

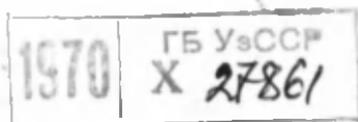
В. Н. ДАМЬЕ, Н. Ф. РЫСУХИН

ПРОИЗВОДСТВО ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И БАТАРЕЙ

Одобрено

Ученым советом Государственного комитета
Совета Министров СССР
по профессионально-техническому образованию
в качестве учебного пособия
для подготовки рабочих на производстве

VI
126366



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ВЫСШАЯ ШКОЛА»
Москва—1970

Дамье В. Н., Рысухин Н. Ф.

Д16 Производство гальванических элементов и батарей. Учеб. пособие для индивид. и бригадного обучения рабочих на производстве. М., «Высшая школа», 1970.

336 с. с илл.

В книге приводятся сведения о принципах работы, конструкция, технологии изготовления и типовом оборудовании производства гальванических элементов и батарей.

Основное внимание уделено химическим источникам тока массового потребления: марганцево-цинковым и ртутно-цинковым элементам, которые нашли широкое применение в радиотехнике и электронике, для электрического освещения, в системах автоматики и сигнализации, телефонии и т. д.

Книга предназначена в качестве учебного пособия для подготовки рабочих на производстве.

3—3—10

42—70

6П2.10

Все предложения и замечания просим направлять по адресу: Москва, К-51, Неглинная ул., 29/14, издательство «Высшая школа».

ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом в СССР увеличивается количество и повышается качество выпускаемых промышленностью химических источников тока, работа которых основана на превращении химической энергии в электрическую. Химические источники тока используются в народном хозяйстве для питания радиоприемных устройств, электрических фонарей и других приборов. С развитием транзисторной техники сфера применения их непрерывно расширяется.

Еще в 1752 г. М. В. Ломоносов предполагал существование связи между электрическими и химическими явлениями и отмечал, что без химии нельзя познать причины возникновения электрического тока. Однако изучение этой связи стало возможным лишь после создания в начале XIX в. первого химического источника тока — гальванического элемента А. Вольта. Это открытие заложило основу для возникновения и последующего развития новой науки — электрохимии.

Электрохимия объясняет природу разности потенциалов электродов гальванических элементов, связь химических и электрических процессов при работе элемента, изучает скорости процессов, протекающих на электродах химических источников тока.

Теория работы гальванических элементов развивалась в тесной связи с развитием физической химии и теории растворов. Исследованиями С. Аррениуса, Д. И. Менделеева, П. Дебая были заложены основы теории растворов электролитов.

Вскоре после изобретения первого гальванического элемента Б. С. Якоби, Д. Даниэлем, Ж. Лекланше была усовершенствована конструкция, применены новые материалы, улучшена технология изготовления элементов. Эти работы позволили значительно повысить электрические характеристики химических источников тока (емкость, э. д. с., напряжение и т. д.) и начать промышленное изготовление элементов.

С развитием электрохимии и после создания первых промышленных гальванических элементов было замечено, что скорость многих электрохимических процессов невелика. Изучением причин, определяющих скорость этих процессов, стала заниматься кинетика электродных процессов, которая является одним из разделов современной электрохимии. Исследования Э. Х. Ленца, А. С. Савельева, Г. Гельмгольца, И. Тафеля, М. Фольмера, А. Н. Фрумкина, П. Д. Луковцева, В. С. Багоцкого, К. Феттера позволили объяснить процессы, протекающие в большинстве гальванических элементов и батарей.

Современные гальванические элементы и батареи изготавливаются на высокопроизводительном оборудовании. С каждым годом создаются новые поточные линии, снижается доля ручного труда, применяются автоматы, устанавливаются роторные линии. Возросшие потребности народного хозяйства привели к расширению ассортимента гальванических элементов и батарей, а комплексная автоматизация и механизация технологических операций — к снижению себестоимости источников тока и повышению их качества.

Изготовление высококачественных гальванических элементов и батарей невозможно без знания основных принципов их работы, конструкции, без знания оборудования, а также свойств применяемых материалов. В данном учебном пособии авторы изложили указанные сведения о гальванических элементах и батареях и уделили особое внимание описанию типовых технологических процессов и оборудования.

ПРИНЦИП РАБОТЫ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

§ 1. Превращение химической энергии в электрическую
в химических источниках тока

Электрическая энергия нашла широкое применение в промышленности, народном хозяйстве и в быту. Она используется для приведения в действие механизмов. Средства связи — радио, телефон и телеграф, транспортные средства — автомобили, самолеты и трамваи — все в той или иной мере используют электрическую энергию.

Особенность использования электрической энергии заключается в том, что она может передаваться на большие расстояния в виде электрического тока.

Это используется для передачи энергии потребителю от электростанций и для осуществления телефонной и телеграфной связи.

Электрическая энергия может быть получена с помощью относительно простых средств из других видов энергии. Поэтому она применяется для создания специальных источников тока, которые по условиям их эксплуатации не могут получать электрический ток от электростанций. Такие источники тока называются *автономными*.

Автономные источники тока устанавливаются на автомашинах и самолетах для запуска их двигателей и для питания электроосветительных цепей, на радиостанциях, которыми пользуются геологоразведочные партии и воинские подразделения. Искусственные спутники земли также снабжаются автономными источниками тока.

К автономным источникам тока потребители предъявляют ряд специфических требований, связанных с длительностью эксплуатации, объемно-весовыми характеристиками, возможностью работы при больших давлениях или в вакууме, в широком интервале температур, при различных сопротивлениях нагрузки, в условиях вибрации и т. д.

Ввиду того что существующие источники тока автономного типа обеспечивают лишь отдельные из указанных требований, разработаны и выпускаются различные по устройству и назначению источники тока.

Автономные источники электрической энергии в основном базируются на принципе превращения химической энергии в электрическую.

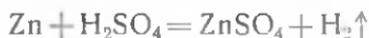
Получение электрической энергии от химического источника тока возможно лишь при протекании в нем химической реакции. Однако не всякая химическая реакция может быть применена для получения электрической энергии. Реакции, протекающие с изменением валентности элементов, т. е. окислительно-восстановительные реакции, используются в химических источниках тока для получения электрической энергии.

Химическим источником тока называется устройство, в котором энергия протекающих в нем химических окислительно-восстановительных процессов выделяется в виде электрической энергии.

§ 2. Токообразующая окислительно-восстановительная реакция гальванических элементов

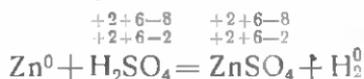
Окислительно-восстановительная реакция связана с двумя одновременно протекающими процессами — окисления и восстановления. Окисление происходит при отдаче электронов атомами или ионами¹, входящими в состав одного из участвующих в реакции веществ. Отдача электронов, имеющих отрицательный заряд, всегда приводит к увеличению положительного заряда (или к уменьшению отрицательного). Восстановление происходит при получении электронов атомами или ионами чаще всего от другого компонента реакции. Восстановление всегда приводит к уменьшению положительного заряда (или к увеличению отрицательного заряда). Осуществление лишь одного процесса окисления без восстановления и наоборот невозможно.

Рассмотрим окислительно-восстановительные процессы при химическом взаимодействии цинка с серной кислотой



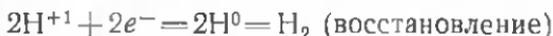
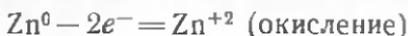
Для этого проставим валентности всех элементов, входящих в вещества, участвующие в реакции. Следует обратить внимание на то, что валентность элементов простых веществ следует считать равной нулю.

Действительно, валентность проявляется лишь тогда, когда элемент образует химическое соединение с другим элементом. Поэтому валентность цинка в левой части равенства и водорода в правой следует считать равной нулю



¹ Ионы представляют собой заряженные атомы или группы атомов; ионы образуются из атомов при процессах, связанных с переходом электронов.

Выпишем элементы, изменившие свои валентности, и укажем переход электронов



В любой окислительно-восстановительной реакции можно найти окислитель и восстановитель.

Восстановителем называется атом или ион, отдающий электроны и окисляющийся при этом.

Окислителем называется атом или ион, принимающий электроны и восстанавливающийся при этом.

В нашем примере цинк будет восстановителем, а ионы водорода серной кислоты — окислителем. Алгебраическая сумма количества принятых и отданных электронов равна нулю.

Процесс взаимодействия цинка с серной кислотой можно провести так, что не будет производиться никакой работы, кроме небольшой работы, необходимой для выхода пузырьков газообразного водорода из раствора. В этом случае почти вся химическая энергия процесса превратится в тепловую энергию, а реагирующая смесь разогреется. Это происходит при погружении металлического цинка в раствор серной кислоты. Процессы окисления и восстановления в этом случае пространственно не разделены — окисление цинка и образование водорода происходят на поверхности цинка.

Для превращения химической энергии процесса в электрическую, которая могла бы совершить работу, необходимо пространственно разделить оба процесса, т. е. создать устройство, в котором окисление цинка происходило бы на поверхности цинка, а водород выделялся бы не на цинке. Это было осуществлено в 1800 г. итальянским физиком Вольта, который впервые создал простейший химический источник тока. Такой источник тока представляет собой цинковую и медную пластины, погруженные в раствор серной кислоты (рис. 1). Обе пластины и раствор образуют внутреннюю цепь источника тока.

Элемент Вольта и любые другие химические источники тока всегда содержат электроды, состоящие из проводников первого рода — металлов, графита и других веществ. Проводники первого рода характеризуются электронной проводимостью. Прохож-

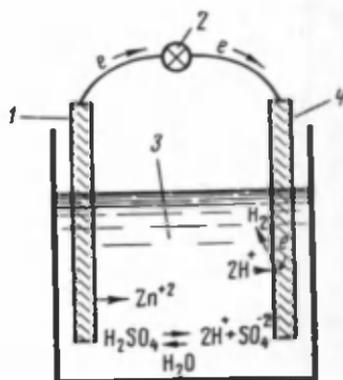


Рис. 1. Схема элемента Вольта:

1 — цинковая пластина, 2 — лампочка (нагрузка элемента), 3 — раствор серной кислоты, 4 — медная пластина

дение тока через них объясняется передвижением электронов.

В химических источниках тока через твердые вещества с электронной проводимостью осуществляется отвод или подвод электронов к реагирующим веществам. Электроды, на которых происходят процессы окисления, называются *анодами*, а электроды, на которых происходят процессы восстановления, — *катодами*.

В элементе Вольта анодом (отрицательным электродом) является цинковая пластина, а катодом (положительным электродом) — медная.

Кроме электродов, любой химический источник тока содержит растворенный в воде или, в более редких случаях, расплавленный электролит. В отличие от проводников первого рода растворы электролитов, или проводники второго рода, характеризуются ионной проводимостью.

К электролитам относятся растворимые в воде соли, щелочи и кислоты. Прохождение тока через проводники второго рода объясняется передвижением ионов. Растворы электролитов обычно в технической литературе и на производстве химических источников тока не совсем точно называют просто электролитами.

В элементе Вольта электролитом является раствор серной кислоты, в котором находятся положительные ионы водорода H^{+1} и отрицательные ионы SO_4^{-2} .

Для получения полезной работы от источника тока во внешнюю цепь, то есть к непогруженным в раствор верхним частям обеих пластин, подключают электрический двигатель, электрическую лампочку или другую нагрузку. При подключении нагрузки на электродах химического источника тока протекают реакции, и химическая энергия превращается в электрическую.

Рассмотрим процессы, протекающие в элементе Вольта при разряде. *Разрядом* называется получение электрической энергии от химического источника тока при подключении к нему нагрузки. Атомы цинка теряют электроны и переходят в виде ионов в раствор через границу цинк — раствор. Таким образом, на цинковой пластине происходит окисление цинка. Электроны переходят через внешнюю цепь к медной пластине и нейтрализуют положительные ионы водорода, подошедшие к этой пластине через границу раствор — медь. Образовавшиеся атомы водорода объединяются в молекулы, на поверхности меди наблюдается выделение пузырьков газообразного водорода.

Вещества, содержащиеся в химических источниках тока, находятся в твердом, жидком или газообразном состояниях. Вещества, образующие однородную по составу и свойствам смесь и имеющие границу раздела от других веществ, называют *фазой*. В химических источниках тока электролит представляет собой жидкую фазу, а электроды — твердые фазы.

Явления, протекающие на границах соприкасающихся фаз и связанные с изменением химического состава фаз на поверхности раздела, называются *электрохимическими явлениями*. В электрохимических явлениях участвуют не менее двух фаз. Чаще всего это металл или окисел металла и жидкость.

Электрохимической системой называется совокупность веществ химического источника тока, принимающих участие в электрохимической токообразующей реакции. В обозначении электрохимической системы в левой части указываются знак заряда и формула вещества отрицательного электрода, в правой части — знак заряда и формула вещества положительного электрода. Между ними ставятся формулы компонентов электролита, которые отделяются от формул веществ электродов вертикальными линиями.

Например,



У источников тока одной и той же электрохимической системы могут быть различия в концентрации и количестве электролита, конструкции электродов, размере.

Обычно для химических источников тока применяются такие электрохимические системы, в которых химические реакции обратимы. При отсутствии прохождения тока, т. е. при разомкнутой внешней цепи, существует состояние равновесия химических процессов.

В источнике тока, предложенном Вольта, даже при незамкнутой внешней цепи окислительно-восстановительный процесс на границе цинк — серная кислота все-таки протекает, так как цинк самопроизвольно может растворяться в кислоте. Поэтому от этого источника тока нельзя получить максимальной работы, и он в настоящее время не применяется.

Все химические источники тока можно разделить на первичные источники, или *гальванические элементы*, и вторичные источники, или *аккумуляторы*.

Гальванические элементы могут служить источниками электрической энергии до израсходования веществ, участвующих в токообразующем процессе.

Таким образом, гальванические элементы являются источниками тока однократного действия, т. е. после разряда их нельзя вновь использовать.

В аккумуляторе, в отличие от гальванического элемента, после разряда можно возобновить запас необходимых химических веществ, пропуская через аккумулятор электрический ток в обратном направлении, т. е. заряжая его. Таким образом, аккумуляторы рассчитаны на многократное использование их как источников тока.

§ 3. Возникновение разности потенциалов на границе металлический электрод—раствор электролита

При соприкосновении электрода с раствором электролита между твердой и жидкой фазами начинается взаимодействие, которое заключается в прохождении ионов через границу электрод — раствор.

Рассмотрим процессы, происходящие при погружении металлического электрода в раствор его соли.

Металл имеет кристаллическую решетку, в которой в определенном положении находятся положительно заряженные ионы металла, например Zn^{+2} ; между ионами имеются отрицательно заряженные электроны, способные свободно перемещаться.

Ионы металла могут лишь совершать слабое колебательное движение. В целом металл не имеет заряда, так как все положительные заряды ионов металла уравновешены отрицательными зарядами электронов.

Раствор электролита содержит обычно воду и растворимое вещество (соль, кислоту или щелочь). Вода ослабляет силу сцепления между частицами в 81 раз и вызывает распад молекул растворенного вещества на заряженные частицы — ионы.

Для хлористого цинка это можно записать так:



Обратимый процесс распада молекул электролита на ионы под действием воды называют *электролитической диссоциацией*.

При погружении металлического электрода в раствор его соли происходит взаимодействие ионов кристаллической решетки металла с молекулами воды и ионами, находящимися в растворе.

Некоторое количество ионов кристаллической решетки переходит границу электрод — раствор. Электроны в раствор не переходят. Из-за избытка электронов в металле и ионов металла в растворе металл заряжается отрицательно относительно раствора, т. е. на границе электрод — раствор возникает разность потенциалов. Так происходит, например, при погружении цинкового электрода в раствор хлористого цинка. Переход каждого последующего иона цинка в раствор все более и более затрудняется, так как ион будет сильнее удерживаться возросшим отрицательным зарядом поверхности металла и в то же время будет отталкиваться положительными ионами цинка в растворе, число которых возросло.

Отдельные ионы цинка смогут даже возвращаться из раствора в кристаллическую решетку металлического электрода. Наступает *динамическое равновесие*, при котором число ионов цинка, переходящих в раствор в единицу времени, равно числу

ионов цинка, возвращающихся на электрод. Если равновесие наступает в момент погружения металла в раствор, то поверхность металла будет незаряженной. В случае, когда для установления равновесия необходим предварительный переход ионов металла в раствор, металл приобретает отрицательный потенциал.

При переходе ионов из раствора на металл до установления равновесия поверхность металла может оказаться положительно заряженной относительно раствора. Так происходит, например, при погружении серебра в раствор его соли.

В растворе вблизи заряженной поверхности электрода скапливаются ионы, имеющие заряд, противоположный по знаку заряду поверхности. Поэтому образуется «двойной электрический слой» (рис. 2), напоминающий по схеме конденсатор, у которого одна обкладка — поверхность металла, а вторая — слой ионов, находящихся в растворе вблизи поверхности электрода. Разность потенциалов между обкладками конденсатора и представляет собой так называемый «электродный потенциал». Потенциал металлического электрода зависит от свойств металла, от концентрации раствора, температуры и валентности ионов.

Равновесным электродным потенциалом называется разность потенциалов между электродом и раствором при установившемся динамическом равновесии.

Для металлического электрода в растворе его соли равновесный потенциал при 20° С можно рассчитать по уравнению Нернста¹

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{0,058}{n} A,$$

где φ — равновесный потенциал;

φ_0 — постоянная величина для данного металла, называемая «стандартным потенциалом»;

n — число электронов, остающихся на поверхности электрода после перехода иона металла в раствор;

A — число², характеризующее концентрацию ионов металла в растворе.

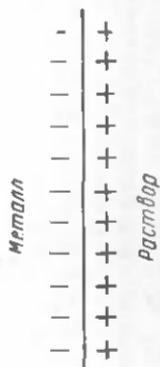


Рис. 2. Двойной электрический слой на границе электрод — раствор

¹ В. Нернст — немецкий электрохимик, установивший зависимость потенциала электродов от природы электрода и состава электролита.

² $A = \lg \frac{[\text{ок}]}{[\text{вос}]}$, где $[\text{ок}]$ — концентрация вещества, находящегося в окисленном состоянии, а $[\text{вос}]$ — в восстановленном состоянии.

Под *стандартным потенциалом* подразумевают равновесный потенциал электрода, когда концентрация ионов, участвующих в реакции, равна единице. Величины стандартных потенциалов характеризуют процессы окисления и восстановления. Сравнивая величины стандартных потенциалов двух электродов, можно оценить, насколько относительно велики окислительные или восстановительные свойства этих электродов и какую электродвижущую силу может иметь источник тока с такими электродами¹.

В табл. 1 приведены стандартные потенциалы некоторых металлических электродов, которые используются в химических источниках тока.

Таблица 1

Стандартные потенциалы металлических электродов

Электрод	Электрохимическая реакция	Стандартный потенциал, в
Калиевый	$K - e^- = K^+$	-2,92
Магниевый	$Mg - 2e^- = Mg^{+2}$	-2,34
Цинковый	$Zn - 2e^- = Zn^{+2}$	-0,76
Железный	$Fe - 2e^- = Fe^{+2}$	-0,44
Кадмиевый	$Cd - 2e^- = Cd^{+2}$	-0,40
Свинцовый	$Pb - 2e^- = Pb^{+2}$	-0,13
Водородный	$H_2 - 2e^- = 2H^+$	0,00
Серебряный	$Ag - e^- = Ag^+$	+0,80

Если расположить в один ряд металлы, потенциалы которых приведены в табл. 1, то получится ряд *активности металлов*

K, Mg, Zn, Fe, Ni, Sn, Cd, Pb, H, Cu, Hg, Ag.

Наиболее химически активные металлы располагаются в левой части ряда. Чем активнее металл, тем более отрицательный стандартный потенциал приобретает электрод из этого металла при погружении его в электролит.

Из табл. 1 видно, что металлический магний легко окисляется до образования ионов, цинк и кадмий — труднее, а серебро не может окисляться. Для ионов серебра характерно восстановление до атомов металлического серебра.

В выпускаемых промышленностью химических источниках тока в качестве отрицательных электродов обычно используются металлические электроды с достаточно отрицательными потенциалами и низкой скоростью растворения в применяемых электролитах.

¹ Эта оценка приближительна, так как справедлива только для растворов с концентрацией ионов, равной единице.

§ 4. Возникновение разности потенциалов на границе инертный металлический электрод—раствор, содержащий ионы, участвующие в токообразующем процессе

Невозможно измерить абсолютную величину разности потенциалов на границе электрод — раствор, так как при погружении участка измерительной цепи в раствор возникает разность потенциалов между материалом этой цепи и раствором. Величину такой разности потенциалов нельзя измерить по той же причине, по которой нельзя определить абсолютную величину разности потенциалов на границе электрод — раствор. Поэтому при измерении электродного потенциала находят не абсолютную его величину, а потенциал измеряемого электрода относительно другого электрода, стандартный потенциал которого условно принят за нуль. Таким электродом, для которого $\varphi_0 = 0$, является стандартный водородный электрод.

Схема такого электрода показана на рис. 3. Водородный электрод состоит из стеклянного сосуда 1, в который через пробку вставлена стеклянная трубка с ртутью 6 с запаянным концом. Через запаянный конец трубки проходит платиновая проволока. К нижнему концу

этой проволоки приварена платиновая пластина 2, покрытая для увеличения поверхности мелким порошкообразным слоем, который называется платиновой чернью. Верхний конец платиновой проволоки находится в стеклянной трубке, заполненной металлической ртутью. В эту трубку вставляется проводник, которым водородный электрод присоединяется к измерительной цепи. Ртуть обеспечивает достаточно надежный контакт между проводником и платиновой проволокой. В сосуд наливается раствор серной кислоты с концентрацией ионов водорода, равной единице. По стеклянной трубке с краном 7 через раствор пропускается газообразный водород так, чтобы его давление над раствором было равно одной атмосфере. Избыток водорода выходит из сосуда через трубку 4.

Платина относится к металлам, которые не посылают своих ионов в раствор и поэтому не имеют своего окислительно-восста-

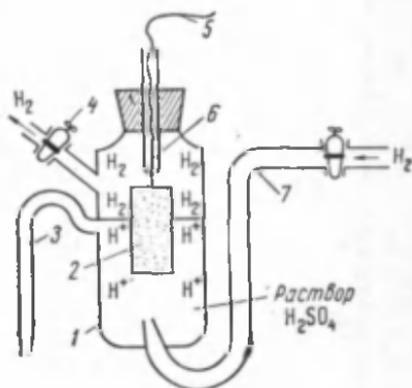


Рис. 3. Устройство водородного электрода сравнения:

1 — стеклянный сосуд с раствором серной кислоты, 2 — платиновая пластина, 3 — стеклянная трубка для присоединения к электролиту измеряемого электрода, 4 — трубка с краном для выхода водорода, 5 — провод, 6 — стеклянная трубка с ртутью, 7 — стеклянная трубка с краном для подачи водорода

новительного потенциала. Однако на поверхности платины могут адсорбироваться¹ молекулы или ионы веществ, которые способны окисляться или восстанавливаться.

