тщательно отмыты от травильного раствора. Работа у цианистых ванн должна производиться в резиновых или прорезиненных халатах, исправной спецодежде, резиновых перчатках и сапогах или галошах. Чистку анодов и штанг следует производить тогда, когда они во влажном состоянии. При этом нужно следить за тем, чтобы пыль от штанг не попадала в электролит. После электролиза аноды должны быть помещены в проточную воду.

В помещении не должно быть даже ничтожного запаха горького миндаля (признак присутствия в воздухе синильной кислоты). Отсасываемые цианистые пары при выпуске их наружу должны отводиться на высоту 1,5—2 м от конька крыши.

Рекомендуется перед выпуском цианистые пары пропускать через струйчатый водяной фильтр с последующей нейтрализацией раствора.

Обезвреживание цианистых растворов или тары из-под цианистых солей производится следующим образом:

приготавливают 25%-ный раствор кристаллической соды или 10%-ный кальцинированной соды, или 3—5%-ный едкого натра;

непосредственно перед обезвреживанием смешивают 5 л вышеуказанного раствора с 0,8 л свежеприготовленного раствора железного купороса;

на обезвреживание 1 кг цианистых солей необходимо 200 л раствора;

отработанный обезвреженный раствор может быть спущен в канализацию после двухчасового отстоя только в том случае, если в ту же сеть не спускаются растворы, содержащие кислоты.

Хранение пищи и прием ее, а также курение в цехах, где применяются цианистые растворы, категорически воспрещается. Не следует располагать питьевые колонки близко к цианистым ваннам. Все работы с цианистыми солями и растворами надо производить в спецодежде, перчатках и защитных очках. Лица, имеющие порезы или ожоги на открытых частях тела, не должны допускаться к работе с цианистыми растворами.

По окончании работ, перед едой и курением лица, работающие с цианистыми электролитами, должны ополаскивать руки 1%-ным раствором железного купороса, а затем мыть их водой с мылом.

Работа с цианистыми растворами и солями производится по специальной инструкции, которая должна быть вывешена в цехе, где применяются цианистые соединения.

### § 131. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ НАНЕСЕНИИ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Помещения, где производят лакокрасочные покрытия, должны иметь хорошую вентиляцию и непосредственно наружные выходы. Все материалы, необходимые для производства покрытия, нужно хранить в кладовой, причем запас лакокрасочных материалов и растворителей в кладовой не должен превышать суточную потребность цеха.

Сушильные камеры должны быть отделены от цеха огнестойкими стенами и дверьми.

Лакокрасочные цехи следует оборудовать мощной приточно-вытяжной вентиляцией. Окрасочные камеры и шкафы, баки и сушилки должны, кроме того, иметь местные отсосы. Электропроводку в цехах лакокрасочных покрытий необходимо выполнять по правилам, предусмотренным для взрывоопасных помещений. Электродвигатели, пусковые и распределительные устройства должны быть взрывобезопасного типа.

Окраску пульверизацией, как правило, надо производить в специальных кабинках, причем должна быть устроена вытяжка эжекционного типа.

Помещения для сушки деталей, окрашенных методом пульверизации, необходимо оборудовать мощной вентиляцией.

Лица, занятые окраской-пульверизацией, должны работать в шлемах или респираторах. Наибольшее внимание нужно уделять технике безопасности при работе с каменноугольным лаком (Кузбасслак), дивинилацетиленовым лаком и эмалями ПХВ. При зачистке старого слоя каменноугольного лака образуется пыль, которая, оседая на лицо и руки, может вызвать ожоги.

Ввиду возможного самовозгорания ветошь и одежду, загрязненные олифой или растительными маслами, нужно хранить в железных ящиках или шкафах.

### § 132. ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ОТРАВЛЕНИИ И ОЖОГАХ

Признаки отравления кислотами (азотной, серной и соляной): жгучая боль (жжение) во рту, пищеводе и желудке, бурые пятна в углах рта, рвота.

Необходимо вызвать и поддерживать рвоту, пить молоко и слабые щелочи, жженую магнезию в смеси с водой и молоком, известковую, белковую и мыльную воду (за исключением соды), обильное питье.

Признаки отравления парами азотной кислоты и окислами азота: кашель, удушье, возбужденное состояние, сухость и острые боли гортани, обморочное состояние, рвота, жажда, боли в животе, бурная сердечная деятельность, изменение окраски кожного покрова. Действие отравления может появиться через несколько часов.

Необходимо вынести пострадавшего в хорошо проветриваемое теплое помещение, освободить от стесняющей одежды, уложить на спину, обложить грелками, дать слабые щелочи — жженую магнезию в смеси с водой и молоком, известковую, белковую или мыльную воду, масло, обильное питье, лед.

Признаки отравления парами бензина: возбужденное состояние, беспричинный смех, выкрики, судороги, нервные припадки, после чего наступает вялость, головная боль, сонливость и иногда потеря сознания.

Необходимо вынести пострадавшего на свежий воздух или в хорошо проветриваемое помещение, освободить от стесняющей одежды и оказать медицинскую помощь.

Признаки отравления парами трихлорэтилена, дихлорэтана и т. п.: общее недомогание, головокружение с переходом в сильное возбуждение, опьянение, сонливость, головная боль, тошнота, потеря сознания. При более глубоком отравлении хлорорганическими растворителями поражается зрительный нерв.

Необходимо вынести пострадавшего на свежий воздух (в тень) или в хорошо проветриваемое помещение, освободить от стесняющей одежды, дать эфирно-валериановых капель, при ослабленном дыхании или потере сознания нужно производить искусственное дыхание.

При отравлении:

цианистыми солями — вдыхать в течение одной минуты амилнитрит (5 капель с платка или ваты). Внутрь — чайными ложками 0,4%-ный раствор перманганата калия или растворенной перекиси водорода (10 мл + 3 мл воды);

парами щелочей и их растворами — глотать кусочки льда, пить слабый раствор уксуса;

азотнокислым серебром — вызвать рвоту и поддерживать ее, пить крепкий раствор хлористого натрия, молоко, яичный белок;

медными или свинцовыми солями — вызвать рвоту, пить молоко, белок или раствор соды.

В случае ожога:  
щелочами — промыть пораженное место слабым раствором уксусной кислоты, водой и перевязать;  
кислотами — промыть пораженное место раствором соды, холодной водой, смазать вазелином и перевязать;  
концентрированной серной кислотой — обтереть пораженное место сухой тряпкой, промыть большим количеством воды, смазать вазелином и перевязать;  
кипятком или раскаленным металлом — промыть пораженное место раствором перманганата калия, перекиси водорода или спиртом; смазать борным вазелином и забинтовать.  
Во всех случаях ожогов (кроме третьей степени) после нейтрализации прикладывать примочки этилового спирта.