В случае водородного электрода на границе платина — раствор серной кислоты устанавливается динамическое равновесие



Равновесный потенциал такого электрода определяется стандартным потенциалом этого электрода, а также концентрацией

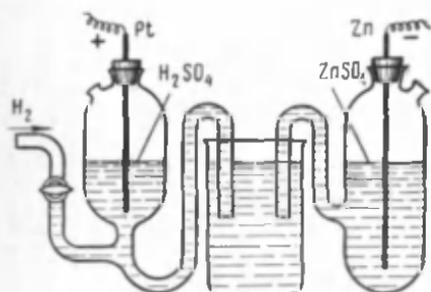


Рис. 4. Измерение потенциала цинкового электрода в растворе сернокислого цинка относительно водородного электрода сравнения

ионов водорода в растворе и давлением газообразного водорода над раствором. Если концентрация и давление равны единице, то потенциал водородного электрода равен стандартному значению и условно принят за нулевой. Приведенные в табл. 1 величины стандартных потенциалов представляют собой разность потенциалов электродов относительно стандартного водородного электрода. Стандартный потенциал любого электрода можно рассматривать как электродвижу-

щую силу гальванического элемента, состоящего из исследуемого и водородного электродов при концентрациях ионов, принимающих участие в токообразующей реакции, равных единице. При соединении водородного электрода к измеряемому производится путем погружения трубки 3 (см. рис. 3) в раствор, в котором находится измеряемый электрод. Трубка 3 заполнена раствором и является так называемым «электролитическим ключом», соединяющим измеряемый и водородный электроды в гальванический элемент.

На рис. 4 приведена схема для измерения потенциала цинкового электрода относительно стандартного водородного электрода.

Водородный электрод рассмотренной конструкции является только электродом сравнения при измерении потенциалов электродов, а не электродом промышленного источника тока. Тем не менее водородные электроды значительно более сложной конструкции, но работающие на подобном принципе нашли применение в разрабатываемых в настоящее время топливных гальванических элементах.

Другие газовые электроды — кислородный, хлорный — также нашли применение в некоторых химических источниках тока.

¹ Адсорбция — поглощение поверхностью твердых тел молекул или ионов.

Для токообразующих процессов на положительных электродах используются в основном окислы (двуокись марганца, окись ртути) и соли (хлористое серебро, хлористая медь, хлористый свинец). Схема возникновения потенциала на границе таких электродов с раствором сложнее, чем в случае металлических и газовых электродов, но протекающие процессы всегда связаны с возникновением двойного электрического слоя на границе электрод — раствор и с переходом ионов через эту границу.

Когда в растворе электролита имеются разновалентные ионы, образованные одним и тем же химическим элементом, например Fe^{+2} и Fe^{+3} , при погружении в него платинового или другого аналогичного инертного электрода на границе с раствором устанавливается динамическое равновесие между этими ионами. Равновесный потенциал, как и в случае металлического электрода в растворе его соли, определяется алгебраической суммой стандартного потенциала и члена, характеризующего концентрацию веществ, т. е. отношение концентраций разновалентных ионов железа.

Потенциал, который приобретает инертный электрод, погруженный в раствор с разновалентными ионами одного и того же

Таблица 2

Стандартные потенциалы электродов химических источников тока

Электрод	Источник тока	Электрохимическая реакция	Стандартный потенциал, в
Цинковый	Элементы и аккумуляторы со щелочным электролитом	$Zn + 4OH^- - 2e^- = ZnO_2^{-2} + 2H_2O$	-1,22
Водородный	Топливные элементы	$H_2 + 2OH^- - 2e^- = 2H_2O$	-0,83
Свинцовый	Свинцовые аккумуляторы	$Pb + SO_4^{-2} - 2e^- = PbSO_4$	-0,36
Окисномедный	Медноокисные элементы	$Cu_2O + 2OH^- - 2e^- = H_2O + 2CuO$	-0,36
Окиснортутный	Ртутно-цинковые элементы	$Hg + 2OH^- - 2e^- = HgO + H_2O$	+0,1
Хлоросеребряный	Резервные элементы	$Ag + Cl^- - e^- = AgCl$	+0,22
Кислородный	Топливные элементы	$4OH^- - 4e^- = O_2 + 2H_2O$	+1,23
Двуокисномарганцевый	Марганцево-цинковые элементы	$Mn^{+2} + 2H_2O - 2e^- = MnO_2 + 4H^+$	+1,28
Двуокисносвинцовый	Свинцовые аккумуляторы	$2H_2O + Pb^{+2} - 2e^- = PbO_2 + 4H^+$	+1,46

Примечание. Резервные элементы — источники тока, заполняемые электролитом непосредственно перед эксплуатацией.

химического элемента, называется *окислительно-восстановительным потенциалом*.

Таким образом, во всех трех случаях (металлический электрод в растворе его соли; инертный электрод в растворе, над которым имеется газ, находящийся в равновесии с ионами в растворе; инертный электрод в растворе, в котором находятся разновалентные ионы одного и того же химического элемента) наблюдается возникновение разности потенциалов на границе электрод — раствор.

В табл. 2 приведены стандартные потенциалы некоторых электродов химических источников тока.

§ 5. Электродвижущая сила и поляризация химического источника тока

Электродвижущая сила (э. д. с.) химического источника тока представляет собой разность потенциалов положительного и отрицательного электродов

$$E = \varphi_{(+)} - \varphi_{(-)},$$

где E — электродвижущая сила, в;

$\varphi_{(+)}$ — равновесный потенциал положительного электрода;

$\varphi_{(-)}$ — равновесный потенциал отрицательного электрода.

Э. д. с. так же, как равновесные потенциалы электродов, не зависит от размеров и конструкции электродов и от количества электролита, но определяется химическим составом участвующих в токообразующем процессе веществ, природой и концентрацией электролита. Такая зависимость находит отражение в уравнении Нернста, которое содержит член, характеризующий концентрацию ионов в растворе. Э. д. с. химического источника тока можно выразить с помощью стандартных потенциалов электродов

$$E = \varphi_{0(+)} - \varphi_{0(-)} + \frac{0,058}{n} A_{(+)} - \frac{0,058}{n} A_{(-)},$$

где $\varphi_{0(+)}$ — стандартный потенциал положительного электрода;

$\varphi_{0(-)}$ — стандартный потенциал отрицательного электрода;

$\frac{0,059}{n} A_{(+)}$ — член, характеризующий зависимость потенциала положительного электрода от концентрации ионов, участвующих в реакции на этом электроде;

$\frac{0,059}{n} A_{(-)}$ — член, характеризующий зависимость потенциала отрицательного электрода от концентрации ионов, участвующих в реакции на этом электроде.

Разность между стандартными потенциалами обоих электродов принимается за стандартную э. д. с. химического источника тока

$$E_0 = \varphi_{0(+)} - \varphi_{0(-)}$$

Эту величину легко рассчитать по стандартным потенциалам металлических электродов и стандартным окислительно-восстановительным потенциалам.

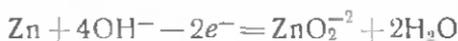
Например, рассчитаем величину стандартной э. д. с. для электрохимической системы



Из табл. 2 находим, что на положительном электроде происходит процесс



для которого стандартный окислительно-восстановительный потенциал $\varphi_{0(+)} = -0,36$ в, а на отрицательном электроде в растворе щелочи происходит процесс



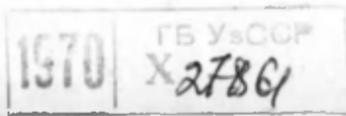
для которого стандартный потенциал равен $-1,22$ в.

Затем рассчитываем величину стандартной э. д. с.

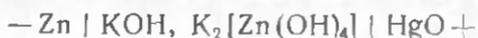
$$E_0 = -0,36\text{в} - (-1,22\text{в}) = 0,86\text{в}.$$

При создании гальванического элемента желательно выбирать положительный электрод с возможно более положительным стандартным потенциалом и, исходя из ряда активности металлов и табл. 1, отрицательные электроды с наиболее отрицательным потенциалом. Очевидно, чем больше различаются между собой стандартные потенциалы обоих электродов, тем выше будет э. д. с. элемента. Однако в электрохимических системах с высокой э. д. с. часто наблюдается сампроизвольное химическое взаимодействие веществ электродов с компонентами электролита. Рациональный выбор электрохимических пар электродов весьма ограничен и определяется анализом всех свойств материалов электродов. Например, несмотря на весьма отрицательный потенциал, калиевый электрод практически нельзя использовать в водных растворах из-за бурного взаимодействия калия с водой.

Э. д. с. наиболее распространенных химических источников тока обычно находится в пределах $0,5-2,3$ в. Величина э. д. с. является наиболее характерным параметром источников тока одной и той же электрохимической системы. Однако постоянной э. д. с. характеризуются только электрохимические системы, находящиеся в равновесии. Теоретический расчет величины э. д. с. в этом случае совпадает с экспериментальными данными.

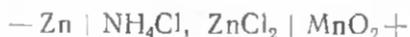


Например, равновесной является система



Существуют электрохимические системы, в которых используются электроды, на которых возможно протекание побочных процессов, вызванных примесями или нестабильностью веществ, принимающих участие в токообразующей реакции. В этом случае э. д. с. источника тока отличается от теоретической величины.

Э. д. с. таких систем обычно значительно снижается при хранении источника тока. Примером неравновесной системы является



В этой системе неравновесность зависит от того, что стандартный потенциал двуокисномарганцевого электрода находится в области потенциалов, при которых возможна частичная самопроизвольная потеря некоторого количества кислорода двуокисью марганца. Приведенная электрохимическая система лежит в основе марганцево-цинковых элементов с соевым электролитом.

Э. д. с. большинства источников тока зависит от температуры. Однако эта зависимость невелика и составляет около 0,01% на 1°С.

При работе химического источника тока на нагрузку, т. е. в условиях, когда положительный и отрицательный электроды соединены внешней цепью, через которую проходит ток (см. рис. 1), потенциалы электродов сдвигаются от равновесного значения. Электроны переходят через внешнюю цепь от отрицательного электрода к положительному; при этом потенциал отрицательного электрода становится более положительным (или менее отрицательным), потенциал положительного электрода становится более отрицательным (или менее положительным). Для некоторых электродов сдвиг потенциала от равновесного значения составляет небольшую величину. Например, для цинкового электрода такой сдвиг обычно составляет 0,05—0,2 в.

Сдвиг потенциала от равновесного значения для двуокисномарганцевого электрода значительно больше, его величина достигает даже 0,7—0,8 в и зависит от времени, в течение которого к источнику тока с таким электродом подключена нагрузка.

Сдвиг потенциала (также и э. д. с.) от равновесного значения называется *поляризацией*. Поляризацию электрода можно считать по уравнению

$$\eta = \varphi_{(I)} - \varphi_{(P)},$$

где η — поляризация;

$\varphi_{(I)}$ — потенциал электрода при токе I ;

$\varphi_{(P)}$ — равновесный потенциал электрода.

Поляризация зависит от химической природы и структуры электрода, от состава и концентрации электролита, плотности тока, температуры, конструкции электрода. Для некоторых (в основном окисных) электродов наблюдается зависимость поляризации от степени разряженности электрода.

Под *степенью разряженности* понимают выраженное в процентах отношение количества электричества, которое в данный момент источник тока отдал, к количеству электричества, которое он способен отдать.

Различают два вида поляризации, вызывающей сдвиг потенциала от равновесного значения, — концентрационную и химическую.

Концентрационная поляризация. Концентрационная поляризация возникает в том случае, когда вблизи границы электрод — раствор происходит изменение концентрации ионов, участвующих в токообразующем процессе.

Если затруднено поступление ионов, участвующих в реакции, или отвод ионов, образующихся в результате реакции, то потенциал электрода сдвигается от равновесного значения. Это видно из уравнения Нернста (§ 3), второй член правой части которого показывает зависимость потенциала от концентрации ионов.

Причина изменения концентрации ионов в приэлектродном пространстве заключается в том, что перемещение ионов в растворе происходит в основном за счет диффузии. Диффузия в растворах происходит весьма медленно. Скорость диффузии зависит от природы диффундирующих ионов, разности их концентрации в объеме раствора и приэлектродном слое и от температуры. При повышении температуры и разности концентраций скорость диффузии возрастает, а концентрационная поляризация уменьшается.

При небольшом токе во внешней цепи источника тока к электродам за счет диффузии будут поступать ионы в достаточном количестве. При большой силе тока может возникнуть такой случай, что диффузия не сможет обеспечить поддержание необходимой концентрации ионов, участвующих в электрохимической реакции, на границе электрод — раствор. Такое обеднение приэлектродного пространства ионами приводит к значительному сдвигу электродного потенциала. В некоторых случаях при этом даже достигается потенциал, при котором происходит другая электрохимическая реакция.

После отключения нагрузки, т. е. при отсутствии тока в цепи, концентрация ионов в растворе постепенно выравнивается за счет диффузионных процессов. Поэтому концентрационная поляризация химического источника тока исчезает не сразу после отключения тока, а лишь после того, как концентрации ионов в приэлектродном пространстве и в объеме раствора станут одинаковыми. Однако необходимо принимать во внимание случаи,

когда при длительной эксплуатации гальванического элемента концентрация или состав электролита значительно изменяются во всем объеме элемента. Поэтому после отключения нагрузки от элемента равновесная величина электродвижущей силы может отличаться от первоначальной э. д. с. источника тока. Такая э. д. с. после выравнивания концентрации веществ в электролите будет, конечно, равновесной величиной, такой же, как и первоначальная э. д. с., но по своему значению будет иной.

Химическая поляризация. Химическая поляризация связана с замедленностью одной из стадий электрохимической реакции. Такая замедленная стадия ограничивает в целом весь электрохимический процесс и в конечном итоге лимитирует величину тока, который может проходить через электрод. Этот вид поляризации в отдельных случаях может проявляться даже при очень малых плотностях тока. Химическая поляризация часто наблюдается при разряде ионов водорода и кислорода. Она зависит от материала электрода, на котором происходит выделение водорода. Например, если в элементе Вольта заменить медный электрод на платиновый, то процесс разряда ионов водорода сохранится как токообразующий процесс, но напряжение элемента возрастет при этом на 0,45 в. Если заменить медный электрод на свинцовый, то напряжение, наоборот, уменьшится на 0,57 в.

Разность между потенциалом электрода, полученным экспериментально, и его теоретической величиной для данных концентрации ионов водорода и плотности тока называется *перенапряжением выделения водорода* на этом электроде.

В табл. 3 приведены величины перенапряжения водорода и кислорода на металлах.

Таблица 3

Перенапряжение водорода и кислорода на металлах

Металл	Перенапряжение водорода (в) при плотности тока		Перенапряжение кислорода (в) при плотности тока
	10^{-3} а/см ²	10^{-1} а/см ²	
Свинец	1,05	1,24	1,2
Ртуть	1,06	—	1,38
Кадмий	0,51	0,93	1,16
Цинк	0,83	1,17	1,51
Медь	0,48	0,74	0,81
Железо	0,36	0,60	0,85
Олово	0,13	0,83	—
Платина	0	0	0,26

По Фрумкину замедленной стадией является разряд ионов водорода с образованием атомарного водорода. Эти представления получили название теории «замедленного разряда». По этой теории образование молекулярного водорода из ионов происходит по двум реакциям, скорость которых зависит друг от друга



Химическая поляризация, т. е. перенапряжение, наблюдается не только при разряде ионов водорода и кислорода, но и других ионов на границе электрод — раствор. Перенапряжение процесса снижается при увеличении поверхности электрода и повышении температуры.

После отключения тока химическая поляризация исчезает значительно быстрее, чем концентрационная поляризация.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

При выборе источника тока потребитель интересуется не только величиной э. д. с. и поляризацией. Существенное значение имеют полное внутреннее сопротивление, напряжение, емкость, отдаваемая источником тока при разряде, величина потери емкости при хранении, т. е. саморазряд, форма разрядных кривых и стабильность напряжения при разряде, энергия и мощность гальванического элемента. Только правильный выбор химического источника тока может гарантировать бесперебойную работу устройств, которые получают электрическую энергию от гальванической батареи или элемента.

§ 6. Полное внутреннее сопротивление гальванического элемента. Напряжение

При подключении к гальваническому элементу внешней цепи через нее протекает электрический ток.

Между положительным и отрицательным электродами элемента в этом случае можно измерить разность потенциалов, которая называется *напряжением разряда*, или просто *напряжением*.

Зависимость между э. д. с., током, протекающим в цепи, и сопротивлением этой цепи определяется законом Ома

$$E = I(R + r_{\text{ом}}),$$

где E — э. д. с. элемента, v ;

I — сила тока, a ;

R — сопротивление внешней цепи, $ом$;

$r_{ом}$ — сопротивление участка цепи, находящегося внутри элемента, *ом*.

Внутреннее сопротивление $r_{ом}$ представляет собой сумму сопротивлений электродов и электролита. Эта величина зависит от удельной электропроводности материалов электродов, природы и концентрации электролита, размера электродов и расстояния между ними.

Гальванические элементы обычно имеют внутреннее сопротивление $r_{ом}$, равное 1—20 *ом*, для аккумуляторов эта величина составляет 0,001—5 *ом*.

При разработке химических источников тока стремятся максимально снизить внутреннее сопротивление. С этой целью уменьшают межэлектродные расстояния и используют электродные материалы и электролиты с высокой электропроводностью. В случае низкой электропроводности электродного материала в него вводят специальные электропроводные добавки (графит, сажу).

На внутреннее сопротивление химического источника тока большое влияние оказывает величина поверхности электродов. С увеличением поверхности уменьшаются плотность разрядного тока и внутреннее сопротивление гальванического элемента. Для увеличения поверхности электродов стремятся повысить их пористость, применяя электроды, изготовленные из порошковых материалов.

В уравнении

$$E = IR + Ir_{ом}$$

IR показывает падение напряжения во внешней цепи, а $Ir_{ом}$ — падение напряжения на внутреннем сопротивлении гальванического элемента.

$$u = IR,$$

где u — напряжение при разряде.

Из последних двух уравнений можно записать, что

$$u = E - Ir_{ом}$$

Гальванические элементы характеризуются начальным, средним и конечным напряжениями. *Начальным напряжением* считается напряжение в момент включения источника тока на разряд. Обычно его измеряют через 0,05—5 *мин* после начала разряда. При разряде, когда источник тока отдает всю свою электрическую энергию за несколько секунд или минут, начальное напряжение измеряется непосредственно после включения. При разряде, который длится несколько часов, дней или месяцев, начальным напряжением считается напряжение, измеренное не позднее чем через 5 *мин* после начала разряда. В условиях низких температур, особенно при больших плотностях тока, началь-

ное напряжение ниже, чем при температуре 20—30° С, которая принята нормальной температурой эксплуатации источников тока.

Среднее напряжение разряда является приближенной характеристикой и определяется как средняя арифметическая величина между величинами напряжения в течение выбранного времени.

Конечное напряжение определяется на основе особенностей электрохимической системы и условий эксплуатации источника тока. Обычно под конечным напряжением подразумевается такое напряжение, ниже которого эксплуатация источника тока не целесообразна. Конечное напряжение гальванических элементов находится в пределах 0,5—1,2 в.

Однако вследствие концентрационной и химической поляризации напряжение гальванического элемента, замкнутого на внешнее сопротивление, ниже, чем это следовало ожидать из последнего уравнения. Принимая во внимание поляризацию электродов, имеем

$$u = E - E_{\text{п}} - I r_{\text{ом}}$$

В этом уравнении $E_{\text{п}}$ представляет собой сумму концентрационной и химической поляризации на обоих электродах гальванического элемента. Следует отметить, что $E_{\text{п}}$ имеет сложную зависимость от плотности тока.

Последнее уравнение можно записать так

$$u = E - I \left(\frac{E_{\text{п}}}{I} + r_{\text{ом}} \right).$$

Таким образом, падение напряжения внутри элемента связано не только с внутренним омическим сопротивлением, но и с величиной $\frac{E_{\text{п}}}{I}$, которая имеет размерность сопротивления, но характеризует влияние поляризации и является специфической величиной для электрохимических процессов, происходящих на границе электрод — раствор. Эту величину часто называют «поляризационным сопротивлением». $\frac{E_{\text{п}}}{I} + r_{\text{ом}}$ представляет собой полное внутреннее сопротивление источника тока. Поэтому

$$u = E - I r_{\text{полн}}$$

где $r_{\text{полн}}$ — полное внутреннее сопротивление элемента.

Таким образом, напряжение при разряде элемента зависит от э. д. с., силы разрядного тока, внутреннего сопротивления, поляризации.

Зависимость напряжения от величины тока разряда графически представляет собой вольтамперную характеристику источ-

ника тока (рис. 5). Приблизительный наклон этой кривой позволяет определить полное внутреннее сопротивление гальванического элемента. Точную величину можно определить лишь для небольшого участка вольтамперной характеристики. Как видно из рис. 5, наклон для различных участков кривой различен. Вольтамперная характеристика элемента обычно не представляет собой прямой линии, так как поляризация не всегда прямо пропорциональна плотности тока.

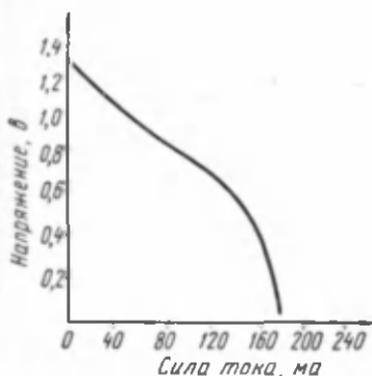


Рис. 5. Вольтамперная характеристика гальванического элемента

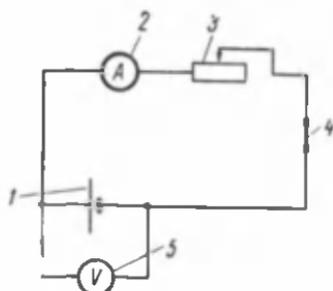


Рис. 6. Схема цепи для разряда гальванического элемента:

1 — элемент, 2 — амперметр, 3 — реостат, 4 — выключатель, 5 — вольтметр

В течение разряда источников тока происходят изменения состава электродов и электролита. Эти изменения приводят к сложной закономерности изменения величины полного внутреннего сопротивления в зависимости от степени разряженности элемента. Для многих источников тока эти закономерности до настоящего времени еще не полностью изучены.