#### *ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ НА ЗАВОДАХ СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ*

#### **§ 133. ПРИГОТОВЛЕНИЕ СПЛАВА, ПЕРЕПЛАВКА ОТХОДОВ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ СВИНЦА**

Загрузка свинца и других составляющих сплава должна быть механизирована; температуру сплава в котле нужно автоматически поддерживать в заданных пределах, но не выше 525° С, разливку сплава из котла осуществляют по трубам с помощью насоса или самотеком; все котлы должны снабжаться жестким и прочным изоляционным укрытием с толщиной стенок не менее 1 мм. Укрытие должно плотно прилегать к кирпичной кладке, не иметь щелей и зазоров в местах стыков, в плоскости прилегания дверок, заслонок и т. п., все котлы должны быть оборудованы механизмами для перемешивания сплава и удаления изгари.

Агрегаты для приготовления свинцово-сурьмянистых сплавов и переплавки отходов размещают в изолированных помещениях.

Разливка свинцово-сурьмянистого сплава в изложницы чушкового конвейера должна производиться с помощью дозатора. Изгарь, снятую с поверхности расплавленного свинца, собирают в специальную сухую тару, которую удаляют из цеха по окончании смены. Перевозка изгари осуществляется в герметически закрытой таре.

Чушки, загружаемые в котел, должны быть сухими. В зимнее время эти чушки должны быть очищены от снега, льда и просушены. Чушки сплава следует укладывать в устойчивые штабеля высотой не более 1 м на специально отведенных местах. Транспортировка и укладка чушек должна быть механизирована.

Запрещается производство ремонта работающих или неостывших печей. В исключительных случаях отдельные операции (снятие насоса, осмотр печи и др.) могут производиться при неостывшей печи при условии соблюдения необходимых мер предосторожности.

Случайно пролитый свинец и литники должны убираться с рабочих мест по окончании смены, а при выплесках свинца — немедленно после выплеска. Формы должны также очищаться от частиц свинца.

#### **§ 134. ОТЛИВКА РЕШЕТОК, АККУМУЛЯТОРНЫХ ПЛАСТИН, МЕЛКИХ ДЕТАЛЕЙ, ПАЯЛЬНЫХ И ФОРМИРОВОЧНЫХ ПРУТКОВ**

Литье аккумуляторных решеток и мелких деталей (бареток, штырьевых рамок, прутков и пр.) должно, как правило, производиться на автоматах.

Под вращающимся столом с литейными формами автомата для отливки должны быть расположены поддоны для сбора застывших наплесков свинца. Образующийся при обрубке облой посредством транспортера должен подаваться обратно в котел.

Приготовление эмульсии, как правило, должно производиться в отдельном помещении. Процессы просеивания измельченной пробки, сажи и приготовление эмульсии должны быть герметизированы. В помещении должна устраиваться приточно-вытяжная вентиляция. На литейных автоматах должны быть укрыты и оборудованы местной вентиляцией места заливки сплава в формы и возврата его излишков в котел, участок застывания сплава в литейных формах и места выбрасывания горячих отливок.

Ковшики, щетки и другие инструменты, применяемые при литье мелких деталей, соприкасающиеся с расплавленным металлом, должны быть сухими.

До начала работы нужно проверить исправность ручного инструмента и отсутствие прогара ковшика.

Должны применяться штампы закрытого типа. Перестановка штампа, подтяжка болтовых соединений, смазка и обтирка пресса могут производиться только при выключенном двигателе пресса.

Отходы со стола и матриц удаляют с помощью крючков или щеток. Прессы для штамповки и для обрубки решеток должны быть оборудованы местными отсосами. Зачистку и зенковку мелких деталей осуществляют на рабочих местах, оборудованных вытяжной вентиляцией. Свинцовые отходы при помощи щеток собирают в специальную тару.

#### **§ 135. ОТЛИВКА СВИНЦОВЫХ ШАРИКОВ**

Во время работы автомата должны быть укрыты или снабжены местными отсосами следующие участки выделения свинцовой пыли: место заливки расплавленного свинца, литейные формы в зоне застывания свинца, лоток для возврата литника, забракованные решетки и склиз для падения отлитых шариков. Аварийную кнопку «стоп» нужно располагать вблизи приводных механизмов автомата.

### § 136. ПРИГОТОВЛЕНИЕ СВИНЦОВОГО ПОРОШКА И ТРАНСПОРТИРОВКА СУРИКА

Транспортеры и элеваторы, подающие шарики от шариколитейных автоматов в мельницы должны иметь ограждения, исключающие возможность травмирования рабочих падающими шариками.

Места перевалки шариков с транспортера на транспортер и в бункера должны быть укрыты и оборудованы местной вытяжной вентиляцией. Управление режимом работы мельниц должно быть автоматическим или дистанционным. Пульт приборов наблюдения за работой мельниц должен быть расположен в изолированном вентилируемом помещении и оборудован приборами дистанционного управления.

В помещении мельниц с поточной транспортировкой порошка нужно устраивать приточную вентиляцию, рассчитанную на компенсацию воздуха, удаляемого технологической вытяжкой от мельниц. Подачу приточного воздуха производят через перфорированные воздуховоды. Транспортирующие устройства для сбора готового порошка от мельниц и передачи его к месту потребления должны быть герметично укрыты. Фанерные барабаны, в которых сурик поступает на заводы, должны раскупориваться с помощью механических приспособлений в специальных герметично укрытых камерах. Доставка сурика в сборные бункера должна быть механизирована.

### § 137. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПАСТЫ

Смесители непрерывного действия должны быть максимально укрыты с оставлением необходимых проемов для взятия и контроля пробы и иметь бортовые отсосы по длине смесителя.

Смесители для приготовления пасты должны иметь устройства для автоматической подачи и дозировки составных частей пасты (серной кислоты, свинцового порошка или сурика, расширителей). Смеситель должен быть оборудован вентиляционными устройствами, изготовленными из кислотостойких материалов. Смеситель должен быть оборудован устройством для загрузки готовой пасты в бункер намазочной машины по трубопроводу.

### § 138. НАМАЗКА И СУШКА ПЛАСТИН

Конструкция намазочной машины должна обеспечивать:

- механическую загрузку питателя машины решетками из склада-конвейера с транспортера или из кассет;
- механическую загрузку пасты в бункер машины и механизированный сбор и возврат излишков пасты в бункер;
- автоматическую зачистку кромок пластин после намазки;

автоматическую передачу намазанных пластин на приемный транспортер прокатной машины.

Для очистки машины от остатков пасты она должна быть снабжена гидроструйной системой с отводом воды в отстойник.