§ 7. Емкость гальванических элементов

Емкостью гальванического элемента называется количество электричества, которое может отдать элемент при разряде.

При разряде к источнику тока подключается внешняя нагрузка (рис. 6). Возможны случаи разряда при постоянном сопротивлении внешней цепи и при постоянной силе тока в цепи.

Емкость по току представляет собой произведение силы тока разряда на длительность разряда до выбранного конечного напряжения

$$Q = It,$$

где Q — емкость, $a \cdot ч$;

I — сила тока, a ;

t — длительность разряда, $ч$.

Этой формулой можно пользоваться в тех случаях, когда проводится разряд при постоянной силе тока в цепи.

По ГОСТ 3004—67 определение емкости гальванического элемента или батареи производится при разряде источника тока по режимам разряда, установленным стандартом или техническими условиями. В некоторых стандартах (например, ГОСТ 12537—67) предусматривается определение емкости при разряде на постоянное сопротивление. В этом случае электрическая емкость по току рассчитывается по формуле

$$Q = \frac{1}{2R} [(u_0 + u_1)t_1 + (u_1 + u_2)t_2 + \dots + (u_{n-2} + u_{(n-1)})t_{n-1} + \frac{(u_{n-1} + u_k)(u_{n-1} - u_k)}{u_{n-1} - u_n} t_n],$$

где R — установленное стандартом или техническими условиями сопротивление нагрузки, *ом*;
 u_0 — начальное напряжение в момент подключения внешнего сопротивления, *в*;
 $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$ — установленные стандартом или техническими условиями интервалы времени между очередными измерениями напряжения u_1, u_2, u_3 и т. д., *ч*;
 $u_1, u_2, u_3 \dots u_n$ — напряжения через интервалы времени t_1, t_2, t_3 и т. д. часов от начала разряда, *в*;
 u_k — установленное стандартом или техническими условиями конечное напряжение, до которого проводится разряд, *в*;
 u_n — напряжение ближайшее, меньшее чем u_k , *в*;
 u_{n-1} — напряжение ближайшее, большее чем u_k , *в*.

Емкость по току, отданная гальваническим элементом или батареей при прерывистом режиме разряда, определяется суммированием величин, вычисленных по указанным выше формулам для каждого отрезка времени, в течение которого проводится разряд

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n,$$

где Q_1, Q_2, Q_3, Q_n — величины емкости, отданной элементом или батареей, за каждый отрезок времени разряда, *а·ч*.

ГОСТ 3004—67 предусматривается, что длительность разряда и перерывов между ними должна выдерживаться с погрешностью, не превышающей 0,5%.

Для некоторых изделий в технических условиях указывается не величина емкости, а продолжительность разряда при опреде-

ленных условиях и режимах. Для этого случая пользуются формулой

$$T = t + \frac{u_{n-1} - u_k}{u_{n-1} - u_n} t_n,$$

где T — длительность разряда, ч;
 u_k — конечное напряжение разряда, в;
 t — промежуток времени от начала разряда до величины замеренного напряжения u_{n-1} , ч;
 t_n — промежуток времени между величинами замеренного напряжения u_{n-1} и u_n , ч;
 u_{n-1} — ближайшее замеренное напряжение, большее u_k , в;
 u_n — ближайшее замеренное напряжение, меньшее или равное u_k , в.

Когда источник тока разряжается в прерывистом режиме, длительность разряда определяется по формуле

$$T' = t' + \frac{u'_{n-1} - u'_k}{u'_{n-1} - u'_n} t'_n,$$

где T' — продолжительность разряда, ч;
 t' — суммарная продолжительность разряда в течение промежутка времени всех включений, кроме последнего, ч;
 t'_n — продолжительность разряда при одном включении, ч;
 u'_{n-1} — ближайшее замеренное напряжение в начале последнего включения, большее или равное u'_k , в;
 u'_n — замеренное напряжение перед последним выключением, меньшее u_k , в;
 u'_k — конечное напряжение разряда, в.

Разрядная емкость гальванического элемента или батареи зависит от природы и количества веществ, участвующих в токообразующем процессе, поверхности электродов (с учетом их пористости), плотности разрядного тока, температуры, природы и состава электролита (рис. 7, 8).

Номинальная или гарантированная емкость — минимальная емкость источника тока, которую тот должен отдать в режиме разряда, указанном в технических условиях.

Теоретическая емкость — максимальная емкость, которую источник тока мог бы отдать, если бы коэффициент использования веществ, участвующих в токообразующем процессе, был равен 100%.

Теоретическая емкость элемента рассчитывается по закону Фарадея, согласно которому при участии в токообразующей электрохимической реакции одного грамм-эквивалента вещества мо-

жет быть получена емкость, равная $26,8 a \cdot ч$. Грамм-эквивалент вещества для данной реакции рассчитывается по формуле

$$ГЭ = \frac{ГМ}{n},$$

где $ГЭ$ — грамм-эквивалент вещества, г;

$ГМ$ — грамм-молекулярный вес вещества, г;

n — число электронов, участвующих в электрохимической реакции.

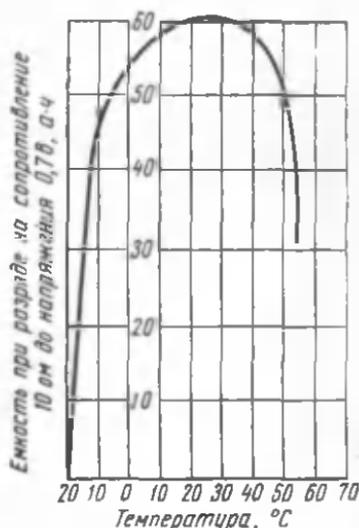
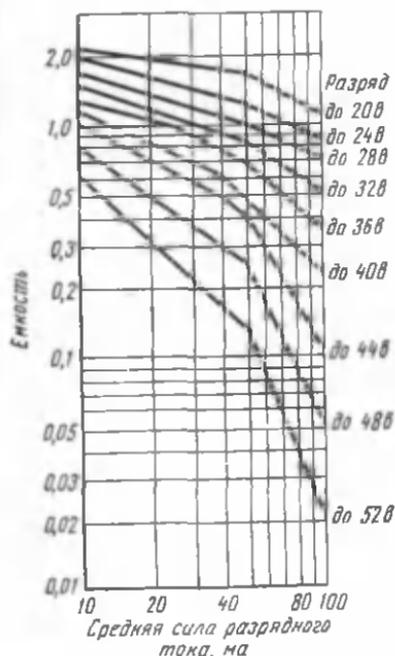


Рис. 7. Зависимость емкости шестидесятивольтовой марганцево-цинковой батареи от величины разрядного тока

Рис. 8. Зависимость емкости марганцево-воздушно-цинкового элемента 1,35-ТВМЦ-50 от температуры разряда

Грамм-молекулярный вес численно равен молекулярному весу, но выражен в граммах. В табл. 4 приведены атомные веса некоторых элементов, входящих в состав веществ, участвующих в токообразующих реакциях гальванических элементов.

Например, для окислительно-восстановительной электрохимической реакции



Атомные веса некоторых химических элементов

Название элемента	Химический символ	Произношение символа	Атомный вес
Калий	K	Калий	39,1
Медь	Cu	Купрум	63,5
Серебро	Ag	Аргентум	107,9
Магний	Mg	Магний	24,3
Цинк	Zn	Цинк	65,3
Ртуть	Hg	Гидраргирум	200,6
Свинец	Pb	Плюмбум	207,2
Железо	Fe	Феррум	55,8
Никель	Ni	Никель	58,7
Платина	Pt	Платина	195,0
Кислород	O	О	16,0
Водород	H	Аш	1,0
Хлор	Cl	Хлор	35,5

в которой от цинка к атомам ртути в окиси ртути HgO переходят два электрона, можно рассчитать, сколько цинка и окиси ртути потребуется для получения одного ампер-часа электрической емкости.

Атомный вес цинка равен 65,3, ртути — 200,6, кислорода — 16. Тогда $GM_{Zn} = 65,3 \text{ г}$. Эта величина для цинка соответствует грамм-атому, так как молекула цинка состоит из одного атома. $GM_{HgO} = 200,6 \text{ г} + 16 \text{ г} = 216,6 \text{ г}$. Грамм-эквивалент цинка равен $\frac{65,3 \text{ г}}{2} = 32,65 \text{ г}$, а окиси ртути $\frac{216,6 \text{ г}}{2} = 108,3 \text{ г}$. Для получения 26,8 а·ч требуется 32,65 г цинка и 108,3 г окиси ртути. Следовательно, на 1 а·ч потребуется в 26,8 раза меньше этих веществ, т. е. $\frac{32,65 \text{ г}}{26,8 \text{ а·ч}} = 1,219 \text{ г/а·ч}$ цинка и $\frac{108,3 \text{ г}}{26,8 \text{ а·ч}} = 4,04 \text{ г/а·ч}$ окиси ртути.

Количество вещества, участвующего в токообразующем процессе при прохождении одного ампер-часа электричества, называется *электрохимическим эквивалентом*. Электрохимические эквиваленты некоторых веществ, применяющихся в гальванических элементах, приведены в табл. 5.

Вещества, участвующие в электрохимической реакции в источниках тока, часто называют *активными веществами*, а смеси их с другими веществами, входящими в состав электрода, — *активными массами*.

Фактической емкостью называется емкость, которую источник тока отдает в режиме разряда, указанном техническими условиями. Эта величина обычно на 10—20% превышает величину номи-

Электрохимические эквиваленты некоторых веществ,
применяющихся в гальванических элементах

Наименование вещества	Электрохимический эквивалент, г/а·ч	Наименование веществ	Электрохимический эквивалент, г/а·ч
Цинк	1,219	Двуокись марганца . . .	3,240
Кадмий	2,097	Кислород	0,299

нальной емкости и в то же время на 5—60% ниже теоретической емкости. Например, марганцево-цинковый элемент № 336 имеет номинальную емкость 1,15 а·ч, фактическую — 1,22 а·ч, теоретическую — 3,6 а·ч. В гальваническом элементе в токообразующем процессе принимает участие не все имеющееся количество активных веществ. Это объясняется несколькими причинами:

при разряде теряется электрический контакт отдельных частиц активного вещества с электродом, и эти частицы не принимают участия в токообразующем процессе; поверхность частиц покрывается плохопроводящим слоем окислов;

имеется недостаток одних активных веществ и избыток других, что связано с конструктивными особенностями источника тока. Поэтому при расчете гальванического элемента пользуются коэффициентом использования активного вещества.

Коэффициентом использования активного вещества называется отношение фактической емкости, полученной при разряде в данном режиме, к теоретической емкости, рассчитанной по электрохимическому эквиваленту.

Коэффициент использования рассчитывается по формуле

$$K = \frac{Q_{\text{ф}} \cdot 100\%}{P \cdot \frac{1}{a}} = \frac{Q_{\text{ф}} \cdot 100\%}{Q_{\text{теор}}},$$

где K — коэффициент использования, %;
 $Q_{\text{ф}}$ — фактическая емкость элемента, а·ч;
 $Q_{\text{теор}}$ — теоретическая емкость, а·ч;
 P — вес активного вещества, г;
 a — электрохимический эквивалент, г/а·ч.

Величины коэффициентов использования некоторых веществ в гальванических элементах приведены в табл. 6.

Как видно из табл. 6, коэффициент использования активных веществ в некоторых случаях весьма низкий. Малая величина коэффициента использования двуокиси марганца связана с особенностями ее электрохимического восстановления.

Коэффициенты использования активных веществ
в гальванических элементах

Тип элемента	Коэффициент использования, %			
	цинк	двуокись марганца	окись ртути	окись меди
Медноокисные	80—98	—	—	100
Ртутно-цинковые	100	—	85	—
Стаканчиковые марганцево-цинковые	8—10	30—40	—	—
Галетные марганцево-цинковые	55—80	30—40	—	—

В случае использования активных материалов с низкой электропроводностью для повышения коэффициента использования применяется электропроводная добавка графита и сажи, которая образует токоотвод от большинства частиц активного вещества. Подобные добавки используются в активных массах, содержащих окись ртути, двуокись марганца, окись меди. Низкий коэффициент использования цинка в стаканчиковых элементах связан с избыточным количеством цинка, который является одновременно электродом и конструктивным материалом корпуса элемента. Кроме того, для цинкового стаканчикового электрода при разряде характерно неравномерное растворение, которое приводит к образованию стверстий, вытеканию электролита. При этом элемент перестает работать, хотя цинк как активное вещество токообразующего процесса мог бы быть еще использован.

Остаточной емкостью называется емкость, которую источник тока отдает после срока хранения. Остаточная емкость всегда меньше фактической емкости элемента, а иногда меньше номинальной емкости. Этой величиной пользуются для определения сохранности источника тока после его хранения.

Емкость гальванического элемента по энергии выражается в ватт-часах. Она равна произведению среднего разрядного напряжения в вольтах на емкость по току

$$A = u_{\text{ср}} Q,$$

где A — емкость по энергии, $\text{вт} \cdot \text{ч}$;
 $u_{\text{ср}}$ — среднее напряжение при разряде, в ;
 Q — емкость по току, $\text{а} \cdot \text{ч}$.

Мощность гальванического элемента характеризуется энергией, отдаваемой источником тока в единицу времени, и выражается в ваттах. Согласно ГОСТ 3004—67 мощность источника тока вычисляется по формуле

$$W = I_{\text{ср}} u_{\text{ср}},$$

где ω — мощность, *вт*;
 $I_{\text{ср}}$ — средняя сила тока, *а*;
 $u_{\text{ср}}$ — среднее напряжение при разряде, *в*.

§ 8. Удельные характеристики гальванических элементов

Для оценки свойств и возможностей химических источников тока, различающихся конструкцией или относящихся к разным электрохимическим системам, удобно пользоваться величинами их емкости, энергии и мощности по отношению к весу или занимаемому объему. Такие величины получили название *удельных характеристик источников тока*. При конструировании переносной аппаратуры всегда особое внимание обращается на вес и объем источника тока. Эти данные рассчитываются по удельным характеристикам.

Весовые удельные характеристики источников тока. Удельная емкость по току рассчитывается по уравнению

$$Q_p = \frac{Q}{P} = \frac{I_{\text{ср}} t}{P},$$

где Q_p — удельная емкость по току, $\frac{\text{а} \cdot \text{ч}}{\text{кг}}$;

Q — емкость источника тока, *а · ч*;

P — вес источника тока, *кг*;

$I_{\text{ср}}$ — средняя сила тока при разряде, *а*;

t — длительность разряда, *ч*.

Удельная энергия рассчитывается по уравнению

$$A_p = \frac{A}{P} = \frac{u_{\text{ср}} Q}{P},$$

где A_p — удельная энергия, $\frac{\text{вт} \cdot \text{ч}}{\text{кг}}$;

A — энергия источника тока, *вт · ч*;

P — вес источника тока, *кг*;

$u_{\text{ср}}$ — среднее разрядное напряжение, *в*;

Q — емкость по току, *а · ч*.

Удельная мощность рассчитывается по уравнению

$$\omega_p = \frac{\omega}{P} = \frac{u_{\text{ср}} I_{\text{ср}}}{P},$$

где ω_p — удельная мощность, $\frac{\text{вт}}{\text{кг}}$;

ω — мощность источника тока, *вт*;

P — вес источника тока, *кг*;

$u_{\text{ср}}$ — среднее разрядное напряжение, *в*;

$I_{\text{ср}}$ — средняя сила тока при разряде, *а*.

Объемные удельные характеристики источников тока. Удельная емкость по току рассчитывается по уравнению

$$Q_v = \frac{Q}{v} = \frac{I_{\text{ср}} t}{v},$$

где Q_v — удельная емкость по току, $\frac{a \cdot \text{ч}}{л}$;

Q — емкость источника тока, $a \cdot \text{ч}$;

v — объем, занимаемый источником тока, $л$;

$I_{\text{ср}}$ — средняя сила тока при разряде, a .

Удельная энергия рассчитывается по уравнению

$$A_v = \frac{A}{v} = \frac{u_{\text{ср}} Q}{v},$$

где A_v — удельная энергия, $\frac{\text{вт} \cdot \text{ч}}{л}$;

A — энергия источника тока, $\text{вт} \cdot \text{ч}$;

$u_{\text{ср}}$ — среднее напряжение при разряде, v ;

Q — емкость по току, $a \cdot \text{ч}$;

v — объем, занимаемый источником тока, $л$.

Удельная мощность рассчитывается по уравнению

$$\omega_v = \frac{\omega}{v} = \frac{u_{\text{ср}} I_{\text{ср}}}{v},$$

где ω_v — удельная мощность, $\frac{\text{вт}}{л}$;

ω — мощность источника тока, $\text{вт} \cdot \text{ч}$;

$u_{\text{ср}}$ — среднее напряжение при разряде, v ;

$I_{\text{ср}}$ — средняя сила тока при разряде, a .

В табл. 7 приведены удельные характеристики некоторых источников тока.

Таблица 7

Удельные характеристики гальванических элементов

Название элемента	Удельные характеристики			
	Удельная емкость		Удельная энергия	
	$a \cdot \text{ч/кг}$	$a \cdot \text{ч/л}$	$\text{вт} \cdot \text{ч/кг}$	$\text{вт} \cdot \text{ч/л}$
Стаканчиковый марганцево-цинковый	38	64	46	86
Марганцево-цинковая галетная батарея	42	63	40	52
Марганцево-воздушно-цинковый	46	91	100	105
Воздушно-цинковый	55	67	65	73
Медноокисный	80	53	32	35
Ртутно-цинковый	62	270	95	350

Для примера рассчитаем удельные емкость и энергию марганцево-цинкового элемента, который имеет среднее напряжение 1,05 в, емкость 26 а·ч, вес 0,6 кг и габариты 50 мм·50 мм××160 мм

$$Q_p = \frac{26 \text{ а·ч}}{0,6 \text{ кг}} = 43,3 \frac{\text{а·ч}}{\text{кг}},$$

$$Q_v = \frac{26 \text{ а·ч}}{0,5 \text{ дм} \cdot 0,5 \text{ дм} \cdot 1,6 \text{ дм}} = 65 \frac{\text{а·ч}}{\text{л}},$$

$$A_p = 43,3 \frac{\text{а·ч}}{\text{кг}} \cdot 1,05 \text{ в} = 45,46 \frac{\text{вт·ч}}{\text{кг}},$$

$$A_v = 65 \frac{\text{а·ч}}{\text{л}} \cdot 1,05 \text{ в} = 68,25 \frac{\text{вт·ч}}{\text{л}}.$$

§ 9. Форма разрядных кривых

Стабильность э. д. с. и напряжения источника тока в большинстве случаев является очень важным параметром, обеспечивающим бесперебойную работу аппаратуры. Так, например, при эксплуатации транзисторных радиоприемников желательно, чтобы в процессе разряда напряжение не снижалось больше чем на 10—15%. При снижении напряжения уменьшается громкость и наблюдается возбуждение усилителей. Стабильность частоты генерируемых колебаний высокочастотного транзисторного генератора в значительной мере определяется постоянством напряжения источника тока. Точность хода электрических часов также зависит от стабильности напряжения. Высокой стабильностью э. д. с. характеризуются гальванические элементы, используемые в качестве опорных источников тока в схемах сравнения. Изменение э. д. с. таких элементов при хранении и напряжении при длительном разряде не превышает 0,001 в.

Для выяснения характера изменения напряжения источника тока при разряде на основе экспериментальных данных графически строится зависимость разрядного напряжения от длительности разряда или от емкости. Второй вид зависимости исполь-

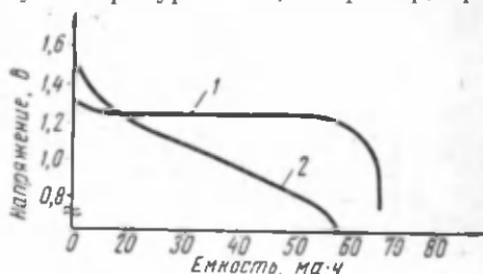


Рис. 9. Форма разрядных кривых гальванических элементов:

1 — горизонтальная разрядная кривая ртутино-цинкового элемента, 2 — «падающая» разрядная кривая марганцево-цинкового элемента

зается только при разрядах, проводимых при постоянной силе разрядного тока. Такие графики обычно называются «разрядными кривыми». На рис. 9 приведены для сравнения разрядные кривые гальванических элементов, относящихся к разным электрохимическим системам. Из этого рисунка видно, что в течение разряда напряжение ртутно-цинковых элементов остается практически постоянным, в то время как напряжение марганцево-цинковых элементов изменяется почти на 50% от начального напряжения. По форме первая разрядная кривая называется горизонтальной кривой, а вторая — падающей.

При разработке химического источника тока стремятся получить элемент с горизонтальной разрядной кривой.

§ 10. Эксплуатация гальванических элементов в разных условиях

Автономные химические источники тока применяются в аппаратуре, работающей в разных климатических условиях — при температуре от $+70$ до -50°C как при высокой влажности, близкой к 100%, так и в сухих условиях. Работоспособность и параметры всех гальванических элементов в той или иной мере определяются температурой, при которой эксплуатируется источник тока.

Большинство гальванических элементов плохо работает при низких температурах. Эта особенность объясняется увеличением вязкости и уменьшением электропроводности электролита или даже его замерзанием. В условиях низких температур применяются резервные элементы с магниевыми отрицательными электродами. Такие элементы заполняются электролитом непосредственно перед эксплуатацией. Даже при температурах -30 — -50°C эти источники тока обладают высокими электрическими характеристиками. Магний реагирует с водой, входящей в состав электролита, а выделяющееся при этом тепло повышает температуру электролита, несмотря на низкую температуру окружающей среды. Однако коэффициент использования магния мал, так как часть металла не участвует в токообразующей реакции, а только предназначается для подогревания электролита.

В конструкциях некоторых батарей предусматривается электрический обогрев. Внутри корпуса источника тока располагается проволочное сопротивление, которое во время работы батареи подключается к секции батареи или к отдельному источнику тока. Выделяющееся при прохождении тока тепло подогревает электролит основной батареи и позволяет получить хорошие электрические характеристики при ее разряде. Температура в таких батареях регулируется с помощью реле с биметаллической

пластиной. Эти реле работают на принципе разного коэффициента расширения двух металлов при нагревании. При изменении температуры происходит изгибание биметаллической пластины. На пластине имеется контакт, который замыкается на неподвижный контакт при достижении определенной температуры.

Неподвижный контакт располагается на корпусе реле. Существуют термореле с нормально замкнутыми и с нормально разомкнутыми контактами при указанной на корпусе температуре. Термореле не потребляют электрическую энергию. На рис. 10 изображено реле РБ-3, а на рис. 11 показана схема включения термореле для электрического обогрева батареи.

Термореле надежно обеспечивают поддержание заданного температурного режима при разряде источника

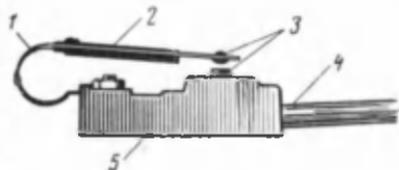


Рис. 10. Термореле:

1 — пружина, 2 — биметаллическая пластина, 3 — контакты, 4 — токоотводы от контактов, 5 — основание

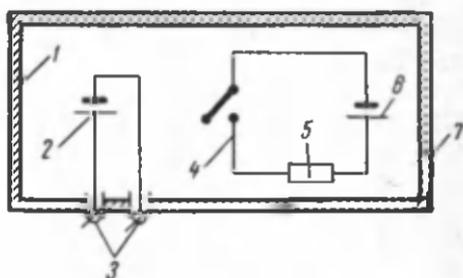


Рис. 11. Схема включения термореле для поддержания постоянной температуры в батарее:

1 — термоизоляционный слой, 2 — основной элемент (батарея), 3 — клеммы, 4 — контакты термореле, 5 — подогреватель, 6 — вспомогательный элемент (батарея), 7 — корпус

тока. В некоторых конструкциях батарей, предназначенных для эксплуатации при низких температурах, для уменьшения потерь тепла применяются термоизоляционные прокладки из пенопласта, пенополиуретана или других материалов.

При высоких температурах, даже при $+70 \div +80^\circ \text{C}$, могут работать хорошо загерметизированные ртутно-цинковые элементы и батареи. Источники тока марганцево-цинковой электрохимической системы обычно не предназначаются для работы при температурах выше $+40 \div +50^\circ \text{C}$. Особые требования предъявляются к источникам тока, которые применяются в условиях тропического климата. Такие элементы и батареи должны выдерживать воздействие грибковых организмов, разрушающих в тропических условиях многие материалы, должны сохранять свои электрические характеристики при высокой влажности окружающей среды. Поэтому для эксплуатации в тропиках источники тока выпускаются в специальном «тропикоустойчивом» исполнении.

§ 11. Саморазряд и сохранность гальванических элементов

Саморазрядом называется потеря емкости источником тока при хранении.

Саморазряд в той или иной мере характерен для всех источников тока и обусловлен побочными химическими реакциями, в которых принимают участие активные вещества электродов и электролит. Наибольшая потеря емкости наблюдается при хранении гальванических элементов и батарей, которые выпускаются заполненными электролитом.

Сохранностью гальванического элемента или батареи называется максимальный срок хранения, после которого химический источник тока еще отдает требуемую техническими условиями остаточную емкость.

Уменьшение величины остаточной емкости при хранении источника тока происходит из-за процесса саморазряда. Причина саморазряда заключается в химическом взаимодействии материала электрода с водой или веществами, входящими в состав электролита, или в самопроизвольном разложении активных веществ.

В случае металлических электродов саморастворение наблюдается при использовании металлов, реагирующих с водой. Такой саморазряд характерен для магниевых электродов резервных батарей. Поэтому магниевые электроды еще не нашли широкого применения в гальванических элементах, выпускаемых в залитом электролитом состоянии. Эти электроды в основном используются для водоактивируемых батарей, то есть батарей, в которые электролит вводится непосредственно перед эксплуатацией.

Саморазряд положительных электродов, содержащих двуокись марганца, связан с несколькими причинами, в том числе ее окислительным действием на соли аммония (например, хлористый аммоний NH_4Cl), которые имеются в электролите марганцево-цинковых элементов.

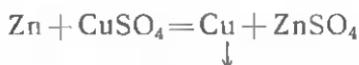
При хранении гальванических элементов происходит коррозия металлических отрицательных электродов, т. е. самопроизвольное взаимодействие металлов с веществами, содержащимися в электролите.

Существенное влияние на скорость саморазряда оказывают загрязнения, попадающие в электролит или в электроды. Примеси металлов, имеющиеся в металлических электродах, вызывают усиленную коррозию вследствие возникновения микроскопических местных элементов. Особенно повышается коррозия при загрязнении металлами с малым перенапряжением водорода и стандартным потенциалом, более положительным, чем стандартный потенциал металлического электрода.

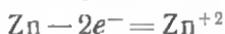
Влияние местных элементов на скорость растворения металла легко понять из следующего опыта. Если кусочек цинка опустить в раствор серной кислоты, то вследствие реакции



начинается растворение цинка. В случае чистого цинка реакции протекает не очень быстро. Если имеются примеси других металлов, то начинается бурная реакция. При введении солей меди или платины в раствор кислоты, реагирующей с чистым цинком, скорость растворения резко возрастает. Цинк, имеющий более отрицательный потенциал, вытесняет из растворов солей медь или платину



При растворении цинка происходят два процесса



и

Растворение цинка и переход его в раствор в виде ионов происходят на месте, которое приобретает отрицательный потенциал. На месте выделения водорода потенциал положительный. Возникает местный короткозамкнутый элемент. Однако перенапряжение выделения водорода на цинке велико, и скорость коррозии ограничена замедленностью стадии разряда ионов водорода. В случае примеси меди с низким перенапряжением водорода скорость растворения увеличивается за счет ускорения разряда ионов водорода.

Схема работы местных микроэлементов при коррозии цинкового электрода дана на рис. 12.

Вследствие существенного влияния на коррозию цинка и на сохранность химического источника тока даже малых количеств меди, железа, никеля, кобальта и их солей недопустимо их присутствие в электролите и в активных веществах марганцево-цинковых гальванических элементов.

Примеси металлов с большим перенапряжением не ускоряют коррозию цинка, а в некоторых случаях немного ее уменьшают. Например, ртуть заметно снижает скорость растворения цинка в солевых и щелочных электролитах.

Для снижения коррозии цинковые электроды амальгируют, вводя 7—10% металлической ртути по отношению к весу цинка. Амальгамацией называется образование растворов металла в ртути. Известно использование цинковых сплавов, содержащих 0,5—2,5% ртути. Влияние ртути определяется высоким перенапряжением выделения водорода на ней и снижением вследствие этого скорости растворения цинка.



Рис. 12. Схема работы местных микроэлементов при коррозии цинкового электрода в присутствии примеси металлической меди

Саморазряд батарей, состоящих из нескольких элементов, может происходить из-за плохой изоляции между соседними элементами, утечки тока через места, покрытые грязью, в которой могут быть электропроводные примеси. Такими примесями часто являются растворы солей или щелочи, выделяющиеся из несправного гальванического элемента. Следует обратить внимание на ошибочность широко распространенного мнения, что у отдельных элементов саморазряд вызывается появлением электролита снаружи элемента между внешними выводами электродов. Например, саморазряд ртутно-цинковых элементов не увеличивается при выполизании щелочного электролита через узел герметизации, изолирующий положительный и отрицательный электроды.

В некоторых источниках тока причиной повышенного саморазряда может быть появление внутренних межэлектродных замыканий в виде мостиков, состоящих из веществ с электронной проводимостью. Такие мостики появляются в результате механического разрушения электродов, изолирующих деталей конструкции и прокладок (сепараторов), разделяющих электроды. Замыкания могут возникать при образовании продуктов разряда или продуктов побочных реакций, вызывающих появление межэлектродных мостиков. Такие случаи наблюдаются, например, в ртутно-цинковых элементах, когда капли металлической ртути, образующейся при разряде, могут вызвать внутреннее короткое замыкание.

Величина саморазряда выражается в процентах относительной потери емкости и определяется по уравнению

$$C = \frac{Q_{\text{ф}} - Q_0}{Q_{\text{ф}}} \cdot 100\%,$$

где C — саморазряд, %;

$Q_{\text{ф}}$ — фактическая начальная емкость, $a \cdot ч$;

Q_0 — остаточная емкость после хранения, $a \cdot ч$.

Обычно наибольший саморазряд наблюдается в первые 10—20% срока сохранности, а затем он заметно снижается, оставаясь почти постоянной величиной.

Зная величину саморазряда, можно рассчитать емкость в конце хранения. Например, вычислим остаточную емкость батареи после шестимесячного хранения, если саморазряд равен 10%, а начальная емкость 3 $a \cdot ч$.

$$10\% = \frac{3 a \cdot ч - Q_0}{3 a \cdot ч} \cdot 100\%;$$

$$Q_0 = 2,7 a \cdot ч.$$

Скорость саморазряда зависит от температуры хранения источника тока. Чем выше температура, тем выше саморазряд. Это связано с тем, что скорость химических реакций возрастает с увеличением температуры.

В табл. 8 в качестве примера приведены данные по сохранности некоторых гальванических элементов и батарей.

Таблица 8

Сохранность химических источников тока

Источник тока	Начальные характеристики		Срок хранения, мес.	Характеристики в конце хранения	
	напряжение, в	емкость, а·ч		напряжение, в	емкость, а·ч
Марганцево-цинковые батареи и элементы:					
102-АМЦ-У1,0	102	1,0	15	60	0,7
49-САМЦ-0,25п	49	0,25	8	30	0,1
316	1,4	6*	6	—	4,8*
336	1,4	10*	6	—	7*
Ртутно-цинковые элементы:					
РЦ-85	1,22	2,5	30	—	2,5
РЦ-63	1,25	0,55	18	—	0,55

* Длительность разряда, ч.

Контрольные вопросы

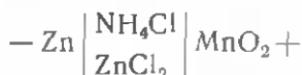
1. Что называется химическим источником тока?
2. Рассказать о токообразующей окислительно-восстановительной реакции в гальваническом элементе.
3. В чем отличие гальванических элементов от аккумуляторов?
4. Что называется равновесным электродным потенциалом?
5. Рассказать о явлении поляризации.
6. Что называется емкостью химического источника тока?
7. Что называется коэффициентом использования активного вещества?
8. В чем заключаются особенности эксплуатации гальванических элементов?
9. В чем заключается саморазряд гальванических элементов?
10. Как влияют на скорость саморазряда примеси металлов с низким и высоким перенапряжением выделения водорода?
11. В чем заключается концентрационная поляризация?
12. Что такое э. д. с. химического источника тока?
13. Как устроен водородный электрод?
14. Как возникает разность потенциалов на границе металл — раствор?
15. Что называется электролитической диссоциацией?
16. Из чего состоит полное внутреннее сопротивление гальванического элемента?
17. Сколько потребуется цинка для получения электрода, имеющего емкость 2,5 а·ч, если коэффициент использования цинка равен 90%?
18. Как зависит равновесный потенциал электрода от состава электролита?
19. Почему электролит, обладающий электропроводностью, не вызывает возникновения короткого замыкания в химическом источнике тока?
20. Как нужно пользоваться рядом активности металлов при выборе материалов для электродов гальванических элементов?

МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И БАТАРЕИ

ТЕОРИЯ РАБОТЫ МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С РАЗНЫМИ ЭЛЕКТРОЛИТАМИ

§ 12. Общая характеристика марганцево-цинковых элементов

Марганцево-цинковая электрохимическая система



нашла широкое применение в гальванических элементах и батареях. Впервые марганцево-цинковый элемент был разработан во Франции в 1867 г. Ж. Лекланше (рис. 13). Наибольшее количество выпускаемых автономных источников тока этой системы характеризуется низкой стоимостью, достаточной сырьевой базой для массового производства, работоспособностью в широком интервале температур и удовлетворительной сохранностью. Например, в США годовой выпуск таких элементов превышает два миллиарда штук.



Рис. 13. Жорж Лекланше (1829—1882)

Марганцево-цинковые элементы и батареи предназначаются для питания радиотехнических и измерительных устройств, маломощных двигателей и для освещения. Поэтому они должны быть работоспособны при непрерывном длительном и коротком режимах разряда, а также при периодической эксплуатации.

Стандартную величину э. д. с. элементов можно подсчитать как разность стандартных потенциалов двуокисномарганцевого и цинкового электродов. Например, для кислых электролитов

$$E_0 = \varphi_{0(\text{MnO}_2)} - \varphi_{0(\text{Zn})},$$

$$E_0 = +1,28 \text{ в} - (-0,76 \text{ в}) = 2,04 \text{ в}.$$

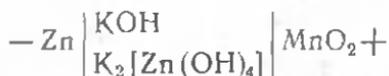
Из-за влияния состава раствора равновесная э. д. с. элемента будет отличаться от стандартной величины. Обычно э. д. с. марганцево-цинковых элементов равна 1,48—1,88 в.

Существующие разновидности двуокиси марганца, отличающиеся строением кристаллической решетки, обладают разной величиной $\varphi_{0(MnO_2)}$. Это является одной из причин колебания величины э. д. с. элементов. Другая причина заключается в самопроизвольной потере некоторого количества кислорода двуокисью марганца. Такая потеря приводит к снижению величины э. д. с. Потенциал двуокисномарганцевого электрода из-за второй причины только с некоторым упрощением можно считать равновесным потенциалом.

В течение ста лет внимание электрохимиков было направлено на выяснение особенностей процессов, происходящих при разряде и саморазряде марганцево-цинковых элементов (или, как их часто называют, элементов Лекланше), и повышение удельных характеристик элементов.

Исследования показали, что процессы, протекающие в источниках тока этой электрохимической системы, отличаются большой сложностью, поэтому даже в настоящее время отдельные вопросы теории работы элементов Лекланше еще недостаточно изучены.

Более детально исследованы марганцево-цинковые элементы со щелочным электролитом. Электрохимическая система этих источников тока записывается так



Стандартную величину э. д. с. элементов со щелочным электролитом можно рассчитать по стандартным потенциалам двуокисномарганцевого и цинкового электрода в щелочных растворах. Следует обратить внимание на то, что эти величины значительно отличаются от соответствующих значений в случае кислых и солевых электролитов

$$E_0 = \varphi_{0(MnO_2)} - \varphi_{0(Zn)};$$

$$E_0 = +0,17 \text{ в} - (-1,22 \text{ в}) = +1,39 \text{ в}.$$

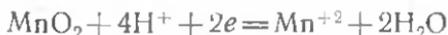
Равновесная э. д. с. элементов со щелочным электролитом равна 1,41—1,49 в. В щелочных электролитах равновесный потенциал двуокисномарганцевого электрода более воспроизводим, чем в случае солевых электролитов.

В промышленности марганцево-цинковые гальванические элементы со щелочным электролитом пока выпускаются в меньшем количестве, несмотря на то что по сравнению с элементами с солевым электролитом имеют ряд преимуществ. Главные

из этих преимуществ заключаются в высоких удельных характеристиках и в большой сохранности источников тока. Однако сравнительно высокая стоимость, в основном, деталей конструкции ограничивает широкое применение этих элементов.

§ 13. Процессы, протекающие на положительном электроде марганцево-цинковых элементов с кислотными и солевыми электролитами

В кислотных и солевых электролитах токообразующая реакция на положительном электроде марганцево-цинковых гальванических элементов



заключается в восстановлении четырехвалентного марганца двуокиси марганца до двухвалентного иона, поступающего в раствор. В растворе ионы двухвалентного марганца образуют хорошо растворимый хлористый марганец.

Равновесный потенциал двуокисномарганцевого электрода зависит от концентрации ионов водорода и марганца в растворе. С увеличением концентрации ионов водорода равновесный потенциал электрода увеличивается, а с увеличением концентрации двухвалентного марганца, наоборот, снижается. При разряде происходит потребление ионов водорода, при котором электролит становится менее кислотным или даже может подщелачиваться, и накопление двухвалентного марганца; при таких изменениях состава электролита потенциал двуокисномарганцевого электрода сдвигается в отрицательную сторону.

Для того чтобы характеризовать степень кислотности или щелочности электролита, обычно пользуются величиной рН. При рН=7 в растворе концентрация ионов водорода составляет 10^{-7} грамм-ионов на 1 л раствора¹.

При рН меньше 7 концентрация ионов водорода выше. Например, при рН=3 она равна 10^{-3} , а при рН=1 — 10^{-1} грамм-ионов водорода на 1 л раствора. Область рН между 1 и 7 относится к кислой области. Очевидно, что чем меньше рН, тем раствор более кислотный (так как $10^{-1} > 10^{-3} > 10^{-7}$). рН, равное 7, характерно для дистиллированной воды. Области рН от 7 до 14 соответствуют щелочным растворам. Чем выше рН в этой области, тем меньше концентрация ионов водорода и выше щелочность раствора (так как $10^{-14} < 10^{-10} < 10^{-7}$).

Если опустить неразряженные двуокисномарганцевые электроды в электролиты, содержащие разную концентрацию ионов водорода и марганца, но соответствующую концентрациям этих ионов при определенной длительности разряда, то потенциалы

¹ рН = $-\lg[\text{H}^+]$, где $[\text{H}^+]$ — концентрация ионов водорода в растворе.

электродов будут ниже, чем потенциал электрода, погруженного в исходный раствор.

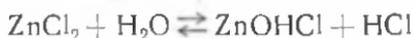
Равновесный потенциал двуокисномарганцевого электрода при $pH > 7$ сдвигается на 0,058 в в отрицательную сторону на каждую единицу увеличения pH . Эта величина соответствует коэффициенту перед членом, определяющим влияние состава раствора на равновесный потенциал, в уравнении Нернста для токообразующего процесса с участием одного электрона на грамм-молекулу двуокиси марганца. Для кислых растворов с $pH < 4,5$ это изменение составляет 0,116 в и соответствует реакции образования ионов двухвалентного марганца с участием двух электронов на грамм-молекулу двуокиси марганца. Для области pH между 4,5 и $7 \div 8$ величина коэффициента изменения потенциала на единицу pH больше 0,058 в, но меньше 0,116 в.

В реальном источнике тока марганцево-цинковый электрохимической системы никогда в качестве электролита не применяется свободная кислота. Обычно используются слабокислые растворы солей. Поэтому поддержание необходимой для токообразующей реакции концентрации ионов водорода возможно только в начале разряда. Электрохимическое восстановление двуокиси марганца до двухвалентного марганца по приведенному выше уравнению происходит лишь в растворах, имеющих pH не выше 4,5.

Концентрация ионов водорода в электролите, который содержит хлористый цинк и хлористый аммоний, мала и определяется только гидролизом хлористого цинка.

Гидролизом называется разложение веществ под действием воды.

При гидролизе хлористого цинка образуется некоторое количество соляной кислоты



Эта кислота приводит к подкислению раствора электролита, но количество ее недостаточно для того, чтобы обеспечить ионами водорода токообразующий процесс и поддержать pH меньше 4,5 в реальном источнике тока до полного израсходования заложенного количества двуокиси марганца.

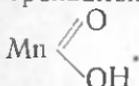
Вследствие недостатка ионов водорода при разряде по мере увеличения pH происходит смена токообразующего процесса. Следовательно, в кислой области характерна концентрационная поляризация двуокисномарганцевого электрода.

При $pH 7 \div 8$ происходит электрохимическое восстановление двуокиси марганца по уравнению



в котором MnOОН представляет собой неполный гидрат окиси

трехвалентного марганца, имеющий структурную формулу



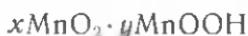
В интервалах рН между 4,5 и 7 находится наименее изученная область, для которой наиболее вероятны одновременно протекающие процессы с образованием Mn^{+2} и MnOОН . Кроме того, в этой области существенную роль играют ионы NH_4^+ , механизм действия которых до настоящего времени еще с полной достоверностью не изучен. Предполагается, что ионы NH_4^+ и ионы Zn^{+2} играют роль во вторичных реакциях, которые в некоторых случаях не имеют электрохимической природы. Тем не менее в реальных источниках тока с солевым электролитом используется именно эта область рН. Это объясняется тем, что в слишком кислых электролитах не удается получить элементы с удовлетворительной сохранностью из-за коррозии цинка, а в щелочных — создаются определенные конструкторские трудности, приводящие в конечном счете к повышению стоимости элемента.

Явления поляризации в слабощелочных солевых растворах аналогичны поляризации двуокисномарганцевого электрода в щелочном растворе, содержащем едкий калий, и будут рассмотрены в следующем разделе.

§ 14. Процессы, протекающие на положительном электроде марганцево-кислых элементов со щелочным электролитом

При разряде двуокисномарганцевого электрода в щелочном электролите, в состав которого входит едкий калий KOH и цинкат калия $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$, реакция происходит так же, как в солевых щелочных электролитах, т. е. до образования неполного гидрата окиси трехвалентного марганца MnOОН . Ввиду того что двуокись марганца обладает слабой электропроводностью, разряд происходит на месте соприкосновения этого окисла с графитом или сажей. Графит и сажа добавляются в активную массу как электропроводные добавки, обеспечивающие подвод электронов к каждой частице двуокиси марганца.

Образование вблизи поверхности продукта восстановления — неполного гидрата окиси марганца — происходит так, что это вещество образует так называемую «фазу переменного состава»



При разряде число восстановленных атомов марганца возрастает. Это соответствует увеличению y по отношению к x в формуле, выражающей состав фазы переменного состава. Фаза переменного состава аналогична по свойствам растворам, но

представляет собой твердое вещество. Так же как в случае насыщения обычного раствора веществом происходит кристаллизация осадка, так и при насыщении твердого раствора достигается момент, когда неполный гидрат окиси трехвалентного марганца образует отдельные кристаллы вещества, имеющего структуру манганита $MnOОН$. Для достижения насыщения необходима высокая концентрация неполного гидрата окиси марганца на поверхности частицы двуокиси марганца. Такая концентрация достигается при глубоком разряде, когда напряжение на элементе достигает 0,7—0,8 в.