Намазочные машины должны иметь укрытия, снабженные местной вытяжной вентиляцией в месте падения решетки из питателя на стол машины и в месте скопления излишков пасты.

Конструкция прокатной (прессовочной) машины должна обеспечивать:

- механическую приемку пластин с намазочной машины;
- механизированную передачу обработанных пластин на приемный транспортер карбонизатора.

Карбонизатор должен обеспечивать возможность:

- механизированной приемки пластин с прокатной машины;
- механизированного навешивания карбонизированных пластин на приемный транспортер сушила. Ванна карбонизатора (при осуществлении карбонизации углекислым аммонием) должна быть полностью укрыта и снабжена вентиляционным отсосом. Сушила непрерывного действия должны быть оборудованы механизмами для загрузки и выгрузки пластин, а также автоматическим регулятором температуры и влажности.

В сушиле с помощью вытяжной вентиляции должно быть создано разрежение 2—3 м вод. ст. для предотвращения выбивания загрязненного воздуха из сушила.

Остатки пасты и бракованные пластины должны складываться в специальную герметичную тару.

### § 139. ФОРМИРОВКА И СУШКА ПЛАСТИН

Отделение формирования следует изолировать от других цехов основного производства.

Электроуправление процессом (рубильники, реостаты) должно быть сосредоточено в отдельном, изолированном от формирования, вентилируемом помещении. В этом же помещении должны устанавливаться щиты с измерительными приборами для наблюдения и контроля за процессом формирования.

Цепи постоянного тока в формиловочных группах должны быть снабжены приборами для периодического контроля изоляции. Возникающие замыкания на землю должны немедленно устраняться. Переносные вольтметры для измерения напряжения на аккумуляторах должны быть снабжены проводниками с изолированными держателями на концах. Измерения напряжения и потенциалов пластин в процессе формирования производят в резиновых сапогах или галошах, которые нужно проверить на отсутствие механических повреждений.

Загрузка пластин в формиловочные баки, пайка и разборка схемы, выгрузка отформированных пластин должны производиться при обесточенной группе. Токоведущие части электрооборудо-

вания, находящиеся под напряжением выше 12 В, должны быть защищены от случайного прикосновения. Формировочные баки нужно изолировать от земли.

В формировочных цехах со стационарными баками должна устраиваться общеобменная приточно-вытяжная вентиляция. Для уменьшения выноса серной кислоты в воздух помещения применяются пенообразователи — присадка ЧМ или другие, дающие такой же эффект.

В формировочном отделении должны применяться герметические светильники с фарфоровым корпусом или металлическими корпусами с кислотостойким покрытием.

Ширина прохода между формировочными группами должна обеспечивать безопасность транспортировки пластин (но не менее 1 м).

Для загрузки пластин с транспортера или из кассет в формировочные баки рекомендуется применять автоматические переключатели, снабженные укрытием и вытяжной вентиляцией.

Емкость для хранения серной кислоты и смешивания серной кислоты с водой, а также емкости для приготовления и корректировки электролита должны быть оборудованы устройством для подачи кислоты и электролита по трубопроводам.

Во всех случаях работы по сливу и наливу кислот должны вестись в присутствии второго лица. В легкодоступных местах должны устраиваться гидранты для смыва кислоты, случайно попавшей на открытые части тела, фонтанчики для промывания глаз и емкости с 2%-ным содовым раствором.

Слив кислоты из цистерн должен осуществляться только через верхний загрузочный люк при помощи сифонов, вакуумных и кислотостойких насосов.

Запрещается слив через нижнее сливное отверстие цистерн. Все кислотопроводы должны быть ограждены.

#### § 140. РАЗРУБКА ПЛАСТИН И СБОРКА БАТАРЕЙ

Прессы для разрубки отформированных двойных пластин должны снабжаться:

питателем, допускающим механизированную загрузку пластин из кассеты или с цепей транспортера;

камерой (ящиком) для хранения забракованных после разрубки пластин;

транспортирующим устройством для непрерывной подачи обрубков или облоя к плавильному котлу отделения для переплавки отходов.

На прессе должны быть укрыты и снабжены вентиляцией или местным отсосом следующие участки активного пылевыделения: питатель, штамп, разбраковочный стол, места укладки годных пластин и хранения забракованных пластин, транспортер удаления отходов.

Во всех отделениях сборочного цеха следует устраивать приточно-вытяжную механическую вентиляцию. Конвейер для транспортировки разрубленных пластин на сборочный участок рекомендуется оборудовать механизмами для загрузки пластин на конвейер и перегрузки их в сборочный автомат.

При ручной сборке аккумуляторов на конвейере рабочие места должны быть оборудованы местными отсосами, обеспечивающими удаление пыли и газов.

Сборочные автоматы должны быть оборудованы:

бункерами для пластин и сепараторов;

местной вытяжной вентиляцией бункеров и площадок для сборки пластин;

устройствами для передачи собранных блоков и вставки их в гнезда (шаблоны) для последующей пайки.

Паяльный автомат или узел пайки блоков сборочно-паяльного автомата должен быть оборудован:

укрытием типа вытяжного шкафа с рабочими проемами на местах вставки блоков и бареток, контроля качества пайки и выгрузки готовых блоков;

поддоном для сбора свинцовой пыли и частиц пасты с последующим смывом ее в канализацию;

блокирующим устройством, препятствующим образованию гремучей смеси при угасании водородного пламени в случае применения газа для пайки.

Кроме того, автоматы рекомендуется оборудовать:

бункерами для бареток с устройствами для механизированной вставки их в блоки;

механизмом для передачи готовых блоков после пайки на транспортер устройства для вставки их в моноблоки (баки).

Агрегат для автоматической заливки блоков мастики должен быть оборудован баком для подогрева мастики с автоматическим поддержанием требуемой температуры и автоматическим дозатором, срабатывающим при подходе очередного моноблока. Бак и трубы для подачи мастик из отделения приготовления мастики должны иметь теплоизоляцию с температурой на ее поверхности не выше 50° С.

В туннеле для оплавления мастики рекомендуется применение ламп инфракрасного излучения. Этот туннель, а также туннель для охлаждения мастик путем обдувания воздухом должны быть оборудованы вытяжной вентиляцией.

Устройство для автоматической пайки МЭС и выводов должно быть оборудовано:

бункером для свинца, с помощью которого осуществляется пайка;

укрытием, снабженным местной вытяжной вентиляцией, обеспечивающей полное удаление теплоизбытков и паров свинца;

блокирующим устройством, препятствующим образованию гремучей смеси в случае угасания водородного пламени (при газовой пайке).

Перегрузка собранных аккумуляторных батарей на транспортер или на механизированный транспорт для подачи их на склад должна осуществляться без подъема вручную.

Котлы для варки мастики нужно оборудовать крышками; рекомендуется применение специальных устройств, обеспечивающих автоматическое закрывание крышек в случае загорания мастики в котле.

В мастиковарке должна устраиваться местная вытяжная вентиляция от котлов, а также над участками расположения форм для отливки из мастики брикетов.

Над котлами устраивается полное укрытие с оставлением рабочих проемов для ведения операций. Около места заливки форм следует предусматривать панели равномерного всасывания.

#### **ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ НА ЗАВОДАХ ЩЕЛОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ**

Правила техники безопасности и производственной санитарии на заводах щелочных аккумуляторов более просты, чем на заводах свинцовых аккумуляторов, в связи с меньшей вредностью для здоровья условий производства.

Относительно вредными являются следующие процессы производства щелочных аккумуляторов:

- изготовление активной массы для положительного электрода;
- изготовление активной массы для отрицательного железного электрода;
- изготовление кадмиевого порошка для отрицательного электрода;
- изготовление электродов;
- сборка тяговых аккумуляторов;
- формирование аккумуляторов.

#### **§ 141. ПОЛУЧЕНИЕ АКТИВНОЙ МАССЫ ДЛЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДА**

Приготовление раствора серноокислого никеля. Разборку и чистку фильтр-пресса необходимо производить при наличии полного комплекта спецодежды, глаза должны быть защищены очками. Перед сборкой пресса надлежит закрыть подачу фильтровального раствора с гидратом никеля на прессе. Очистку салфеток, надетых на рамы пресса, от солей и грязи, а также их съем для прополаскивания надо производить осторожно во избежание попадания брызг серноокислого никеля на тело и одежду.

В случае попадания раствора соли никеля на тело необходимо смыть соль чистой водой. При появлении на отдельных участках тела сыпи или зуда — признаков кожной болезни — необходимо обратиться в здравпункт.

Приготовление раствора щелочи. Работать со щелочью можно только в спецодежде и защитных очках. Если щелочь применяется в твердом виде, необходимо, не вскрывая бочки, разбить содержимое ее кувалдой на куски, а затем при помощи кровельных ножниц разрезать бочку.

Осаждение гидрата закиси никеля. Проверяется исправность коммуникаций, кольца, выпускающего раствор серноокислого никеля в бак-реактор, а также исправность змеевиков для подогрева раствора соли в мернике. Пусковые механизмы следует включать в резиновых перчатках. Необходимо остерегаться попадания щелочи и гидрата закиси никеля из реактора на кожу и в глаза.

Фильтрация на прессе высокого давления. На нагнетательной и всасывающей линиях, а также на линии пара и водопровода проверяется исправность коммуникации. Заземление электродвигателей к агрегатам должно быть исправно. Запрещается повышать давление фильтрации выше 11 атм. Давление в системе зажима камер фильтр-пресса не должно превышать максимально допустимого значения 17 мН/м<sup>2</sup>.

Сушка гидрата закиси никеля. Необходимо проверить исправность коммуникаций пара, заземление электродвигателей привода агрегатов. Работу агрегатов (сушили ВИС-42Д, шинковки, вентиляторов, транспортеров) проверяют путем кратковременного включения и отключения их при помощи кнопок «пуск» и «стоп», при работе вхолостую. Открывая дверь и закатывая вагонетки в атмосферную туннельную сушилку, необходимо избегать, ожогов, с этой целью должно быть ограничено пребывание рабочего в сушилке (20 с). Выгрузку сухого гидрата из противней и загрузку его в центрифугу следует производить осторожно, в марлевой повязке, не допуская лишнего пыления.

Смешение анодной массы с компонентами. Перед смешением гидрата закиси никеля с графитом и щелочью рабочий должен надеть спецодежду и марлевую повязку. Проверяется исправность труб, подающих раствор щелочи в мешалку и заземление электродвигателя. До остановки мешалки необходимо остерегаться производить какие-либо ручные операции вблизи лопастей (выгребание массы совком и т. п.) во избежание травмы.

#### **§ 142. ИЗГОТОВЛЕНИЕ АКТИВНОЙ МАССЫ ДЛЯ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДА**

Рабочий, обслуживающий агрегаты установки для обогащения руды и механизированной линии получения отрицательной массы, должен носить спецодежду. Все агрегаты нужно проверить на холостом ходу. Заземление электродвигателей должно быть исправным.

Обогащение руды. Спецодежда рабочего, обслуживающего установку для обогащения руды, должна препятствовать попа-



данию руды и катодного собирателя на кожу. Агрегаты гравитационной и флотационной установок должны быть проверены на холостом ходу. Нельзя перегружать тельфер. Необходимо следить за нормальным поступлением руды с одного агрегата на другой. Особенно чувствителен флотоаппарат к неравномерной подаче руды после сгущения пульпы в гидроциклонах. Следует очень тщательно отрегулировать работу отдельных дозаторов на флотомашине. Нельзя перегружать шаровую мельницу рудой. Горячую руду из сушил нельзя перегружать в бочки руками, не защищенными перчатками.

Смешение компонентов и подача смеси во вращающуюся печь. Осмотреть состояние подъемника, мешалки, элеватора и транспортера. Надо отрегулировать поступление смеси в бункера вращающихся печей с помощью правильной установки отсекаелей на транспортере. Необходимо следить за тем, чтобы смесь равномерно подавалась элеватором на ленту транспортера. При нарушении регулярной работы агрегатов установки их следует остановить, заявив о случившемся дежурному слесарю.

Восстановление окиси железа на вращающихся печах. При прилипании материала к стенкам бункеров необходимо выключить ворошитель, разгрузочный шнеки и применить шуровку вручную. При остановке печи, вызванной прекращением подачи электроэнергии в сеть, происходит провисание трубы и вследствие этого ее заклинивание в сальниках. В этом случае необходимо вращать трубу вручную, пользуясь ее приводом до момента сильного снижения температуры. Необходимо следить за регулярным поступлением воды в сальниковую рубашку и холодильник, определяя степень поступления воды по вытекающей струе.

Смешение компонентов железной массы. Во время перемешивания массы нельзя производить каких-либо ручных операций в полости мешалки. При нарушении нормальной работы дозаторов мешалки необходимо остановить агрегаты и после этого перейти на сбор восстановленной массы, поступающей из печи в отдельные бочки. Следует остерегаться попадания раствора сульфата никеля из дозатора на кожу и в глаза.