Кристаллизации предшествуют диффузия ионов водорода и передвижение электронов от поверхности к центру частицы двуокиси марганца, так как эти процессы приводят к уменьшению концентрации неполного гидрата окиси трехвалентного марганца в поверхностном слое. Электроны и диффундирующие ионы водорода способствуют восстановлению некоторых атомов четырехвалентного марганца двуокиси марганца в глубине частицы, увеличивая число y в формуле для фазы переменного состава. Диффузия ионов водорода к центру частицы двуокиси марганца приводит к образованию неполного гидрата закиси марганца в центре частицы в виде твердого раствора. Так за счет диффузии в твердой фазе выравнивается состав твердого раствора по всей частице двуокиси марганца (рис. 14). Схему этого процесса можно представить следующим образом:

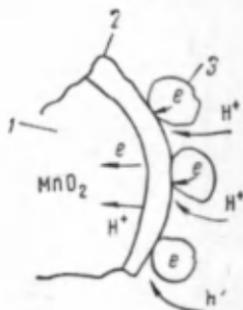
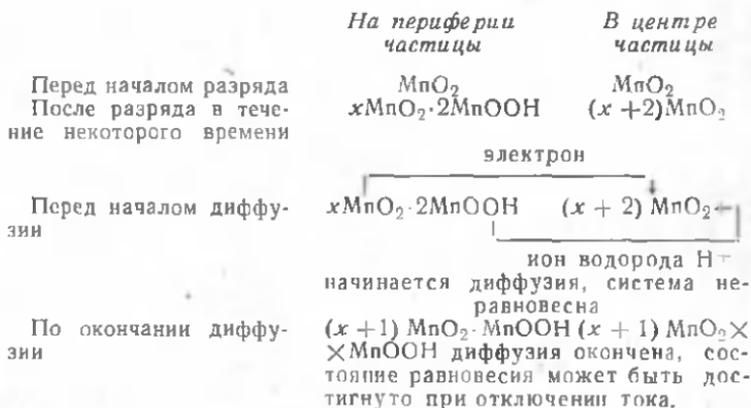


Рис. 14. Схема процессов, протекающих при твердофазном восстановлении двуокиси марганца:

1 — внутренний слой частицы двуокиси марганца, 2 — поверхностный слой частицы двуокиси марганца, 3 — частица графита, 4 — электролит



Однако без отключения тока полного выравнивания состава раствора не достигается, так как скорость диффузии в твердой фазе очень мала. Даже при сравнительно малых плотностях разрядного тока скорость образования неполного гидрата окиси трехвалентного марганца в поверхностном слое значительно превышает скорость выравнивания концентрации этого вещества в твердой фазе. Поэтому скорость всей электрохимической реакции определяется его замедленной диффузионной стадией

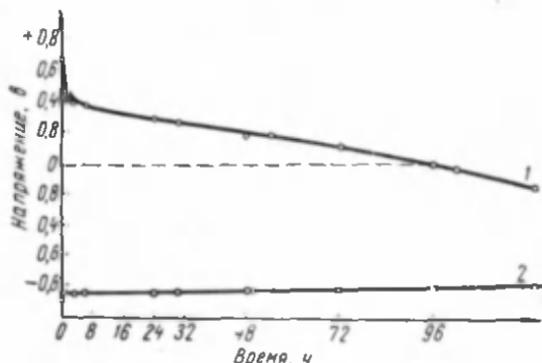


Рис. 15. Изменения потенциалов электродов марганцево-цинкового элемента при разряде. Величины потенциалов указаны по отношению к водородному электроду сравнения: 1 — потенциал положительного электрода, 2 — потенциал отрицательного электрода

в фазе переменного состава. Возникает своеобразная поляризация, получившая название «концентрационной поляризации в твердой фазе».

На рис. 15 показано изменение потенциалов электродов при разряде марганцево-цинкового элемента. Как видно из этого рисунка, в основном поляризация связана с изменениями, происходящими на положительном электроде элемента.

Впервые теория твердофазного восстановления двуокиси марганца была сформулирована в 1946 г. американским ученым Колеманом, который, однако, считал, что выравнивание состава в твердой фазе осуществляется за счет диффузии ионов кислорода из центра частицы к периферии. Однако в последнее время было экспериментально показано, что диффузия ионов водорода и электронов в этом процессе более вероятна.

Рассмотрим, как объясняется форма разрядных кривых и изменение напряжения двуокисномарганцевого электрода с точки зрения твердофазного восстановления.

Потенциал двуокисномарганцевого электрода при разряде источника тока непрерывно и весьма значительно снижается,

поэтому напряжение элемента зависит от степени разряженности.

После выключения и последующего длительного бездействия, называемого «отдыхом» элемента, напряжение не достигает того значения, которое имелось до разряда. На рис. 16 приведены участок разрядной кривой марганцево-цинкового электрода и кривая изменения э. д. с. после размыкания цепи. Э. д. с. изменяется постепенно, достигая равновесной величины через несколько часов после отключения тока. Такую кривую изменения

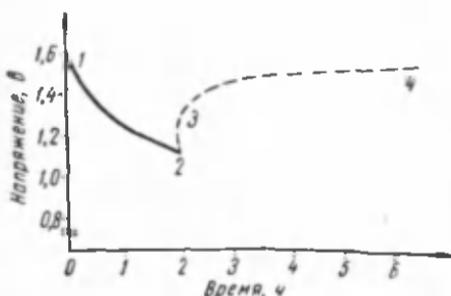


Рис. 16. Участок разрядной кривой марганцево-цинкового элемента и кривая изменения э. д. с. до равновесной величины:

1—2 — разрядная кривая, 2—3—4 — изменение э. д. с. после отключения нагрузки

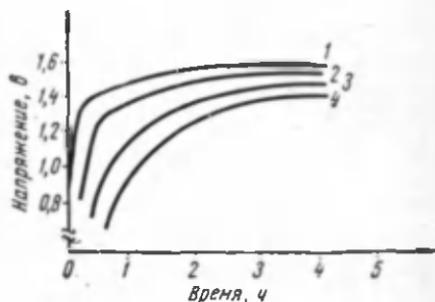


Рис. 17. Изменение э. д. с. марганцево-цинковых элементов после разряда:

1 — разряд на 70% номинальной емкости,
2 — разряд на 80% номинальной емкости,
3 — разряд на 90% номинальной емкости,
4 — разряд на 95% номинальной емкости

потенциала электрода или э. д. с. элемента после разряда называют иногда кривой «отключения тока».

На рис. 17 приведены кривые «отключения тока» в случае, когда элементы разряжались в течение разного выбранного времени до момента отключения нагрузки. Как видно из этого рисунка, величина равновесной э. д. с. зависит от степени разряженности элемента. Экспериментально подтвердилось, что такое явление обусловлено составом твердого раствора в двуокисно-марганцевом электроде.

Уравнение Нернста для случая образования твердых растворов обязательно включает в себя член, в состав которого входит отношение концентрации двуокиси марганца к концентрации неполного гидрата окиси трехвалентного марганца. При отключении тока сдвиг потенциала за счет внутреннего омического сопротивления исчезает быстро (пунктирный отрезок 2—3). Концентрационная поляризация в растворе и электрохимическая поляризация проявляются значительно дольше (пунктирный отрезок 3—4).

Вещества, образующиеся при электрохимическом восстановлении двуокиси марганца в фазе переменного состава, способны

поглощать кислород воздуха, превращаясь при этом вновь в двуокись марганца. Это свойство окислов марганца используется для повышения удельной энергии марганцево-цинковых элементов, в которых создаются условия для подведения кислорода воздуха из окружающей среды к положительному электроду.

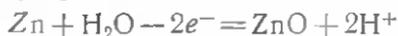
В элементах количество цинка обычно превышает количество двуокиси марганца и источник тока способен разряжаться до полного израсходования активного вещества положительного электрода. Использование кислорода воздуха позволяет увеличить емкость элемента, так как низшие окислы марганца вновь превращаются в активное вещество, вступающее в токообразующую реакцию. Таким образом, удается увеличить на 50—100% удельную энергию элемента.

Элементы, в которых используется кислород воздуха для окисления окислов марганца, получили название марганцево-воздушных элементов. Эти источники тока, имея большую удельную энергию, обладают недостатками, главный из которых заключается в низкой сохранности элементов, которая обусловлена высыханием электролита.

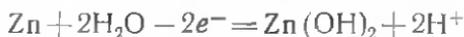
В настоящее время известны элементы, в которых вместо двуокиси марганца применяются вещества, сами не участвующие в токообразующей реакции (активированный уголь, порошокобразный никель и др.), но способные адсорбировать кислород воздуха. Такие электроды получили название электродов «воздушной деполяризации». По сравнению с ними марганцево-воздушные электроды называют электродами смешанной деполяризации; углеродистые материалы так же, как и двуокись марганца в этих электродах, обеспечивают процессы воздушной деполяризации.

§ 15. Процессы, протекающие на цинковом электроде при разряде солевых марганцево-цинковых гальванических элементов. Вторичные процессы при разряде

Рассмотрим процессы, происходящие на цинковом электроде при разряде в солевом электролите. Наиболее вероятно протекание одной из двух реакций



или



Обе реакции происходят с образованием плохо растворимых соединений — окиси цинка и гидрата окиси цинка. В случае разряда в электролитах, содержащих хлористый аммоний, образующиеся плохо растворимые вещества вступают во вторичные реакции с образованием различных соединений, в том числе хлористого цинка. При рН, равном 6 или 7, возможно образование

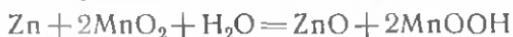
малорастворимого аммиаката цинка $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}_2$, который выпадает из раствора на поверхности как положительного, так и отрицательного электрода. Кристаллы аммиаката цинка неэлектропроводны, и образование этого соединения приводит к увеличению внутреннего сопротивления источника тока.

Особенно затрудняется работа положительного электрода, так как поры между отдельными частицами двуокиси марганца забиваются мелкими кристаллами, затрудняющими диффузионные процессы и приводящими к увеличению концентрационной поляризации в растворе. При высокой концентрации хлористого цинка в электролите, количество которого пополняется при разряде за счет растворения цинкового электрода, и при увеличении pH в течение разряда образуются плохо растворимые основные хлориды цинка, имеющие различный состав. Хорошо известна, например, соль такого состава $\text{ZnCl}_2 \cdot 4\text{Zn}(\text{OH})_2$. Часть соединений цинка может образовывать с манганитом плохо растворимый гетеролит $\text{ZnO} \cdot \text{Mn}_2\text{O}_3$. Из-за вторичных процессов возможно образование аммиака, который легко обнаружить по запаху в разряженном элементе.

На ход протекания вторичных процессов существенную роль оказывает режим эксплуатации марганцево-цинкового элемента. Так, например, при разряде токами большой плотности в отдельных местах элемента могут возникать значительные местные изменения pH. При сильном местном подщелачивании возможно образование аммиака и выпадение основных солей цинка. При малых плотностях тока более вероятно образование аммиакатов цинка и гетеролита.

Гальванические элементы, предназначенные для эксплуатации при низких температурах, содержат обычно в электролите хлористый кальций, роль которого в электродных процессах точно не установлена. Можно предполагать, что в условиях низких температур продукты разряда образуют с хлористым кальцием хорошо растворимые вещества. Вероятными представляются также данные о снижении температуры замерзания растворов в присутствии хлористого кальция.

Таким образом, суммарную токообразующую реакцию в солевом марганцево-цинковом элементе без учета вторичных процессов можно изобразить следующими уравнениями



или



Вторичные процессы еще достаточно не изучены и поэтому всех их нельзя в настоящее время принять во внимание при выведении суммарного уравнения. Одной из наиболее вероятных суммарных реакций, которая учитывает основные вторичные процессы, является реакция



В этом уравнении для простоты не принимается во внимание образование фазы переменного состава одним из продуктов реакции — неполным гидратом окиси трехвалентного марганца.

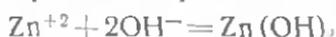
Коэффициент использования цинка в стаканчиковых элементах, где цинк является не только активным веществом, но и материалом конструкции, составляет 8—20%. В остальных случаях коэффициент использования достигает 70—80%.

§ 16. Процессы, протекающие на цинковом электроде при разряде щелочных марганцево-цинковых элементов

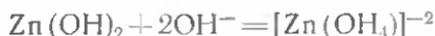
Цинковый электрод в щелочных растворах обладает рядом достоинств, которые обеспечивают высокие характеристики источников тока со щелочным электролитом.

Потенциал цинкового электрода в щелочном растворе, содержащем 300—450 г/л КОН, равен — 1,22 в. При разряде такого электрода поляризация незначительна.

Несмотря на то что разница между равновесными потенциалами растворения цинка и выделения водорода мала, коррозия цинка происходит с незначительной скоростью. Это объясняется высоким перенапряжением выделения водорода на цинке, затрудняющим разряд ионов водорода при коррозии. При разряде происходит переход ионов цинка в раствор. При этом ионы цинка с гидроксильными ионами OH^- щелочного электролита образуют плохорастворимый гидрат окиси цинка



В условиях избытка щелочи гидрат окиси цинка может растворяться с образованием сложных цинкатных ионов



Вторая реакция является чисто химическим вторичным процессом. Образовавшиеся цинкатные ионы $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{-2}$ с ионами K^+ щелочи дают растворимый цинкат калия $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$. При значительном насыщении раствора цинкатом калия вторичная реакция замедляется и продукты разряда выпадают в виде гидрата окиси цинка. Эта гидроокись цинка покрывает сплошной пленкой цинковый электрод и приводит к резкому увеличению поляризации вследствие затруднения доступа гидроксильных ионов OH^- к поверхности электродов.

При разряде цинковых электродов в щелочи наблюдаются не только химический вторичный процесс, но и явление «старения раствора», носящее физическую природу. Сущность этого явления заключается в следующем. Цинкатные растворы, образующиеся при медленных разрядах, могут содержать количест-

во цинката больше, чем содержит насыщенный раствор. Такой раствор называется пересыщенным. Пересыщенные растворы характеризуются своей нестабильностью. При повышении температуры происходит «старение раствора». Из растворов выпадает осадок гидрата окиси цинка или окись цинка. Образование осадка может привести к закупорке пор и экранировке поверхности положительного электрода. С целью снижения скорости «старения» цинкатного раствора в него добавляют кремниевые соединения.

Цинковые электроды, покрытые сплошным слоем гидрата окиси цинка, не могут разряжаться. Если элемент с таким электродом находится в батарее, то при разряде вместо растворения цинка на нем начинается выделение кислорода из воды, имеющейся в растворе. При выделении кислорода происходит значительный сдвиг потенциала цинкового электрода в положительную сторону. При этом потенциал цинкового электрода оказывается положительнее потенциала двуокисномарганцевого электрода. Так происходит изменение полярности, то есть переполюсовка элемента в батарее при образовании сплошной пленки гидрата окиси цинка на поверхности электрода. В одиночном элементе переполюсовка никогда не происходит.

В случае герметичных марганцево-цинковых элементов удается использовать процесс с образованием нерастворимого осадка окиси цинка без существенного ухудшения работоспособности элемента. Это возможно при использовании цинковых электродов из порошкового цинка, которые имеют высокую пористость, и электролитов, предварительно насыщенных окисью цинка.

§ 17. Процессы, протекающие в марганцево-цинковых элементах с горизонтальной разрядной кривой

До 1961 г. считалось, что невозможно создать марганцево-цинковые элементы, у которых в течение разряда напряжение оставалось бы стабильным, а коэффициент использования двуокиси марганца достигал бы 90—100%. Это объяснялось образованием фаз переменного состава при разряде двуокисно-марганцевого электрода и невозможностью поддержания постоянства состава и рН электролита. Токообразующий процесс проходит в обычных марганцево-цинковых элементах не до солей двухвалентного марганца, а до образования неполного гидрата окиси трехвалентного марганца $MnO(OH)$, входящего в фазу переменного состава.

Однако были получены разновидности двуокиси марганца, которые только условно следовало бы называть двуокисью марганца, так как часть атомов кислорода в кристаллической решетке такой двуокиси была замещена гидроксильными группами OH^- . Такая двуокись получила название *гидратированной* двуокиси

марганца. Эта двуокись марганца, находясь в контакте с электролитом, способна обменивать имеющиеся в ней ионы водорода, входящие в состав гидроксильных групп, на ионы металлов из электролита. Такие процессы получили название *ионообменных процессов*. Особенно легко участвуют в ионообменных процессах с двуокисью марганца ионы цинка, которые образуют один из компонентов электролита — хлористый цинк.

При разряде гальванического элемента с гидратированной двуокисью марганца и электролитом, имеющим $\text{pH}=4,6$, создаются условия, когда доля токообразующего процесса



возрастает по сравнению с обычным образованием фазы переменного состава. Необходимая концентрация ионов водорода при разряде в течение некоторого времени обеспечивается за счет ионообменных свойств двуокиси марганца. Ионообменное равновесие во время разряда нарушается, так как во время разряда ионы водорода в растворе образуют воду.

Смещение равновесия вызывает ионный обмен между ионами водорода гидратированной двуокиси марганца и ионами цинка из раствора электролита. Так может поддерживаться достаточно кислая среда, при которой происходит накопление хлористого марганца в растворе. Однако количество ионов водорода в гидратированной двуокиси марганца мало, поэтому наступает при разряде момент, когда электролит начинает подщелачиваться, а доля процесса с образованием фазы переменного состава возрастает. Это наблюдается приблизительно уже после разряда элемента на 10—15% номинальной емкости.

При подщелачивании начинаются вторичные процессы, использование которых позволяет создать условия для дальнейшего протекания токообразующей реакции без расходования компонентов электролита, в том числе даже воды. При вторичном процессе, имеющем чисто химическую природу, т. е. реакции без изменения валентностей элементов, входящих в состав реагирующих веществ, образуется окисел гетеролит $\text{ZnO} \cdot \text{Mn}_2\text{O}_3$



При этом раствор вновь подкисляется из-за образования ионов водорода. Гетеролит выпадает в виде осадка внутри положительного электрода. Весь процесс, включая электрохимическую стадию и вторичную реакцию, происходит через раствор, а не в твердой фазе, как в случае обычно применяемой двуокиси марганца. Небольшая доля твердофазного процесса, происходящего при первоначальном подщелачивании перед наступлением образования гетеролита, не играет существенной роли в общей системе реакций.

Образование осадка гетеролита возможно лишь при некотором пересыщении раствора и происходит постепенно. Для возможности протекания кристаллизации этого вещества объем электролита должен быть возможно малым. Кристаллизация гетеролита облегчается в растворе, содержащем хлористый аммоний. Это объясняется плохой растворимостью в нем гетеролита.

После образования гетеролита суммарный процесс разряда в марганцево-цинковом элементе достаточно прост

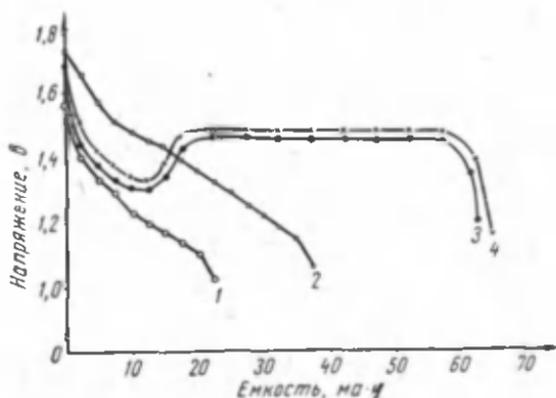


Рис. 18. Разрядные кривые марганцево-цинковых элементов ЧМЦ-2 с разными двуокисями марганца:

1 — негидратированный пиролюзит β — MnO_2 , 2 — слабо гидратированный ГАП γ — MnO_2 , 3 — гидратированная γ — MnO_2 , 4 — гидратированная η' — MnO_2

В уравнение реакций не входят компоненты электролита, поэтому состав электролита не изменяется при разряде.

Твердые вещества положительного электрода — двуокись марганца и гетеролит — имеют различные структуры кристаллов и не образуют фазы переменного состава. Поэтому потенциалы электродов на этой стадии не зависят, согласно уравнению Нернста, от степени разряженности, напряжение элемента стабильно.

Разрядные кривые марганцево-цинкового элемента с гидратированной двуокисью марганца показаны на рис. 18. На этом же рисунке для сравнения приведена разрядная кривая элемента, в котором положительный электрод изготовлен из обычно применяемой двуокиси марганца. Из этого рисунка видно, что для элемента с гидратированной двуокисью марганца емкость почти в два раза больше. Коэффициент использования при этом близок к 100%. На разрядных кривых 3, 4 можно различить участки «провала» и стабильного напряжения. Левый склон «провала» соответствует постепенно возрастающему подщелачиванию рас-

твора электролита. На этой стадии происходит уменьшающееся при разряде образование ионов двухвалентного марганца и переход их в раствор. В районе минимума «провала» образуется осадок гетеролита. Правому склону «провала» соответствует увеличение числа центров кристаллизации гетеролита. Участок стабильного напряжения, занимающий около 80% всей разрядной кривой, характеризуется процессом, протекающим без расходования компонентов электролита и без изменения рН.

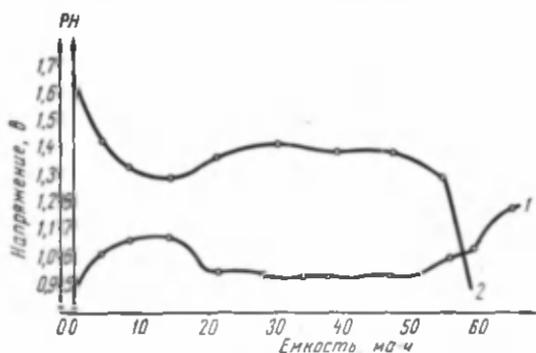


Рис. 19. Изменение рН электролита при разряде элемента ЧМЦ-2 с гидратированной двуокисью марганца $\eta'' - \text{MnO}_2$:

1 — изменение рН, 2 — разрядная кривая, $I = 300 \text{ мА}$

На рис. 19 показано изменение рН электролита при разряде элемента с гидратированной двуокисью марганца. По рисунку видно, что характер изменения рН строго соответствует указанным процессам.

Расположение минимума «провала» разрядной кривой ниже участка стабильного напряжения подтверждает необходимость предварительного пересыщения раствора для возможности образования первых кристаллов гетеролита. Такие «провалы» известны для кривых, характеризующих многие электрохимические процессы, например осаждения металлов из растворов при пропускании электрического тока.

Марганцево-цинковые элементы с гидратированными двуокисями марганца обладают большой удельной энергией — $300 \text{ вт} \cdot \text{ч/кг}$, но весьма малой мощностью. Небольшая мощность таких элементов объясняется тем, что максимально допустимые плотности тока, при которых возможно протекание процессов по указанной выше схеме и получение горизонтальной разрядной кривой, в 5—10 раз ниже, чем в случае применения негидратированной двуокиси марганца.

Замедленной стадией, лимитирующей максимально допустимые плотности тока разряда, является стадия образования и

кристаллизации гетеролита. При разряде элементов с гидратированной двуокисью марганца токами большой плотности наблюдается обычное твердофазное восстановление с образованием твердого раствора $x\text{MnO}_2 \cdot y\text{MnOOH}$. Гетеролит в этих условиях не образуется, так как при слишком быстром подщелачивании доля электрохимического процесса восстановления гидратированной двуокиси марганца до двухвалентного марганца становится ничтожной. Отсутствие достаточного количества ионов двухвалентного марганца делает невозможным протекание вторичного процесса образования гетеролита.

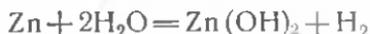
Таким образом, происходит смена процессов восстановления двуокиси марганца через раствор процессами через твердую фазу.

§ 18. Причины саморазряда марганцево-цинковых элементов

Саморазряд марганцево-цинковых элементов с солевым электролитом достигает 30% в год. Главным образом саморазряд связан с процессами, протекающими первоначально на отрицательном цинковом электроде. Вследствие коррозии цинка в электролите накапливаются продукты коррозии. Так как обычно в элементах марганцево-цинковой электрохимической системы цинк вводится по конструкторским соображениям в избытке, то нельзя объяснить снижение емкости в процессе хранения только уменьшением количества активного вещества отрицательного электрода. Даже в случае, когда вследствие коррозии растворится 40—50% цинка, необходимого для разряда элемента на номинальную емкость, в элементе остается достаточно неизрасходованного цинка. В элементах, которые вышли из строя, всегда имеется то или иное количество металлического цинка. При нарушении герметичности элемента из-за неравномерного разрушения цинкового электрода происходит вытекание (или высушивание) электролита. В батареях вытекание электролита приводит к замыканию последовательно соединенных элементов и к ускоренному саморазряду.

Коррозия цинкового электрода заключается во взаимодействии цинка с хлористым аммонием, примесями солей некоторых тяжелых металлов, водой или кислородом, растворенным в воде. Все перечисленные вещества входят в состав солевого электролита.

Реакцию саморазряда вследствие коррозии можно записать с помощью уравнений



Реакции саморазряда в нейтральных или слабощелочных растворах частично предотвращаются образованием защитной пленки окиси или гидрата окиси цинка на поверхности цинкового электрода. В слабокислых растворах, которые обычно чаще всего применяются в качестве электролита, защитная пленка растворяется. Обнажившаяся поверхность цинка оказывается незащищенной от коррозии.

Процесс коррозии резко возрастает при использовании в элементах цинка с примесями металлов, имеющих низкое перенапряжение водорода, или электролитов, загрязненных солями таких металлов. Источником таких загрязнений может быть двуокисномарганцевый электрод. Такие примеси двуокисномарганцевого электрода растворяются в солевом электролите, а затем за счет химической реакции с цинком осаждаются в виде металла на отрицательном электроде. Чаще всего из двуокисномарганцевого электрода переходят на цинк металлы, ускоряющие коррозию — железо, медь, никель, кобальт.

Применение листового цинка с неравномерной кристаллической структурой, которая получается при несоблюдении температурных режимов при изготовлении проката, также ускоряет процессы коррозии.

Коррозия с выделением газообразного водорода немного замедляется при использовании ингибиторов.

Ингибиторами называются вещества, замедляющие скорость химической реакции, но остающиеся после реакции в том же количестве, в котором они были взяты. Для снижения саморазряда цинкового электрода в элемент вводят в качестве ингибитора двуххромовокислый калий $K_2Cr_2O_7$, проводят амальгамацию цинка. Существует точка зрения, что крахмал и мука, применяемые в качестве загущающих добавок к электролиту, содержат органические вещества, проявляющие ингибирующее действие на коррозию цинка. В случае повышенной коррозии раствор электролита насыщается аммиаком цинка $[Zn(NH_3)_2]Cl_2$, который выпадает в виде осадка, вызывая повышенную поляризацию обоих электродов источника тока.

Кислородная коррозия цинка по третьей из приведенных реакций саморазряда играет значительную роль в специфических условиях работы источника тока. Концентрация кислорода в растворе электролита остается постоянной даже в случае протекания кислородной коррозии в герметичных элементах. В этих элементах практически отсутствует газообмен между атмосферным воздухом, с одной стороны, и электролитом и накапливающимися в элементе газами вследствие коррозии цинка, с другой стороны. Это объясняется тем, что количество растворенного кислорода в электролите определяется двумя факторами. Первый из них — равновесие между кислородом в электролите и в положительном электроде.

Кислород в положительном электроде находится в адсорбированном состоянии на графитовых и сажевых добавках и основное его количество находится в самом активном веществе — двуокиси марганца.

Другой фактор — это потребление кислорода из раствора электролита при коррозии цинка, которое приводит к смещению равновесия между концентрациями кислорода в растворе и в положительном электроде. В результате смещения равновесия часть кислорода из положительного электрода поступает в раствор до тех пор, пока вновь не наступит равновесие. Таким образом, при саморазряде вследствие кислородной коррозии цинка происходит бесполезная потеря кислорода, т. е. частичное восстановление двуокиси марганца. Этот процесс не может быть использован для преобразования химической энергии в электрическую и является одной из причин снижения емкости положительного электрода.

Установлено, что потеря кислорода двуокисномарганцевым электродом представляет собой сложный процесс, в котором следует различать самопроизвольную потерю кислорода двуокисью марганца и образование кислорода в результате работы местных микроэлементов, состоящих из графита и двуокиси марганца. При работе таких элементов с поверхности графита в раствор поступает кислород, поддерживающий постоянство концентрации кислорода в электролите.

В недостаточно загерметизированных марганцево-цинковых элементах источником кислорода также является атмосферный воздух.

Саморазряд положительного электрода возможен за счет химического окисления хлористого аммония двуокисью марганца. При этом образуются соли азотной кислоты, которые в свою очередь вызывают усиленную коррозию цинкового электрода. Такие процессы приводят к саморазряду обоих электродов источника тока.

Саморазряд может происходить вследствие окислительно-восстановительных процессов с участием солей металлов, которые существуют в разновалентной форме. Например, в случае загрязнения электролита хлористым железом $FeCl_2$ или хлорным железом $FeCl_3$ наблюдается на положительном электроде окисление хлористого железа до хлорного железа. В этом процессе двуокись марганца является окислителем. Образовавшееся хорошо растворимое хлорное железо на отрицательном электроде окисляет цинк до окиси или гидрата окиси цинка, а само восстанавливается до хлористого железа. Хлористое железо, находящееся в растворе, вызывает восстановление двуокиси марганца на положительном электроде и т. д. Скорость такого процесса обычно велика, и саморазряд элементов, содержащих примеси соединений железа или других разновалентных металлов, на-

столько велик, что элемент саморазряжается в отдельных случаях даже через 1—3 месяца после хранения. Как правило, процесс саморазряда усугубляется появлением на цинке включений металлов с низким перенапряжением водорода, что, в свою очередь, ускоряет саморазряд, но уже за счет водородной коррозии.

В ряде случаев при отсутствии достаточной герметизации источника тока наблюдается саморазряд, но не из-за коррозии цинка или восстановления двуокиси марганца, а вследствие высыхания электролита и выпадения его компонентов в твердом состоянии. В случае полного высыхания раствора резко возрастает полное внутреннее сопротивление элемента и элемент не может работать как источник тока.

Саморазряд может также вызываться образованием короткозамкнутых мостиков из-за нарушения размеров деталей элемента, заусенцев и утолщений на электродах.

Саморазряд марганцево-цинковых элементов представляет собой сложную совокупность физико-химических процессов, обычно находящихся во взаимосвязи друг с другом. Поэтому для выяснения причин повышенного саморазряда конкретного гальванического элемента приходится рассматривать как рецептуру загрязнения активных материалов и электролита, так и качество выполнения отдельных узлов конструкции элемента.

МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И БАТАРЕЙ

Для изготовления марганцево-цинковых элементов и батарей применяются многочисленные и разнообразные по свойствам материалы и вещества. Особенности свойств этих материалов и веществ оказывают непосредственное влияние на качество элементов и батарей.

§ 19. Свойства двуокиси марганца

Активным веществом положительного электрода марганцево-цинковых элементов и батарей является двуокись марганца MnO_2 . Это вещество темно-коричневого или черного цвета, нерастворимое в воде, растворах солей, входящих в состав электролита, в щелочах и во многих кислотах. Концентрированная соляная кислота растворяет двуокись марганца, которая при этом образует растворимый хлористый марганец. Удельный вес двуокиси марганца $4,7 \text{ г/см}^3$.

Двуокись марганца известна в виде нескольких кристаллических разновидностей (модификаций), различающихся строением кристаллической решетки. Наиболее полная и удобная классификация разновидностей двуокиси марганца дана Глемзером и Гаттовым в 1961 г. По этой классификации имеются не-

сколько модификаций — α (альфа), β (бета), γ (гамма), δ (дельта), ϵ (эпсилон), η (эта), различающихся размером кристалла, его формой, особенностями взаимного расположения кристаллов. Кроме того, в пределах каждой модификации существует двуокись марганца, кристаллы которой имеют в той или иной степени скристаллизованную структуру. Такие разновидности называют образцами с «разной степенью кристалличности». Их обозначают индексами в виде штрихов по мере возрастания степени кристалличности. Например, γ' хуже скристаллизована, чем γ'' .

Особенности строения кристаллической решетки играют существенную роль для характеристики качества двуокиси марганца как активного вещества источников тока. Строение кристаллов определяют рентгенографическим способом. Расстояния между плоскостями в кристалле («межплоскостные расстояния»), измеряемые в ангстремах Å^1 , позволяют отнести образец к той или иной модификации.

Расстояния между плоскостями в кристалле соответствуют промежутку между линиями на рентгенограмме.

На рис. 20 приведены типичные рентгенограммы трех модификаций двуокиси марганца, которые нашли широкое применение в источниках тока. $\beta - \text{MnO}_2$ используется в виде природного минерала «пирролюзита» и известна в производстве просто как «руда». Ее рентгенограмма отличается тонкими четкими линиями. Особенно типична для $\beta - \text{MnO}_2$ линия, соответствующая расстоянию $3,10 - 3,12 \text{ \AA}$. $\gamma - \text{MnO}_2$ используется в виде электролитической двуокиси марганца ЭДМ-2 и ГАП, полученного из пирролюзита (ГАП обозначает «активированный пирролюзит»). Рентгенограмма $\gamma - \text{MnO}_2$ характеризуется широкими линиями, число которых невелико. Наиболее четко выражены четыре линии. Линия $3,10 - 3,12 \text{ \AA}$ отсутствует. $\eta'' - \text{MnO}_2$ под названием ИДМ-3 нашла применение при производстве элементов для электрочасов. Это единственная из применяемых в источниках тока разновидностей в достаточной степени гидратирована и обеспечивает горизонтальную разрядную кривую источников тока. Для

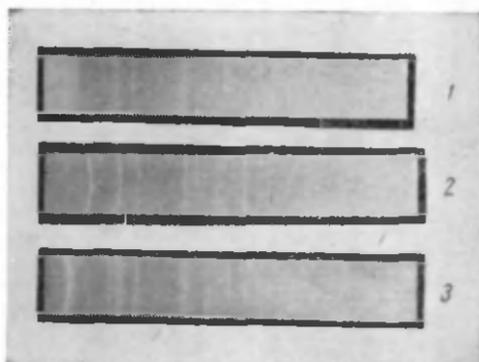


Рис. 20. Рентгенограммы двуокиси марганца:
 1 — $\gamma - \text{MnO}_2$, ГАП, 2 — $\beta - \text{MnO}_2$, пирролюзит,
 3 — $\eta'' - \text{MnO}_2$

¹ Один ангстрем равен 10^{-8} см.

нее наиболее характерны три близко расположенных линии 2,55; 2,40 и 2,35 и одна четкая первая линия 3,99 Å.

В табл. 9 приведены рентгенографические данные для образцов разных двуокисей марганца, используемых в источниках тока.

Таблица 9

Рентгенографические данные образцов двуокиси марганца

Межплоскостные расстояния, Å		
γ — MnO_2 (ГАП)	β — MnO_2 (пирролюзит)	η'' — MnO_2
4,18	3,12	3,99
2,41	2,40	2,55
2,11	2,10	2,40
1,61	1,96	2,35
	1,77	2,12
	1,62	1,89
	1,52	1,62
	1,43	
	1,30	

Одна из особенностей двуокиси марганца заключается в том, что часть атомов кислорода в кристаллической решетке может быть замещена гидроксильными группами OH^- , а в плоскостях между кристаллами могут находиться посторонние ионы металлов. Все эти отклонения от идеального состава MnO_2 возможны лишь при сохранении общей нейтральности зарядов в кристалле. Например, α — MnO_2 обязательно содержит ионы K^+ , Na^+ , η'' — MnO_2 , δ — MnO_2 — гидратированы и содержат OH^- группы. По этим причинам физико-химические свойства — электропроводность, ионный обмен в контакте с электролитом — различны для разных двуокисей марганца.

В табл. 10 приведены величины удельного сопротивления разных двуокисей марганца. Эта величина оказывает существенное влияние на скорость движения электронов при твердофазном восстановлении двуокиси марганца с образованием фаз переменного состава. Чем меньше удельное сопротивление, тем легче осуществляется этот процесс. С другой стороны, диффузия ионов водорода в твердой фазе облегчается с уменьшением степени кристалличности. Наиболее высокие характеристики имеют элементы с электролитической двуокисью марганца ЭДМ-2 и ГАП, которые имеют наименьшее удельное сопротивление и низкую степень кристалличности.

На рис. 21 приведены снимки кристаллов различных двуокисей марганца. Пирролюзит, ГАП, ЭДМ-2 образуют частицы из многих отдельных равноосных кристаллов, гидратированная η'' — MnO_2 — характерна игольчатыми кристаллами.

Таблица 10

Удельное сопротивление образцов двуокиси марганца

Разновидность двуокиси марганца	Удельное сопротивление при давлении $1\tau/\text{см}^2$, Ом-см
γ — MnO_2 — ГАП	1000—1400
γ — MnO_2 — ЭДМ-2	20—50
β — MnO_2 — пиролюзит	70—200
δ — MnO_2	Более 500 000
η'' — MnO_2	20—80

Остальные разновидности двуокиси марганца α , δ , ϵ не нашли применения в источниках тока, так как не смогли обеспечить не-

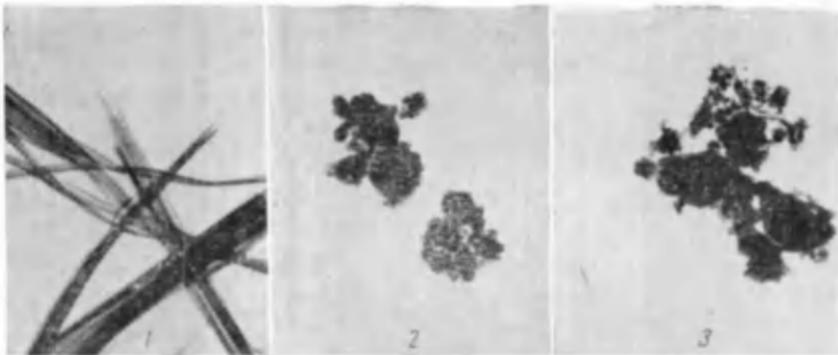


Рис. 21. Форма кристаллов двуокиси марганца (увеличение 31 000 раз):
1 — η'' — MnO_2 , 2 — γ — MnO_2 , ГАП, 3 — β — MnO_2 , пиролюзит

обходимые параметры источников тока. Известны попытки использования аморфной, т. е. не имеющей кристаллического строения δ — MnO_2 ; однако в настоящее время из-за низкой сохранности элементов эта двуокись марганца не применяется.

§ 20. Краткие сведения о получении двуокиси марганца

Месторождения двуокиси марганца встречаются сравнительно редко. В Советском Союзе наиболее высококачественную руду пиролюзит добывают в Чиатурском месторождении в бассейне реки Квирил в Грузинской ССР. Кроме того, имеется низкосортная двуокись марганца на Украине. В других странах имеют мировое значение месторождения в Гане (Африка), Индии, Бразилии, Чили и Японии.

Кроме двуокисномарганцевой руды существуют огромные запасы карбонатных марганцевых руд, содержащих до 20% марганца. Эти руды могут служить сырьем для получения высококачественной двуокиси марганца.

В Чиатурах и в Сибири имеются большие запасы карбонатных руд.

Пиrolюзит выпускают трех сортов: пероксид I, II и III сортов. Для обеспечения требуемых электрических характеристик источников тока применяется, в основном, пероксид I и II сорта. Эта же руда используется как сырье для переработки ее в ГАП. Пероксид I сорта должен содержать, согласно техническим условиям, не менее 87% MnO_2 , а II сорта — 82%. Обычно пиrolюзиты содержат до 9% двуокиси кремния SiO_2 и до 8% воды. В руде I сорта преобладают частицы размером до 3 м. Транспортировка руды производится в крытых вагонах, тщательно очищенных и промытых от пыли, грязи. На элементных заводах руда хранится в специальных сухих и чистых помещениях.

Электролитическая двуокись марганца обеспечивает наиболее высокие показатели источников тока. ЭДМ-2 содержит 88—94% двуокиси марганца и наименьшее из всех применяемых разновидностей количество примесей. Так, например, содержание железа в ней не превышает 0,05%, а соли серной, азотной кислот, так же как и сами кислоты, отсутствуют. Получают эту двуокись марганца из бедных карбонатных руд по способу Х. Г. Пурцеладзе и Л. Н. Джапаридзе.

Производство электролитической двуокиси марганца заключается в получении гидрата закиси марганца и переработке его в двуокись марганца.

Первый из этих процессов представляет собой переработку карбонатной марганцевой руды до гидрата закиси марганца. Карбонатная руда обрабатывается азотной кислотой. При такой обработке в раствор переходят соли азотной кислоты — нитрат марганца и примеси — нитраты железа, кальция, магния и тяжелых металлов. Следующая операция заключается в осаждении примесей с помощью аммиака NH_3 . Сначала выпадают примеси железа, а после более сильного подщелачивания аммиаком — гидрат закиси марганца. Образующаяся в виде побочного продукта аммиачная селитра используется как ценное удобрение в лесском хозяйстве.

При втором процессе производится растворение гидрата закиси марганца в серной кислоте и электролиз полученного раствора серноокислого марганца. При электролизе раствора, т. е. при пропускании постоянного электрического тока через раствор серноокислого марганца, в который погружены графитированные электроды, на положительном электроде накапливается осадок двуокиси марганца. Электролиз проводится в больших ваннах — электролизерах при температуре раствора 85—90°С. Двуокись

марганца, получаемая при низких температурах, непригодна для химических источников тока. Поэтому температурный регламент выдерживается весьма точно. Процесс проводится длительно — около 1200—1800 ч, так как только за такой срок можно получить достаточное количество двуокиси марганца по отношению к весу графитового материала электрода.

После окончания цикла электролиза электролизер отключается, электроды с двуокисью марганца дробятся. Значительная часть графита, имеющего меньший удельный вес, чем двуокись марганца, отделяется. Двуокись марганца размалывается, промывается и сушится. Сушка производится при температуре не выше 110°С. Повышенная температура сушки может привести к перекристаллизации γ — MnO_2 в β — MnO_2 и к снижению качества источников тока с такой двуокисью марганца. Готовая ЭДМ-2 упаковывается в мешки из крафтбумаги.

ГАП получается из пероксида I и II сорта по способу, разработанному С. С. Марковым. ГАП содержит не менее 70% двуокиси марганца, не более 12% окиси железа Fe_2O_3 , не более 15% окиси марганца Mn_2O_3 , не более 0,03% соединений Ni, не более 0,04% соединений кобальта и не более 0,03% соединений меди. Кроме того, ГАП не содержит свободной серной кислоты, а количество солей серной кислоты не должно превышать 0,7%. Допускается содержание до 12% нерастворимых в соляной кислоте примесей, представляющих собой в основном соединения кремния.

Производство ГАПа состоит из двух участков. На первом из них производится восстановительный обжиг пиролюзита во вращающейся печи. При обжиге образуется окись трехвалентного марганца Mn_2O_3 . Второй участок представляет собой систему больших баков, в которых обожженная руда обрабатывается серной кислотой. При такой обработке половина руды переходит в раствор в виде сернокислого марганца, оставшаяся часть образует ГАП. В полученном ГАПе аммиаком нейтрализуются остатки серной кислоты. После кратковременной промывки ГАП сушится.

ГАП поступает на элементные заводы в железных барабанах, лакированных с внутренней стороны, содержащих до 145 кг двуокиси марганца, или крафтцеллюлозных мешках, содержащих 20—30 кг двуокиси марганца.

§ 21. Свойства и получение ацетиленовой сажи

Углеродистые материалы — графит и ацетиленовая элементная сажа, применяемые в качестве электропроводной добавки в активной массе положительного электрода, представляют собой разновидности углерода, имеющие разную форму кристаллов. Активированный уголь вводится в активную массу марганцево-

воздушно-цинковых элементов как вещество, хорошо адсорбирующее кислород воздуха.

Ацетиленовая элементная сажа характеризуется тонкими кристаллами (рис. 22). Существует много различных сортов саж, которые в основном применяются в полиграфической промышленности или входят в состав резины. Однако все эти саж не применяются в химических источниках тока, так как в несколько раз снижают электрические характеристики элементов. Так, например, элементы № 336 с сажей ТМ-100,



Рис. 22. Ацетиленовая сажа (увеличение 60 000 раз)

обычно используемой для изготовления резины, отдают всего 10% номинальной емкости элементов с ацетиленовой элементной сажей. Ацетиленовая сажа должна содержать не более 0,1% влаги, при большем количестве воды наблюдается образование комков, затрудняющих равномерное перемешивание саж с двуокисью марганца. Содержание золы в ацетиленовой саже не превышает 0,02%, а растворимых в ацетоне веществ — не более 0,25%. Удельное сопротивление саж, спрессованной под давлением 1 т/см^2 , составляет 0,003—0,005 $\text{ом} \cdot \text{см}$, а насыпной вес 100 мл вещества равен 5,6—6 г . Ацетиленовая сажа не содержит органических веществ и по этому признаку отличается от большинства других саж, поверхность которых закрыта слоем углеводов.

Такой слой является причиной высокого удельного сопротивления саж, используемых в резиновой промышленности. Поверхность всех частиц ацетиленовых саж достаточно велика и достигает 70—100 $\text{м}^2/\text{г}$. Чем больше поверхность, тем лучше контакт частиц двуокиси марганца с сажей. Эта величина отличается от видимой поверхности, так как в ее состав входит поверхность всех пор между отдельными частицами.

Технологическим параметром является «влагоемкость» саж, показывающая количество раствора электролита, которое может впитывать в себя сажа до получения массы определенной консистенции.

Величина влагоемкости саж является параметром, который в основном определяет количество электролита в положительном электроде элемента. Для того чтобы токообразующий процесс не был лимитирован недостатком электролита, желательно использование саж с большей влагоемкостью. Однако при большой влагоемкости может потребоваться слишком много электролита для того, чтобы получить достаточно механически прочные двуокисномарганцевые электроды. В этом случае снижается количе-

ство двуокиси марганца в электроде и уменьшается номинальная емкость элементов. Поэтому подобрана сажа с оптимальной влажностью, которая, с одной стороны, обеспечивает необходимый запас электролита в положительном электроде, а с другой, достаточное количество активного материала.

Качество саж проверяется в марганцево-цинковых элементах № 336. Эти элементы должны отдавать емкость не менее $1,12 \text{ а} \cdot \text{ч}$ при разряде на внешнее сопротивление 117 ом и не менее $0,75 \text{ а} \cdot \text{ч}$ при разряде на внешнее сопротивление $3,33 \text{ ом}$.