#### § 143. ИЗГОТОВЛЕНИЕ КАДМИЕВОГО ПОРОШКА ДЛЯ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДА

Возгонка кадмия в печи связана с появлением вредных для дыхательных путей паров металла в воздухе, поэтому работа на установке должна выполняться в спецодежде и марлевой повязке. Матерчатые фильтры для улавливания окиси кадмия не должны иметь разрывов. Смеситель перед смешиванием окиси кадмия с железным порошком и маслом должен быть проверен на холостом ходу.

#### § 144. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДОВ

Рабочие, обслуживающие поточную линию изготовления электродов, должны быть обеспечены специальной одеждой и марлевой повязкой.

Получение заготовок на машине роликового брикетирования. Необходимо проверить состояние скипового подъемника электротельферов, засыпочных бункеров, шнека, исправность заземления электродвигателей. При подъеме бочек с массой для установки их на тележки подъемника электротельфером следует соблюдать осторожность.

Необходимо предупредить соскакивание крюка блока тельфера кольца каретки. Дверцы шахты после установки бочки с массой и каретку подъемника необходимо закрыть на задвижку. Надевая рулоны ламельной ленты на бобины, необходимо надежно закреплять крышки бобин поворотом запорной муфты. Заправка ленты между роликами и колодками машины производится только отверткой. Не следует вводить руки в зону вращающихся роликов. Запрещается разрывать ламели руками в продольном направлении или скручивать их. Удаление ламелей, застрявших в роликах или колодках, производят плоскогубцами, а не руками, при этом для защиты глаз от засорения порошком массы применяют защитные очки.

При сварке концов ленты на электроточечном аппарате необходимо остерегаться искр. Связки от рулонов ленты нельзя раскручивать пальцами, их следует разрезать ручными ножницами. Нельзя вводить руки в зону действия гофрировочных валов и ножей летающих ножниц. Надо систематически проверять надежность сухарей для регулировки ширины ремня. При заправке ламелей для гофрирования, а также наращивания ленты необходимо пользоваться перчатками. Во избежание пореза нельзя прикасаться голыми руками к торцам заготовок.

Обработка заготовок на сборочных и прокатных вальцах. Необходимо проверить в присутствии наладчика исправность станка, приспособлений пускового устройства, а также надежную работу вентиляции. Заготовки и ребра должны быть уложены на столе аккуратно в стопках. При надевании ребра на заготовку и пропускании последней в вальцы нельзя держаться за острый конец ребра, так как это может привести к ранению рук.

Приварка контактных планок к заготовкам. Для работы на сварочном автомате наладчик обязан надеть полагающуюся спецодежду, подготовить закрытые белые очки шоферского типа. Обгорелые электроды заменяют на новые или защищают от окалины. Проверяют надежность заземления, удаляют пыль с поворотного стола и других узлов. Проверяют срабатывание концевого выключателя.

При непосредственной регулировке и настройке отдельных узлов автомата, смене и зачистке электродов должно быть выключено питание шкафа релейного управления. Зарядку пустых кассет

контактными планками при работающем автомате можно производить только при наличии в питающей кассете не менее  $\frac{1}{4}$  нормального запаса планок. При меньшем количестве планок в питающей кассете необходимо прекратить работу автомата путем выключения электропитания.

Следует остерегаться ожогов и повреждений от искр, выплесков расплавленного металла при работе автомата. При длительной остановке автомата необходимо выключить тумблер концевого выключателя, электропитание, рубильник общего электропитания, воду и воздух.

#### § 145. СБОРКА ТЯГОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Сварка корпуса сосуда на машине МШП-150. Рабочий перед работой должен надеть защитную одежду и резиновый фартук. Необходимо осмотреть верхний и нижний ролики; если они обгорели, их зачищают или заменяют новыми. Проверяют надежность заземления, наличие резинового коврика. Надевают защитные очки и приступают к работе.

Сваренный корпус следует брать за нижнюю часть правой рукой, при этом следят за тем, чтобы рука не касалась горячего шва.

Необходимо остерегаться ожогов, травм от искр и выплесков металла, которые происходят чаще всего, если корпуса имеют загрязнения и значительный слой окалина. Смену роликов необходимо производить после выключения тока и воды.

Приварка дна и крышки к сосуду на газосварочных постах. Перед началом работы газосварщик должен надеть спецодежду, головной убор, закрывающий волосы, и подготовить защитные очки закрытого типа со стеклами ТИС, светофильтры ГС-3.

Следует проверить плотность и прочность присоединения газовых шлангов к горелке и редуктору, наличие воды в затворе газовой линии и плотность всех соединений в нем на пропуск газа. Должны быть проверены горелки, редукторы, шланги, наличие тяги в вытяжном отсосе на газосварочном посту; установлено отсутствие масел на шланге и спецодежде. При зажигании горелки следует немного приоткрыть вентиль кислорода, продуть им мундштук, затем открыть вентиль ацетилена и немедленно зажечь горячую смесь газов.

Во время работы можно прочищать отверстия в мундштуках для выхода горячей смеси во избежание возникновения хлопков и обратных ударов в горелке. При обратном ударе следует немедленно закрыть все вентили — ацетиленовый, кислородный и вентиль на газоразборном посту.

Сосуд, подлежащий сварке, должен быть очищен от окраски, масла, окалина и грязи, чтобы предотвратить разбрызгивание металла и загрязнение воздуха испарениями.

#### § 146. ФОРМИРОВАНИЕ АККУМУЛЯТОРОВ

В формировочном цехе работают в спецодежде: резиновых сапогах, резиновых перчатках. При заливке аккумуляторов раствором щелочи необходимо применять исправный заливочный пистолет. Нельзя заливать аккумуляторы электролитом и снимать перемычки с борнов без защитных очков.

Необходимо помнить, что электрическая искра, попавшая во внутрь аккумулятора при его зарядке, может вызвать взрыв и выброс электролита из аккумулятора. При снятии перемычек с аккумуляторов, которые выключены из цепи, нельзя оставлять перемычки на крышке, так как при этом может возникнуть короткое замыкание и вследствие этого взрыв газов в аккумуляторе.

После работы со щелочью надо снять резиновые перчатки и обмыть руки водой. Удаление из аккумулятора раствора щелочи после окончания его формирования, а также обмывка его от остатков щелочи на поверхности сосуда и наружных деталях должны производиться с соблюдением всех мер предосторожности для предупреждения попадания щелочи на кожу и в глаза.

##### *Контрольные вопросы*

1. Назовите средства защиты от ожогов и отравлений в гальванических цехах.
2. Какова первая помощь при отравлениях и ожогах?
3. Расскажите об основных правилах по технике безопасности для работников, занятых в производстве свинцовых аккумуляторов.
4. Расскажите об основных правилах по технике безопасности для работников, занятых в производстве щелочных аккумуляторов.
5. Назовите правила разбавления кислот и щелочей.