Производство ацетиленовой элементной сажи состоит из трех участков. Первый участок — карбидное отделение, в котором из известняка и угля при высокой температуре в печах получают карбид кальция. Второй — ацетиленовая станция, представляет собой участок, состоящий из ацетиленовых генераторов, в которых при взаимодействии карбида кальция с водой образуется ацетилен. Газообразный ацетилен проходит через компрессоры, которые подают его под давлением на третий участок — в реакторное отделение. Реакторы представляют собой вертикальные герметично закрытые аппараты, выдерживающие высокое давление. Они напоминают орудийные стволы, но с обоих концов закрыты заглушками. Ацетилен поджигается электрической искрой и взрывается внутри реакторов. При взрыве происходит разложение ацетилена на водород и сажу. Готовая сажа упаковывается в мешки из крафтбумаги.

§ 22. Графит

Графит представляет собой темно-серое вещество, кристаллы которого имеют форму пластинок или чешуек. Для графита характерна высокая электропроводность. Удельный вес этого вещества равен $2,22 \text{ г/см}^3$. Термостойкость графита превышает термостойкость многих металлов — при нагревании до 3000°С графит не изменяется. При температуре 3850°С происходит плавление графита.

На территории СССР имеется много месторождений графита, которые обеспечивают промышленность сырьем разных сортов. Основные месторождения графита находятся на Украине, Урале, в Казахстане, Средней Азии, Сибири, на Дальнем Востоке и в Карелии. Запасы графита промышленного значения имеются на острове Цейлон, в Чехословакии, Канаде.

Графит используется не только для производства гальванических элементов и батарей, но также для изготовления карандашей, щеток двигателей, смазочных материалов, при выплавке цветных металлов.

Для гальванических элементов и батарей употребляются наиболее чистые сорта чешуйчатого графита, содержащего возмож-

но меньшее количество примесей. Завальевский графит выпускается двух сортов:

ЭЗ-М — элементный завальевский мелкий;

ЭЗ-К — элементный завальевский крупный.

В элементной промышленности используется также тайгинский графит. Существуют два сорта тайгинского графита:

ЭТ-М — элементный тайгинский мелкий;

ЭТ-К — элементный тайгинский крупный.

Химический состав элементных графитов приводится в табл. 11.

Таблица 11

Химический и фракционный состав элементных графитов

Компоненты	Марка	
	ЭТ-М и ЭЗ-М	ЭТ-К и ЭЗ-К
Зола, %	Не более 14	Не более 14
Влага, %	» » 1	» » 1
Летучие вещества, %	» » 1	» » 1
Соединения меди, %	» » 0,05	» » 0,05
Кобальт	Следы	Следы
Никель	»	»
Свинец	»	»
Мышьяк	»	»
Крупная фракция	Не более 10%	Не более 40%
Мелкая фракция	Не менее 45%	—

Для повышения качества графита его подвергают термической обработке. Термически обогащенный графит дороже обычного, он применяется в ртутно-цинковых элементах, в которых содержание примесей должно быть минимальным.

Графит упаковывается в пыленепроницаемые мешки из четырехслойной крафтбумаги. Вес каждого мешка не более 40 кг.

§ 23. Цинк

Цинк является материалом отрицательного электрода многих типов источников тока, а в некоторых из них и конструктивным материалом.

Цинк — тяжелый металл голубовато-белого цвета с металлическим блеском, удельный вес его $7,1 \text{ г/см}^3$, температура плавления $419,40^\circ \text{С}$. В холодном состоянии он весьма хрупок. При температуре $100\text{—}180^\circ \text{С}$ цинк становится ковким. При этих температурах его можно прокатывать в листы различной толщины. При температуре выше 200°С металл вновь становится хрупким. На поверхности цинка, который хранится во влажных условиях, появляются продукты окисления, образующие серые пятна не-

определенной формы или сплошную серую пленку. Эта пленка состоит из окиси цинка и основного карбоната цинка $ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$. По ГОСТ 3640—65 цинк выпускается нескольких марок — ЦВ; Ц-0; Ц-1 и Ц-2, различающихся содержанием примесей. Изделия из цинка — чушки, прокат в виде цинковых листов толщиной от 0,3 до 1,0 мм и ронделли (т. е. заготовки формы дисков), используемые для изготовления цинковых цилиндрических электродов, выпускаются из цинка Ц-0 или, в крайнем случае, из цинка Ц-1. Допустимое содержание примесей в этих сортах цинка приведено в табл. 12.

Таблица 12

Химический состав цинка

Марка цинка	Содержание Zn, %	Примеси, %				
		Pb	Fe	Cd	Cu	Sn
Ц-0	99,975	0,015	0,007	0,010	0,001	0,001
Ц-1	99,95	0,02	0,015	0,014	0,002	0,001
Ц-2	98,70	1,0	0,05	0,20	0,005	0,002
ЦВ	99,99	0,005	0,003	0,002	0,001	0,001

На цинковой чушке выбивается марка. Кроме того, на торцовую часть чушки наносят окраску: желтый цвет соответствует цинку марки ЦВ, зеленый — Ц-1, красный — Ц-2. В случае Ц-0 окраска отсутствует.

Цинковые ронделли, из которых вытягиваются отрицательные электроды цилиндрических марганцево-цинковых элементов, имеют различный диаметр и толщину. В табл. 13 приведены размеры ронделлей для некоторых элементов.

Таблица 13

Габариты цинковых ронделлей
для отрицательных электродов марганцево-цинковых элементов

Шифр элемента	Диаметр, мм	Толщина, мм
316	13,1	6,3
326	14,8	6,3
332	19,2	3,5
336	19,2	4,5
343	23,4	5,6
373	31,3	5,6

Цинковые листы, применяемые при производстве гальванических элементов и батарей, должны быть гладкими, без вмятин и углублений. На них не должно быть отверстий, следов окисления. Цинковый прокат проверяется на изгиб до 90° при температуре $+15^\circ\text{C}$. При таких испытаниях качественные листы не долж-

ны давать трещин. Цинковый прокат обычно характеризуют по ширине и длине. При этом под длиной понимают направление, в котором происходило вытягивание цинка, независимо от соотношения сторон листа. Поэтому в технических условиях на листы определенных размеров встречаются цифровые обозначения ширины листа больше, чем длины.

Коррозионные и механические свойства изделий, изготовленных из листового цинка, существенно определяются степенью неоднородности его структуры по длине проката. Поэтому в технических требованиях принимается во внимание направление проката.

Металлический цинк получают электролитическим способом. Из рудно-цинковой обманки, содержащей 3—5% сернистого цинка ZnS , путем измельчения и обогащения изготавливают концентрат, в котором находится около 70% сернистого цинка. При обжиге концентрата образуется окись цинка. Окись цинка растворяют в серной кислоте и получают раствор сернокислого цинка. При пропускании электрического тока через раствор сернокислого цинка образуется металлический цинк, который затем переплавляют в чушки. Цинковые чушки прокатывают в листы требуемых размеров. В Советском Союзе известны месторождения цинковых руд на Кавказе, Казахстане, Дальнем Востоке и в Сибири. В основном эти месторождения содержат полиметаллические руды, в которых встречаются свинец, кадмий и другие металлы.

§ 24. Материалы, применяемые для приготовления изолирующих композиций

Материалы, применяемые для изготовления изолирующих композиций марганцево-цинковых и марганцево-воздушно-цинковых элементов и батарей, характеризуются низкой электропроводностью и обеспечивают получение смесей, надежно изолирующих и герметизирующих отдельные узлы или детали химического источника тока.

В качестве основы используются нефтебитумы, каменноугольный пек, парафин, канифоль и озокерит.

Дорожные нефтяные битумы (ГОСТ 1544—52) выпускают двух сортов БН-III и БН-IIIу. Битумы обоих сортов хорошо растворимы в бензоле (98%) и почти не растворяются в воде. Дорожные битумы не содержат кислот и щелочей, но в них находится 0,2—0,3% водорастворимых примесей. При нагревании они плавятся. Температура размягчения для битума БН-III равна 45°С, а для БН-IIIу — 50°С. Из битума, нагретого в течение 5 ч при температуре 160°С, испаряется около 1% летучих продуктов. Дальнейшее повышение температуры приводит к вспышке, которая происходит при температуре выше 200°С.

Строительные нефтяные битумы (ГОСТ 6617—56) выпускаются трех сортов: БН-IV, БН-V и БН-Vк. При растворении в бензине 99% битума переходит в раствор. Температура размягчения битума БН-IV 70°С, а остальных — 90°С. Все строительные нефтяные битумы содержат столько же водорастворимых примесей и летучих продуктов, как дорожные битумы. Температура вспышки строительных битумов не ниже 230°С.

Нефтяной парафин (ГОСТ 784—53) представляет собой смесь высокомолекулярных углеводородов. Этот продукт выпускается трех марок: технический, высокоочищенный и очищенный парафин. Высокоочищенные марки бывают сорта А и Б, очищенные — Г и Д. Температура плавления парафина 50—54°С в зависимости от степени очистки. Чистые сорта парафина имеют более высокую температуру плавления, чем более грязные сорта. Парафин содержит незначительное количество масел (0,6—2,3%), а механические и водорастворимые примеси в нем отсутствуют.

Парафин входит в состав изолирующих композиций, применяемых в основном для пропитки картонных конструктивных деталей элементов.

Канифоль сосновая (ГОСТ 797—64) представляет собой прозрачную стекловидную массу светло-желтого или коричневого цвета. Этот продукт не растворяется в воде, но растворяется в спирте и бензине. Канифоль сорта А размягчается при температуре 68°С, сорта Б — при 60°С, сорта В — при 54°С, сорта К — при 73°С. Расплавленная канифоль имеет высокое удельное сопротивление. Так, например, при 110°С образец сорта К имеет удельное сопротивление $150 \cdot 10^{10}$ ом·см.

Битум «Рубракс» (ГОСТ 781—68) сорта А выпускается в виде неслипающихся между собой гранул. «Рубракс» А растворяется на 99% в хлороформе и сероуглероде, имеет температуру размягчения 125—135°С. При нагревании при 150°С в течение 2 ч из битума испаряется не более 0,1% летучих продуктов. При сжигании битума остается около 0,8% золы.

Средний каменноугольный пек (ГОСТ 1038—65) получается при перегонке каменноугольной смолы и выпускается двух сортов. Пек сорта А имеет температуру размягчения 66—75°С, а сорта Б — 65—83°С. Оба сорта содержат не более 5% влаги и при сжигании их остается не более 0,6% золы.

В некоторые композиции для повышения прочности добавляются наполнители — трепел (ГОСТ 6269—63), гипс (ГОСТ 125—57) или молотый природный мел. Все наполнители должны иметь влажность не более 2% и быть размельченными до такого размера, чтобы частицы наполнителя проходили через сито с 4000 отверстиями на 1 см².

В состав композиций также входят индустриальные масла (ГОСТ 1707—51). Веретенное масло выпускается двух сортов (№ 2 и 3), различающихся вязкостью и температурой, при кото-

рой происходит вспышка. Машинное масло более вязкое по сравнению с веретенным. Существует три сорта машинного масла (Л, С и СУ). Наибольшая температура вспышки (200°C) и вязкость у сорта СУ, наименьшая температура вспышки (180°C) и вязкость у сорта Л.

О з о к е р и т — вещество светло-бурого цвета, имеет температуру каплепадения $60\text{--}80^{\circ}\text{C}$, не содержит воды и водорастворимых кислот и щелочей. В техническом продукте допускается до 3% механических примесей. Озокерит используется для приготовления композиций, в которых пропитывают картонные детали элементов и батарей.

Обычные изолирующие композиции обеспечивают герметизацию элементов при температурах от -20 до $+60^{\circ}\text{C}$. Существуют более хладостойкие изоляционные смеси, предназначенные для более широкого интервала температур от -50 до $+60^{\circ}\text{C}$.

По своему назначению различают пропиточные изолирующие композиции, которые применяются для внутренней изоляции деталей и батарей, и покровные композиции, предназначенные для изоляции секций галетных батарей, цинковых электродов, токоотводов и футляров.

Парафиновая композиция № 1 состоит только из парафина и используется для пропитки угольных стержней и наружной изоляции некоторых крупных элементов.

Парафино-канифольная композиция № 2 включает в себя 75% парафина и 25% канифоли. Она применяется для изоляции колпачков, пропитки картонных изделий, бумажных изолирующих карточек, анодных стаканчиковых батарей и изоляции элементов анодных батарей в футляре и герметизации секций галетных батарей. Композиция № 3, отличающаяся от композиции № 2 большим содержанием канифоли (50%), используется для изоляции концов токоотводов и пропитки бумаги, которой обертываются секции галетных батарей.

Композиция № 4 состоит из 40% битума IV и 60% бензина. С помощью ее изолируются места присоединения токоотводов к цинковым электродам галетных батарей. Для заливки элементов и батарей и для изоляции мест присоединения токоотводов применяются «мягкие смолки» № 5 и 6. Мягкая смола № 5 состоит из 40% битума V, 40% битума III и 20% наполнителя, а смола № 6 — из 50% битума IV, 30% битума III и 20% наполнителя. Эти смолки не размягчаются при температурах от -40 до 60°C .

Твердой смолой № 7 заливаются элементы и батареи. Она изготавливается из 60% каменноугольного пека, 10% битума IV и 30% наполнителя. Парафино-канифольная композиция № 9 (65% парафина и 35% канифоли) используется для пропитки бумажных изолирующих карточек анодных стаканчиковых батарей и для заливки поверхности пасты некоторых элементов.

Концы токоотводов, которые заворачивают в бумагу, изолируются предварительно битумной изоляционной смесью № 10, которая состоит из 85% битума IV, 5% ацетиленовой сажи и 10% машинного масла.

Композиция № 12, состоящая из 58% нефтяного битума «Рубракса» А, 10% битума III, 12% веретенного масла и 20% трепела, используется для заливки элементов и батарей, предназначенных для эксплуатации при температурах от -50 до $+60^{\circ}\text{C}$. Озокеритовая композиция № 14 состоит из 85% озокерита, 15% парафина и применяется для изоляции секций и концов токоотводов малогабаритных батарей.

§ 25. Свойства компонентов электролита и материалов для изготовления конструкционных деталей элемента

Для приготовления солевых электролитов используются хлористый аммоний, хлористый цинк, хлористый кальций, двуххромовокислый калий и серноокислый хром. Обращается внимание на то, чтобы все эти вещества содержали минимально возможное количество соединений железа и тяжелых металлов.

Технический хлористый аммоний NH_4Cl (ГОСТ 2210—51), или нашатырь, представляет собой белое кристаллическое вещество с удельным весом $1,54 \text{ г/см}^3$, при нагревании, не плавясь, разлагается. При 20°C в 100 г воды растворяется $37,5 \text{ г}$ нашатыря, а при 100°C — $77,3 \text{ г}$. При растворении хлористого аммония в воде происходит значительное охлаждение раствора из-за затраты тепла при разрушении кристаллической решетки вещества.

Нашатырь первого сорта содержит не менее 99,5% чистого вещества, не более 1,0% влаги, 0,003% железа и 0,0005% тяжелых металлов. Продукт второго сорта имеет большее количество примесей — 1,5% влаги, 0,01% железа и 0,0025% тяжелых металлов.

Технический плавленный хлористый кальций $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (ГОСТ 450—58) представляет собой белое кристаллическое вещество, поглощающее влагу из воздуха и растворяющееся в этой влаге. В 100 г воды при 20°C растворяется 74,5% хлористого кальция (в пересчете на безводный продукт), а при 100°C — 159 г . Удельный вес хлористого кальция $2,7 \text{ г/см}^3$. Технический плавленный продукт I сорта содержит не менее 67% хлористого кальция и не более 0,02% железа. В продукте II сорта имеется не более 0,05% железа.

Хлористый цинк представляет собой белое кристаллическое вещество с удельным весом $2,9 \text{ г/см}^3$, температурой плавления 313°C , хорошо растворимое в воде. В 100 г воды при 20°C растворяется 368 г хлористого цинка, а при 100°C — 614 г . При растворении хлористого цинка в воде происходит разогревание

раствора из-за химического взаимодействия вещества с растворителем. Растворы хлористого цинка имеют кислую реакцию, рН растворов обычно бывают от 1,5 до 3,5. Из разбавленных растворов выпадают в осадок плохо растворимые вещества, образующиеся при гидролизе хлористого цинка. Из-за гигроскопичности хлористого цинка в нем всегда имеется некоторое количество воды. Это вещество вследствие хорошей растворимости может полностью растворяться в гигроскопической воде и образовывать вязкие густые растворы с большим удельным весом. Обычно состав раствора хлористого цинка приходится корректировать после определения удельного веса раствора с помощью ареометра. В табл. 14 приведен удельный вес растворов хлористого цинка, имеющих разную концентрацию.

Таблица 14

Удельный вес растворов хлористого цинка разной концентрации

Концентрация раствора, %	2	10	20	30	40	50
Удельный вес раствора, $г/см^3$	1,017	1,082	1,087	1,293	1,417	1,568

Хлористый цинк, хлористый кальций и хлористый аммоний являются основными компонентами солевых электролитов марганцево-цинковых элементов.

Сернокислый хром $Cr_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ представляет собой твердое кристаллическое вещество с удельным весом $1,86 г/см^3$. При нагревании до $100^\circ C$ происходит частичная потеря воды, принимающей участие в построении кристаллов. Сернокислый хром хорошо растворяется в воде при $20^\circ C$, но разлагается в кипящей воде. Применяется как добавка в электролит с крахмалом и мукой для ускорения загустевания.

Сулема, или хлорная ртуть $HgCl_2$ (ГОСТ 4519—48), представляет собой твердое белое кристаллическое вещество, плохо растворимое в воде: при $20^\circ C$ в 100 г воды растворяется $2 \cdot 10^{-4}$ г сулемы, а при $43^\circ C$ — 10^{-3} г. При температуре $383,7^\circ C$ происходит разложение сулемы. Удельный вес хлорной ртути равен $5,42 г/см^3$. Сулема очень ядовита: 0,2 г — смертельная доза для человека. Поэтому хранение и работы с применением сулемы производятся под тщательным контролем. Рабочие, отвешивающие и растворяющие сулему или пользующиеся электролитами, содержащими сулему, должны быть обеспечены резиновыми перчатками. Сулема марки ЧДА (чистая для анализа) содержит 99,5% основного вещества, не более 0,02% нерастворимых в воде примесей и 0,0005% железа. В хлорной ртути сорта Ч (чистая) имеется 99% основного вещества, не более 0,5% нерастворимых примесей и 0,001% железа. Сулема применяется для снижения скорости коррозии цинка.

Технический дву хромово кислый калий, или хромпик (ГОСТ 2652—48), представляет собой оранжево-красные кристаллы удельного веса $2,69 \text{ г/см}^3$, плавящиеся при 398°С . При 20°С в 100 г воды растворяется 13 г, а при 100°С —102 г вещества. Технический хромпик высшего сорта содержит 99,6% чистого вещества, первого сорта — 99,3%, а второго сорта — 99% дву хромово кислого калия. Хромпик применяется для снижения скорости коррозии цинка.

Картофельный крахмал (ГОСТ 7699—66) представляет собой твердое мелкокристаллическое белое вещество, нерастворимое в холодной воде, но образующее растворы студенистой консистенции при растворении в горячей воде. Растворы, содержащие крахмал, имеют большую вязкость, величина которой зависит от концентрации крахмала и длительности хранения раствора. В присутствии солей загустевание крахмальных растворов ускоряется. Технический крахмал содержит до 20% влаги и обладает зольностью 0,30—0,35%. Выпускаются два сорта — «Экстра» и «Высший», различающиеся в основном зольностью. Крахмал применяется как загущающее вещество электролитов.

Мука хлебопекарная пшеничная односортовая 72%-ного помола имеет белый цвет с небольшим желтоватым оттенком, содержит не более 15% влаги и имеет зольность не более 0,8%. Применяется как загущающее вещество электролитов.

Для изготовления электропроводного слоя — детали конструкции отрицательного электрода галетных элементов — применяются бутилкаучук, полиизобутилен и бензин БР-1 «Галоша».

Бензин БР-1 (ГОСТ 443—56) представляет собой горючую жидкость, состоящую из смеси углеводородов. При нагревании до температуры 110°С испаряется 93% всей смеси. Бензин применяется как растворитель бутилкаучука и входит также в состав изолирующих композиций.

Низкомолекулярный бутилкаучук представляет собой пластичное вещество, хорошо растворимое в бензине и нерастворимое в воде.

Прокладки, диафрагмы, корпуса и крышки батарей, этикетки изготавливаются из различных сортов бумаги и картона. Для диафрагм элементов с соевым электролитом применяют в основном фильтровальную бумагу и картон, хорошо впитывающие и удерживающие электролит. Диафрагмы ртутно-цинковых элементов делают из щелочестойкого фильтровального картона, который при впитывании щелочного электролита разбухает равномерно по толщине и ширине. Корпуса и крышки, прокладки изготавливают из коробчатого картона, имеющего повышенную прочность по сравнению с другими сортами.

Этикетки элементов и батарей печатаются на писчей и декоративной бумаге. Широкое применение в источни-

ках тока получила кабельная бумага. Эта бумага легко впитывает электролит, композиции и обладает хорошей прочностью. Все применяемые бумажно-картонные материалы не содержат соединений железа и тяжелых металлов и химически устойчивы в солевых электролитах.

КОНСТРУКЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВЫХ И МАРГАНЦЕВО-ВОЗДУШНО-ЦИНКОВЫХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И БАТАРЕЙ

§ 26. Система обозначения и электрические характеристики элементов и батарей

В обозначении гальванических элементов и батарей марганцево-цинковой системы обязательно указывается электрохимическая система источника тока, конструкция, назначение, способность работы в определенном интервале температур, напряжение и емкость. Некоторые элементы и батареи имеют условные цифровые обозначения или наименования.

На первом месте в обозначении элемента указывается напряжение в рекомендованном технических условиях или стандартами режиме разряда. На втором месте ставится буква, характеризующая назначение батареи: А — анодная, предназначенная для питания анодных цепей радиотехнических устройств; Н — накальная, предназначенная для питания нитей накала электронных радиоламп; АНС — анодно-накально-сеточная батарея для питания всех цепей радиотехнических устройств; АН — анодно-накальная; Ф — фонарная, предназначенная для питания осветительных ламп; РЗ — радиозондовая; РЗА — радиозондовая анодная; РЗН — радиозондовая накальная; СТ — слуховая телефонная; П — приборная; СН — слуховая накальная; СА — слуховая анодная; Т — телефонная; Ч — элемент для электрочасов; ЭВ — батарея для электронных ламп-вспышек.