Дасоян М. А. Химические источники тока. Изд. 2-е. М., «Энергия», 1969.

Федотьев Н. П. и др. Прикладная электрохимия. Раздел «Химические источники электрической энергии». М., «Химия», 1967.

Калайда Т. Н. Химические источники электрической энергии для летательных аппаратов. Изд. Ленинградской военно-инженерной академии, 1965.

Герчиков Б. А., Константинов М. М. и Селицкий И. А. Производство свинцовых аккумуляторов. Госэнергоиздат, 1954.

Томашевский Ф. Ф., Гершман А. Г. и Шварцман Е. М. Производство свинцовых аккумуляторов. Госэнергоиздат, 1956.

Вайнел Д. Аккумуляторные батареи. Изд. 4-е. Перевод с английского. Госэнергоиздат, 1960.

Теньковцев В. В., Левин М. Т. Герметичные кадмиево-никелевые аккумуляторы общего пользования. М., Информстандарт-электро, 1968.

Орлов В. А. Малогабаритные источники тока. Воениздат, 1965.

Дасоян М. А., Галузии Ю. П. Литейные машины карусельного типа в аккумуляторной промышленности. М., ВНИЭМ, 1964.

Дасоян М. А., Агуп И. А. и Русин А. И. Новое в производстве свинцовых аккумуляторов. М., Информстандарт-электро, 1967.

Предисловие . . . . .	3
-----------------------	---

## Часть I

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Глава I. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ИЗ ЭЛЕКТРОХИМИИ . . . . .	5
§ 1. Проводники первого и второго рода . . . . .	5
§ 2. Диссоциация электролитов . . . . .	6
§ 3. Концентрация растворов электролитов . . . . .	7
§ 4. Электропроводность электролитов . . . . .	8
§ 5. Ионное произведение воды . . . . .	10
§ 6. Явление электролиза. Законы Фарадея . . . . .	11
§ 7. Электродные потенциалы. Ряд-напряжений . . . . .	17
§ 8. Поляризационные явления при электролизе . . . . .	20
§ 9. Одновременное катодное выделение металла и водорода . . . . .	24
§ 10. Коррозия металлов . . . . .	26
Глава II. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ НА АККУМУЛЯТОРНЫХ ЗАВОДАХ . . . . .	29
<i>Влияние различных факторов на свойства электрохимических покрытий . . . . .</i>	29
§ 11. Влияние режима электролиза . . . . .	29
§ 12. Влияние состава электролита . . . . .	31
§ 13. Распределение тока на катоде . . . . .	32
<i>Механическая и химическая подготовка изделий перед покрытием . . . . .</i>	33
§ 14. Галтовка . . . . .	33
§ 15. Крацевание . . . . .	34
§ 16. Пескоструйная обработка . . . . .	34
§ 17. Обезжиривание . . . . .	35
§ 18. Травление . . . . .	37
§ 19. Декапирование . . . . .	38
§ 20. Промывка . . . . .	39
<i>Рецептура и режим работы ванн электрохимических покрытий . . . . .</i>	40
§ 21. Никелирование . . . . .	40
§ 22. Цинкование . . . . .	42
§ 23. Кадмирование . . . . .	44
§ 24. Серебрение . . . . .	45
§ 25. Свинцевание . . . . .	47
<i>Схемы технологических процессов нанесения электрохимических покрытий и оборудование для них . . . . .</i>	48
§ 26. Стационарные ванны . . . . .	51
§ 27. Колокольные и барабанные ванны . . . . .	54
§ 28. Полуавтоматические ванны . . . . .	56
§ 29. Автоматические конвейерные установки . . . . .	58

	Стр.
Глава III. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКАХ ТОКА . . . . .	62
Свинцово-кислотные аккумуляторы . . . . .	63
§ 30. Основные части аккумулятора . . . . .	63
§ 31. Разновидности свинцовых аккумуляторов . . . . .	64
§ 32. Токообразующие процессы в свинцовом аккумуляторе . . . . .	70
§ 33. Срок службы свинцовых аккумуляторов . . . . .	71
§ 34. Расширители . . . . .	75
§ 35. Уход за свинцово-кислотными аккумуляторами . . . . .	76
Кадмиево-никелевые и железоникелевые щелочные аккумуляторы . . . . .	82
§ 36. Основные части аккумуляторов . . . . .	82
§ 37. Разновидности щелочных аккумуляторов . . . . .	83
§ 38. Токообразующие процессы в щелочных аккумуляторах . . . . .	86
§ 39. Герметичные аккумуляторы . . . . .	90
§ 40. Уход за щелочными аккумуляторами . . . . .	95
Щелочные аккумуляторы с окисно-серебряным электродом . . . . .	98
§ 41. Серебряно-цинковый аккумулятор (СЦА) . . . . .	98
§ 42. Серебряно-кадмиевый аккумулятор (СКА) . . . . .	103
Глава IV. ВАЖНЕЙШИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АККУМУЛЯТОРОВ . . . . .	105
Глава V. СЕПАРАТОРЫ, БАКИ И ЗАЛИВОЧНАЯ МАСТИКА . . . . .	109
§ 43. Сепараторы для свинцовых аккумуляторов . . . . .	109
§ 44. Сепараторы для щелочных аккумуляторов . . . . .	114
§ 45. Баки (моноблоки) и заливочная мастика для свинцовых аккумуляторов . . . . .	116
Глава VI. ЭЛЕКТРОЛИТ . . . . .	119
§ 46. Электролит для свинцовых аккумуляторов . . . . .	119
§ 47. Электролит для щелочных аккумуляторов . . . . .	122

## Часть II

### ПРОИЗВОДСТВО СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Глава VII. ЛИТЕЙНОЕ ДЕЛО НА АККУМУЛЯТОРНЫХ ЗАВОДАХ . . . . .	124
§ 48. Основные и вспомогательные материалы литейных цехов . . . . .	127
§ 49. Изготовление отливок из свинцово-сурьмянистых сплавов . . . . .	128
§ 50. Изготовление отливок из чистого свинца . . . . .	146
§ 51. Теплоизоляционные покрытия для литейных форм . . . . .	150
Глава VIII. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СВИНЦОВОГО ПОРОШКА . . . . .	152
§ 52. Мельничные установки . . . . .	152
§ 53. Механизированное питание мельниц свинцовыми шариками . . . . .	162
§ 54. Сбор и транспортировка свинцового порошка . . . . .	164
§ 55. Режим работы мельниц . . . . .	165
§ 56. Свойства свинцового порошка . . . . .	166
§ 57. Свинцовый глет и свинцовый сурь . . . . .	170
Глава IX. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПАСТ И НАМАЗКА ПЛАСТИН . . . . .	173
§ 58. Изготовление паст . . . . .	173
§ 59. Оборудование для изготовления паст . . . . .	179
§ 60. Намазка пластин . . . . .	186
§ 61. Прокатка намазанных пластин . . . . .	190
§ 62. Технология намазки и прокатки пластин . . . . .	192
§ 63. Контроль изготовления паст и намазки пластины . . . . .	193

	Стр.
Глава X. СУШКА СВЕЖЕНАМАЗАННЫХ ПЛАСТИН . . . . .	197
§ 64. Карбонизация свеженамазанных пластин перед сушкой . . . . .	197
§ 65. Режим сушки пластин . . . . .	201
§ 66. Сушила . . . . .	204
§ 67. Контроль работы сушил . . . . .	211
Глава XI. ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАСТИН . . . . .	214
§ 68. Сущность процесса формирования и его разновидности . . . . .	214
§ 69. Влияние различных факторов на процесс формирования . . . . .	216
§ 70. Режимы формирования пластин автомобильных аккумуляторов . . . . .	218
§ 71. Образование кислотного тумана при формировании . . . . .	223
§ 72. Формирование пластины на овальных горизонтально-замкнутых конвейерах . . . . .	224
§ 73. Формирование пластины в стационарных группах . . . . .	230
§ 74. Контроль процесса формирования . . . . .	231
Глава XII. СУШКА ФОРМИРОВАННЫХ ПЛАСТИН . . . . .	233
§ 75. Различные методы сушки формируемых пластин . . . . .	233
§ 76. Нейтрализация серной кислоты в активных массах . . . . .	234
§ 77. Сушка положительных заряженных пластин . . . . .	234
§ 78. Сушка отрицательных пластин воздухом . . . . .	236
§ 79. Сушка заряженных отрицательных пластин в атмосфере перегретого пара . . . . .	240
§ 80. Контроль сушки формируемых пластин . . . . .	245
Глава XIII. СБОРКА СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ . . . . .	247
§ 81. Разрубка сдвоенных пластин . . . . .	248
§ 82. Пайка полублоков . . . . .	249
§ 83. Конвейер сборки батарей . . . . .	250
§ 84. Сборка блоков в моноблоки, припайка МЭС и наплавление полюсных концов . . . . .	251
§ 85. Залужка батарей мастикой . . . . .	253
§ 86. Герметизация упаковки и хранение батарей . . . . .	254

## Часть III

### ПРОИЗВОДСТВО ЩЕЛОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Глава XIV. ПРИГОТОВЛЕНИЕ АКТИВНОЙ МАССЫ ДЛЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ЩЕЛОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ . . . . .	259
§ 87. Приготовление растворов для осаждения гидрата закиси никеля и для введения в анодную массу . . . . .	260
§ 88. Осаждение гидрата закиси никеля . . . . .	261
§ 89. Фильтрация гидрата закиси никеля и измельчение коржей . . . . .	263
§ 90. Первая сушка гидрата закиси никеля . . . . .	263
§ 91. Отмывка гидрата закиси никеля . . . . .	264
§ 92. Вторая сушка и размол гидрата закиси никеля . . . . .	264
§ 93. Приготовление анодной массы . . . . .	265
§ 94. Аппаратура, применяемая для получения гидрата закиси никеля . . . . .	268
§ 95. Установка для многократного вальцевания анодной массы . . . . .	276
Глава XV. ИЗГОТОВЛЕНИЕ АКТИВНОЙ МАССЫ ДЛЯ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ . . . . .	278
§ 96. Особенности активной массы для отрицательного электрода . . . . .	278
§ 97. Получение очищенной естественной окиси железа гравитационным обогащением руды . . . . .	279
§ 98. Очистка сточных вод, получаемых при обогащении руды . . . . .	281

	Стр.
§ 99. Флотационное обогащение руды . . . . .	283
§ 100. Возможность замены железной руды «синька» магнетитовой рудой . . . . .	287
§ 101. Аппаратура, применяемая для обогащения железной руды «синька» . . . . .	287
§ 102. Получение искусственной окиси железа химическим путем . . . . .	291
§ 103. Восстановление естественной и искусственной окиси железа . . . . .	294
§ 104. Изготовление железной электродной массы на поточной линии . . . . .	298
§ 105. Аппаратура для изготовления железной массы на поточной линии . . . . .	302
§ 106. Изготовление активной массы для отрицательного электрода кадмиево-никелевого аккумулятора . . . . .	307
<b>Глава XVI. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДОВ ЩЕЛОЧНОГО АККУМУЛЯТОРА ЛАМЕЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ . . . . .</b>	<b>309</b>
§ 107. Перфорирование ламельной ленты . . . . .	309
§ 108. Изготовление ламелей и пластин . . . . .	311
§ 109. Машина роликового брикетирования . . . . .	317
§ 110. Гофрировочные вальцы . . . . .	317
§ 111. Сборочные вальцы . . . . .	318
§ 112. Сварочный автомат АТПА2×30-2 . . . . .	320
§ 113. Новый автомат для изготовления и надевания ребер на заготовки пластин . . . . .	320
§ 114. Автоматическая электродная линия АЭЛ-3 . . . . .	321
§ 115. Технология изготовления сетчатого сепаратора и надевания его на электрод . . . . .	323
§ 116. Безламельный железный электрод для тяговых аккумуляторов и его изготовление . . . . .	326
<b>Глава XVII. СБОРКА И ФОРМИРОВАНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ . . . . .</b>	<b>328</b>
§ 117. Схема и операции сборки тяговых аккумуляторов . . . . .	328
§ 118. Поточная линия сборки тяговых аккумуляторов со сварным блоком пластин . . . . .	338
§ 119. Механизация сборки ламельных аккумуляторов КН и ЖН . . . . .	341
§ 120. Режимы формирования . . . . .	344
§ 121. Регенерация отработанного электролита формирования . . . . .	347
<b>Глава XVIII. ПРОИЗВОДСТВО БЕЗЛАМЕЛЬНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ . . . . .</b>	<b>348</b>
§ 122. Изготовление фольговых электродов . . . . .	349
§ 123. Изготовление металлокерамических электродов . . . . .	354

## Часть IV

### ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ НА АККУМУЛЯТОРНЫХ ЗАВОДАХ

<b>Глава XIX. САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ . . . . .</b>	<b>356</b>
<i>Общие сведения по технике безопасности . . . . .</i>	<i>356</i>
§ 124. Индивидуальные защитные средства и спецодежда . . . . .	356
§ 125. Личная гигиена работающих и лечебно-профилактическое питание . . . . .	357
§ 126. Инструктаж рабочих и технического персонала . . . . .	357
<i>Техника безопасности в цехах защитно-декоративных покрытий . . . . .</i>	<i>358</i>
§ 127. Техника безопасности при пескоструйных работах . . . . .	358
§ 128. Техника безопасности при работе с органическими растворителями . . . . .	359
§ 129. Техника безопасности при хранении и транспортировке кислот и щелочей . . . . .	360
§ 130. Техника безопасности при работе с цинистыми растворами . . . . .	361
§ 131. Техника безопасности при нанесении лакокрасочных покрытий . . . . .	362
§ 132. Первая помощь при отравлении и ожогах . . . . .	363

<i>Техника безопасности и производственная санитария на заводах свинцовых аккумуляторов . . . . .</i>	<i>Стр. 364</i>
§ 133. Приготовление сплава, переплавка, отходы и восстановление свинца . . . . .	364
§ 134. Отливка решеток, аккумуляторных пластин, мелких деталей, паяльных и формовочных прутков . . . . .	365
§ 135. Отливка свинцовых шариков . . . . .	365
§ 136. Приготовление свинцового порошка и транспортировка сурьки . . . . .	366
§ 137. Приготовление пасты . . . . .	366
§ 138. Намазка и сушка пластины . . . . .	366
§ 139. Формировка и сушка пластины . . . . .	367
§ 140. Разрубка пластин и сборка батарей . . . . .	368
<i>Техника безопасности и производственная санитария на заводах щелочных аккумуляторов . . . . .</i>	<i>370</i>
§ 141. Получение активной массы для положительного электрода . . . . .	370
§ 142. Изготовление активной массы для отрицательного электрода . . . . .	371
§ 143. Изготовление кадмиевого порошка для отрицательного электрода . . . . .	372
§ 144. Изготовление электродов . . . . .	373
§ 145. Сборка тяговых аккумуляторов . . . . .	374
§ 146. Формирование аккумуляторов . . . . .	375
<b>Литература . . . . .</b>	<b>376</b>

**Издательство «ВЫСШАЯ ШКОЛА»**  
выпустит в 1978 году  
для учащихся  
профессионально-  
технических училищ  
и для подготовки  
рабочих  
на производстве  
следующие учебники:

**Бабич Э. А., Летюк Л. М., Нифонтов В. А. Технология производства ферритовых изделий.** Учебное пособие. 20 л. с ил. 72 к. В пер.

В книге рассматриваются основные сведения из теории кристаллохимии и магнитных свойств; приводится описание особенностей технологии производства ферритовых материалов различных типов (магнитомягких, магнитотвердых ферритов с прямоугольной петлей гистерезиса, СВЧ-ферритов и др.).

Особое внимание в книге уделено использованию ферритов в устройствах вычислительной техники в качестве элементов памяти.

Книга предназначена в качестве учебного пособия для технических училищ.

**Грин Г. И. Измерение параметров и испытание полупроводниковых приборов.** Учебник. Изд. 3-е, переработ. и доп. 12 л. с ил. 33 к.

В книге изложены основные сведения о физических явлениях в полупроводниковых приборах, их конструкции и применении. Описан технологический процесс производства полупроводниковых приборов.

Особое внимание уделено описанию схем измерительных устройств и технологических приемов при измерениях и испытаниях полупроводниковых приборов.

Третье издание (2-е — в 1974 г.) дополнено материалами о новых полупроводниковых приборах и измерении их параметров, а также о некоторых новых технологических операциях при производстве полупроводниковых приборов.

Книга предназначена в качестве учебника для подготовки измерителей и испытателей полупроводниковых приборов в технических училищах.

**Магидин Ф. А. Сооружение воздушных линий электропередачи.** Учебник. 20 л. с ил. 72 к. В пер.

В книге описаны современные методы строительно-монтажных работ при сооружении воздушных линий электропередачи, даны сведения об их устройстве, эксплуатации и ремонтных работах. Кроме того, освещены вопросы организации и подготовки строительства линий электропередачи, индустриализации и механизации ра-

**Дасоян Мартин Аветисович,  
Новодерезкин Владимир Васильевич,  
Томашевский Федор Феликсович**

#### **ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АККУМУЛЯТОРОВ**

Редакторы М. И. Сорокяна, М. В. Золоева. Художник Ю. Д. Федичкин. Художественный редактор Т. В. Панина. Технический редактор Л. А. Муравьева. Корректор М. М. Маляновская

ИБ № 809

Т-19958. Сдано в набор 13/IV—77 г. Подписано к печати 6/XII—77 г. Формат 60×90<sup>1/16</sup>. Бум. тип. № 2. Объем 24,0 печ. л. Усл. п. л. 24,0 Уч.-изд. л. 24,41 Изд. № ЭГ-282 Тираж 21 000 экз. Цена 80 коп.

План выпуска литературы издательства «Высшая школа» (профтехобразование) на 1977 г. Позиция № 42.

Издательство «Высшая школа»,  
Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14

Московская типография № 8 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, Хохловский пер., 7. Зак. 2575.

бот, а также техники безопасности. Включены сведения по устройству и монтажу кабельных линий и трансформаторных подстанций.

Книга предназначена в качестве учебника для учащихся средних профессионально-технических учебных заведений.

Шемякин А. Н., Прудыус А. С., Брод Г. Н. Электромонтер контактной сети. Учебник. Изд. 3-е, переработ. М., 20 л., с ил. 20 000 экз. 72 к. В пер.

В книге приведены основные конструкции, схемы, приспособления и механизмы, применяемые при монтаже и ремонте контактной сети и воздушных линий электропередачи, а также сведения о способах и организации производства работ по монтажу, текущему содержанию и ремонту контактной сети и воздушных линий электропередачи.

В третьем издании (2-е — в 1974 г.) отражен опыт последних лет по проектированию, строительству и эксплуатации устройств контактной сети.

Книга предназначена в качестве учебника для подготовки в профессионально-технических училищах электромонтеров по монтажу и эксплуатации контактной сети и воздушных линий электропередачи.

#### Уважаемые читатели!

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ВЫСШАЯ ШКОЛА» ВЫПУСКАЕТ УЧЕБНИКИ, УЧЕБНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОСОБИЯ, ПЛАКАТЫ.

ПОДРОБНЕЕ ПОЗНАКОМИТЬСЯ С УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРОЙ ВАМ ПОМОЖЕТ АННОТИРОВАННЫЙ ПЛАН НА 1978 Г. (ПТО), КОТОРЫЙ ИМЕЕТСЯ В КНИЖНЫХ МАГАЗИНАХ. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАКАЗЫ НА КНИГИ ВЫ МОЖЕТЕ СДЕЛАТЬ В МАГАЗИНАХ КНИГОТОРГА ИЛИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ КООПЕРАЦИИ.