После букв, характеризующих применение источника тока, буквами же указывается электрохимическая система: МЦ — марганцево-цинковая; В или ВД — батарея воздушной деполяризации. В конце буквенного обозначения имеется буква, характеризующая особенности конструкции: Г — галетная; Ч — чашечная. В случае цилиндрических элементов шифр конструкции не указывается.

После указанных обозначений, которые выполняются заглавными буквами, через тире указывается малыми буквами шифр температурного рекомендуемого режима эксплуатации: х — хладостойкий источник тока, предназначенный для зимних условий; у — универсальный, способный отдавать электрическую энергию как в летних, так и в зимних условиях. Если никакого обозначения температурного режима нет, то это обозначает, что источник тока предназначен для летних условий. В некоторых случаях для

обозначения источников тока для летних условий в конце названия ставится буква Л.

Цифры, стоящие в обозначении после температурного шифра, указывают емкость в ампер-часах. В случае, если за ними стоит буква Ч, то вместо емкости отмечается длительность работы в часах в рекомендованных техническими условиями или ГОСТом режиме.

Например: элемент 1,46-НМЦ-60 ч имеет напряжение 1,46 в, предназначен для питания цепей накала, относится к марганцево-цинковой электрохимической системе. Длительность разряда элемента в рекомендованном режиме 60 ч.

Батарея 200-ПМЦГ-0,01 рассчитана на напряжение 200 в, предназначена для питания прибора, имеет галетную конструкцию. Емкость батареи 0,01 а·ч.

В последнее время получили распространение условные номерные обозначения стаканчиковых цилиндрических элементов. Например, элемент 1,6-ФМЦ-У-3,2 имеет шифр № 373 согласно ГОСТ 12333—66.

Номерные обозначения марганцево-цинковых элементов и батарей выбираются на основе специальной размерной таблицы. В такой таблице принимаются во внимание габариты, конструкция, электрохимическая система, порядок расположения элементов в батарее. Условный шифр составляется следующим образом: первые две цифры характеризуют габариты конструкции и электрохимическую систему. Источникам тока марганцево-воздушно-цинковой системы присваиваются номера от 01 до 09. Марганцево-цинковые элементы стаканчиковой конструкции и прямоугольной формы имеют обозначения от 10 до 19. Для цилиндрических элементов используются номера от 20 до 49. Галетные батареи нумеруются от 50 до 79.

В пределах каждой из этих групп имеются источники тока разных габаритов. Ширина и длина прямоугольных элементов или диаметр для цилиндрических элементов характеризуются разными цифрами в пределах указанных групп. Эти цифры не являются непосредственно размерами, а только условными шифрами. Третья цифра в обозначении представляет собой шифр высоты элемента. В элементах и батареях летнего типа (интервал работы — $20 \div +60^\circ \text{C}$) в конце добавляется буква Л, в изделиях универсального типа (интервал работы — $40 \div 60^\circ \text{C}$) — буква У. В обозначении стаканчиковых элементов, существующих в одном варианте, буквенный индекс не добавляется.

Шифр батареи из последовательно соединенных элементов составляется из шифра элемента и числа элементов в батарее. Число ставится впереди шифра на расстоянии, равном одной цифре. Например, батарея из 3 последовательно соединенных элементов № 336 обозначается 3 336. При параллельном соединении элементов после шифра элемента через тире ставится число

элементов. Например, батарея из 3 параллельно соединенных элементов 336 обозначается 336—3. При смешанном соединении шифр последовательно соединенных групп элементов отделяется от шифра параллельно соединенных элементов с помощью наклонной черты. Например, 3 336/336—3. Условная цифровая система соответствует международной системе обозначения. В нашей стране она еще пока имеет ограниченное применение. В настоящее время в основном обозначения только стаканчиковых элементов шифруются по этой системе.

Некоторые батареи получили условные обозначения, не соответствующие общей системе. Например, «Крона-ПЛ» (для летних условий), «Крона-ВЦ» (воздушно-цинковой электро-химической системы).

В табл. 15—21 приведены характеристики некоторых марганцево-цинковых и марганцево-воздушно-цинковых элементов и батарей. Количество выпускаемых источников тока этих систем настолько велико, что приводятся в качестве примера лишь несколько изделий разного назначения.

Таблица 15

Характеристики цилиндрических элементов и батарей марганцево-цинковой системы, предназначенных для радиоаппаратуры, освещения, слуховых аппаратов

Наименование	Начальные характеристики при 20°С		Сохранность, м-цы	Длительность работы в конце срока хранения, ч	Режим разряда		Вес, г
	напряжение, в	продолжительность работы, ч			сопротивление внешней цепи, ом	конечное напряжение, в	
286	1,48	20	3	16	200	1	10
314	1,52	38	6	30	200	1	15
316	1,52	60	9	48	200	1	20
326	1,52	100	9	75	200	1	25
332	1,40	6	6	4,8	20	0,85	30
336	1,40	10	6	7	20	0,85	45
343	1,55	12	18	9	20	0,85	52
373	1,55	40	18	28	20	0,85	115
374	1,55	50	18	35	20	0,85	130
376	1,55	65	18	45,5	20	0,85	165

Примечание. При температуре -40°C продолжительность работы составляет 10% продолжительности работы при $+20^{\circ}\text{C}$.

На рис. 23—34 показаны разрядные кривые марганцево-цинковых элементов при разных режимах разряда. Как видно из этих рисунков, марганцево-цинковые источники тока характеризуются разрядной кривой «падающей» формы. При понижении температуры и увеличении тока емкость снижается, а наклон разрядных кривых увеличивается.

Электрические характеристики анодных марганцево-цинковых батарей

Наименование	Начальные характеристики					Характеристики в конце срока хранения						Условия разряда		Вес, кг
	при температуре +20 + 60 °С			при температуре -20° + 40°С		Срок хранения, месяцев	при температуре +20 + 60°С			при температуре -20° + 40°С		сопротивление внешней цепи, ком	конечное напряжение, в	
	напряжение, в	емкость, а·ч	продолжительность работы, ч	емкость, а·ч	продолжительность работы, ч		напряжение, в	емкость, а·ч	продолжительность работы, ч	емкость, а·ч	продолжительность работы, ч			
160-АМЦГ-0,35	160	0,35	—	—	—	6	—	0,24	—	—	—	11,7	100	1,8
120-АМЦГ-60	120	—	60	—	—	6	—	—	40	—	—	8,75	56	1,3
102-АМЦГ-120	102	—	120	—	—	12	—	—	70	—	—	7	60	2,5
100-АМЦГ-у-2,0	100	2	180	0,22*	21*	15	84	1,6	149	0,05*	5*	7	60	3,35
100-АМЦГ-2,0	100	2	180	0,45*	43**	15	84	1,6	149	0,05**	5**	7	60	3,35
70-АМЦГ-у-1,3	70	1,3	120	0,16*	15*	15	55	1,05	92	0,04*	4*	4,68	40	1,6
70-АМЦГ-1,3	70	1,3	120	0,3**	28**	15	55	1,05	92	0,02**	2**	4,68	40	1,6
13-АМЦГ-у-500 ч	13	—	500	—	100*	18	—	—	200	—	40*	10	8	0,25
13-АМЦГ-500 ч	13	—	500	—	—	12	—	—	200	—	—	10	8	0,25

* При температуре -40° С.
 ** При температуре -20° С.

Характеристики марганцево-цинковых и марганцево-воздушно-цинковых батарей для различной аппаратуры

Наименование	Начальные характеристики			Сохранность, месяцы	Характеристики в конце срока хранения		Условия разряда		Вес, кг	Применение
	напряжение, В	емкость, а·ч	длительность работы, ч		емкость, а·ч	длительность работы, ч	сопротивление внешней цепи, Ом	конечное напряжение, В		
80-АМЦГ-80 ч	80	—	80	10	—	60	30 000	50	0,4	Приборы Слуховые аппараты «Звук»
49-САМЦГ-102 ч	49	—	102	10	—	60	25 000	30	0,25	
1,58-СНМЦ-17 ч	1,58	—	17	10	—	10	10	0,9	0,16	
31-САМЦЧ-0,02	31	0,02	40	6	0,007	14	50 000	20	0,04	Слуховой аппарат «Слух»
1,5-СНМЦ-0,6	1,5	0,6	12	6	0,4	8	25	1,0	0,04	
330-ЭВМЦГ-1000 («Молния»)	330	—	1000*	6	—	—	50 000	240	1,4	Электронная вспышка
«Огонек» **	2,8	—	40	12	—	—	4	2	2,2	Железнодорожный фонарь
«Глобус» **: а) анодная I	145	—	12	6	—	—	16 700	110	1,3	Радиостанция «Недра»
б) анодная II	65	—	12	6	—	—	12 500	55	1,3	
в) накальная	1,4	—	12	6	—	—	5	1,1	1,3	
г) смещения	13	—	12	6	—	—	—	10,8	1,3	
«Шахтер» **	1,7	—	12	12	—	5	4,3	1,1	2,7	Для шахтного радиотелефона

* Для 1000 вспышек лампы.

** Батареи могут работать при температурах ниже 0° С.

Характеристики марганцево-цинковых и марганцево-воздушно-цинковых батарей для питания радиоприемников при непрерывном режиме разряда

Наименование	Начальные характеристики			Сохраняемость, м-цы	Характеристика в конце срока хранения			Условия работы		Применение в радиоприемниках
	напряжение, в	емкость, а·ч	длительность работы, ч		напряжение, в	емкость, а·ч	длительность работы, ч	сопротивление нагрузки, ом	конечное напряжение, в	
54-АСМЦГ-5 л («Энергия»):										
а) анодная	54	5	120	15	49	3,5	80	800	27	Искра, Родина
б) сеточная	4	5	120	15	3,7	3,5	80	60	2	
1,28-НВМЦ-525 л («Экран»)	1,28	525	1100	15	1,2	315	675	2	0,8	Новь
12-АСМЦГ-60 ч («Сфера»):										
а) анодная	123	—	60	12	—	—	45	9000	65	Воронеж
б) сеточная	12,8	—	60	12	—	—	45	940	7	
1,46-НМЦ-60 ч («Спутник»)	1,46	—	60	12	—	—	45	3	0,9	»
75-АМЦГ-22 ч («Радуга»)	75	—	22	8	—	—	16	8000	45	Дорожный
5,6-НМЦГ-22 ч («Рассвет»)	5,6	—	22	8	—	—	16	75	3,8	»
«Крона-1Л»	9	—	20	6	—	—	—	900	5,6	Сокол, Сельга
«Крона-ВЦ»	8	—	60	6	—	—	—	900	5,6	»
1,28-НВМЦ-525 («Девиз»)	1,28	525	1100	15	1,2	315	675	2	0,8	Родина
70-АМЦГ-5 («Дружба»)	70	5	120	15	64	3,5	80	1000	35	

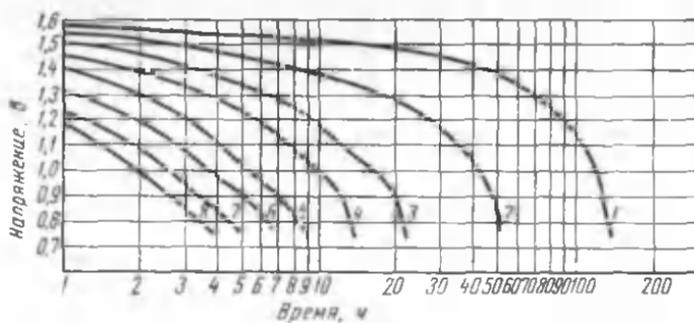
**Характеристики марганцевых
и марганцево-воздушно-цинковых батарей для питания радиоприемников
при прерывистом режиме разряда**

Наименование	Начальные характеристики		Сохранность, м-цы	Продолжительность работы в конце хранения, ч	Условия разряда			Вес батареи, кг ±	Применение в радиоприемниках
	напряжение, в	продолжительность работы, ч			сопротивление, Ом	конечное напряжение, в	количество часов разряда в сутки		
54-АСМЦ-5 л:									
а) анодная	60	1000	15	700	7600	30	4	7	Искра, Родина
б) сеточная	4	1000	15	700	600	3	4		
1,28-НВМЦ-525 л	1,28	1200	15	840	5,5	0,95	4	6,5	Новь
75-АМЦГ-22 ч	—	30	8	20	8000	45	3	0,36	Дорожный
5,6-НМЦГ-22 ч	—	30	8	20	75	3,8	3	0,34	»
1,28-НВМЦ-525	1,28	665	15	500	2	0,85	4	6,5	Родина
70-АМЦГ-5	76	725	15	565	7600	40	4	8,5	»

Характеристики телефонных, фонарных и приборных элементов и батарей

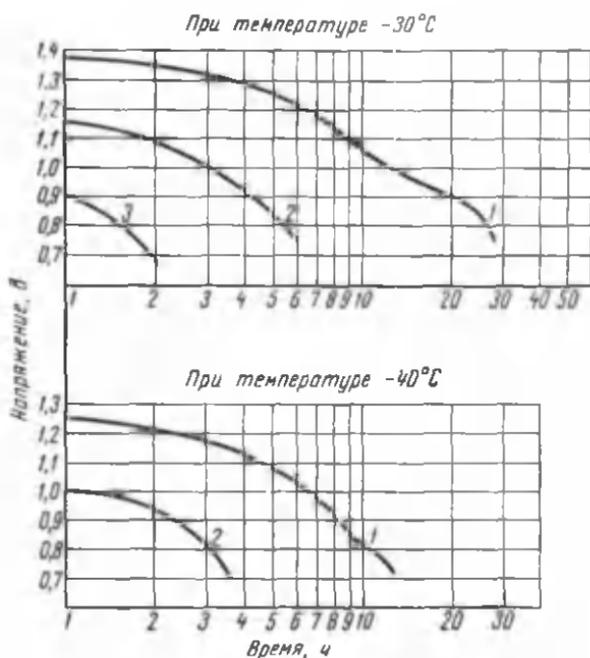
Наименование	Начальные характеристики			Сохранность, м-цы	Характеристика в конце срока хранения		Режим разряда		Вес, кг
	напряжение, в	емкость, а-ч	продолжительность работы, ч		емкость а-ч	продолжительность работы, ч	сопротивление нагрузки, ом	конечное напряжение, в	
1,35-ТВМЦ-50	1,35	50	570	15	30	300	10	0,7	0,6
1,30-НВМЦ-150	1,3	150	800	15	80	450	5	0,7	1,7
1,3-НВМЦ-500 («Прибой»)	1,3	—	500	12	—	170	4,5	0,85	2,0
1,3-НВМЦ-1500 («Волна»)	1,3	—	1500	15	—	750	4,5	0,85	5,0
400-ПМЦГ-10 ч	400	—	10	6	—	—	1,0*	250	0,25
87-ПМЦГ-70 ч	87	—	70	12	—	40	28000	50	0,45
22,5-ПМЦГ-60 ч	22,5	—	60	6	—	40	9000	15	0,1
1,46-ТМЦ-7,5	1,46	7,5	—	12	—	—	10	0,7	0,3
1,6-ТМЦ-у-8	1,6	8	—	12	—	—	10	0,7	0,3
1,6-ТМЦ-у-28	1,6	28	280	18	23	230	10	0,7	0,7
1,5-ТМЦ-29,5	1,5	22,5	280	18	—	—	10	0,7	0,7
1,46-НМЦ-60 ч	1,46	—	60	12	—	45	3	0,91	1,3

* Ток, ма.



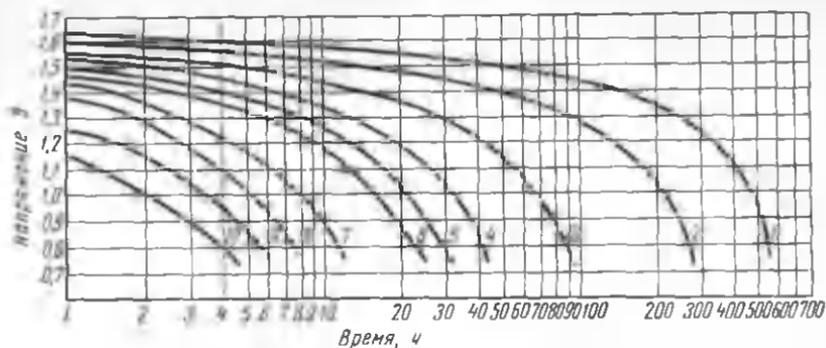
<i>N</i> кривой	1	2	3	4	5	6	7	8
Разрядный ток, мА	5	10	20	30	40	50	60	70

Рис. 23. Кривые непрерывного разряда элементов № 316 при комнатной температуре



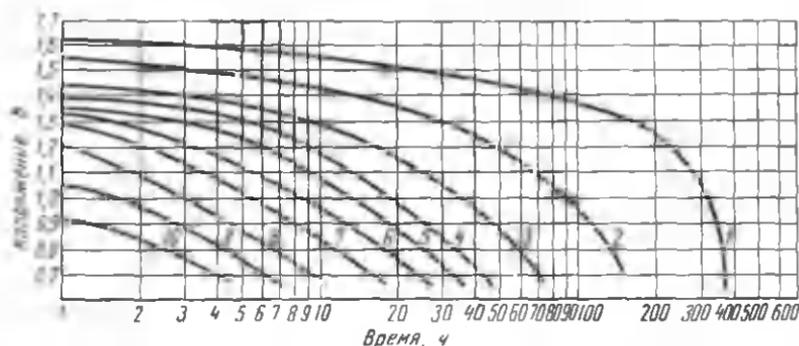
<i>N</i> кривой	1	2	3
Разрядный ток, mA	5	10	20

Рис. 24. Кривые непрерывного разряда элементов № 316 при -30 и -40°C



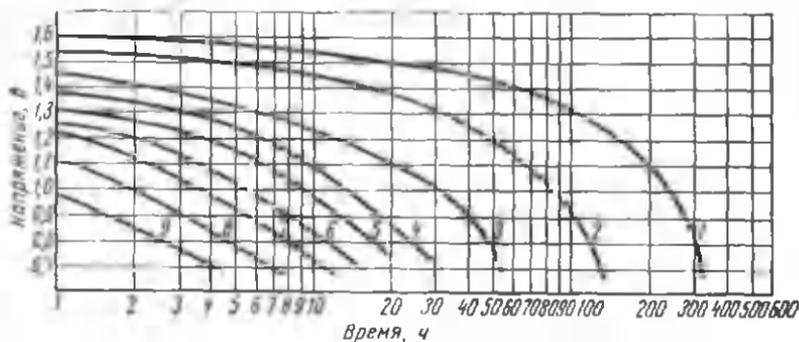
№ кривой	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Разрядный ток, мА	20	40	60	80	100	150	200	250	300	350

Рис. 25. Кривые непрерывного разряда элемента № 373 при комнатной температуре



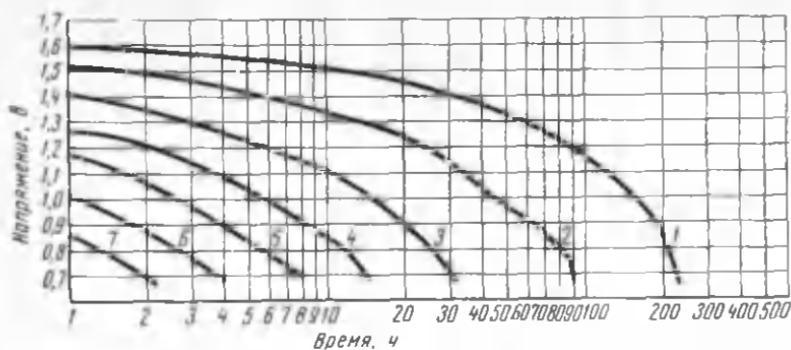
№ кривой	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Разрядный ток, мА	10	20	40	60	80	100	150	200	250	300

Рис. 26. Кривые непрерывного разряда элемента № 373 при температуре +10°С



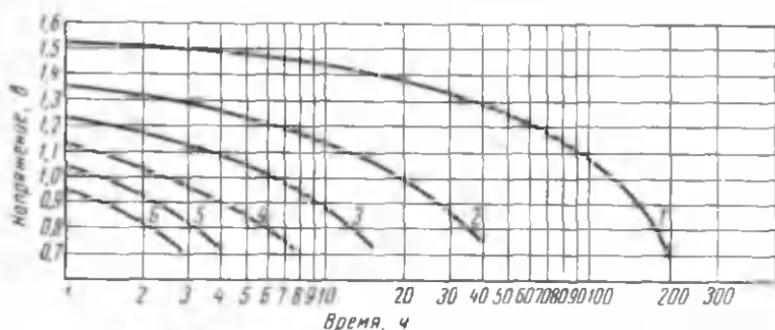
№ кривой	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Разрядный ток, мА	10	20	40	60	80	100	150	200	250

Рис. 27. Кривые непрерывного разряда элемента № 373 при температуре 0°С



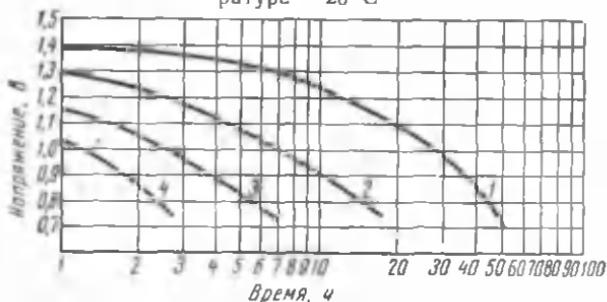
№ кривой	1	2	3	4	5	6	7
Разрядный ток, мА	10	20	40	60	80	100	150

Рис. 28. Кривые непрерывного разряда элемента № 373 при температуре — 10° С



№ кривой	1	2	3	4	5	6
Разрядный ток, мА	10	20	40	60	80	100

Рис. 29. Кривые непрерывного разряда элемента № 373 при температуре — 20° С

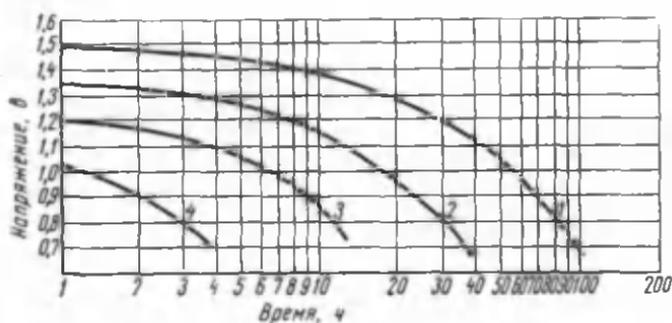


№ кривой	1	2	3	4
Разрядный ток, мА	10	20	40	60

Рис. 30. Кривые непрерывного разряда элемента № 373 при температуре — 30° С

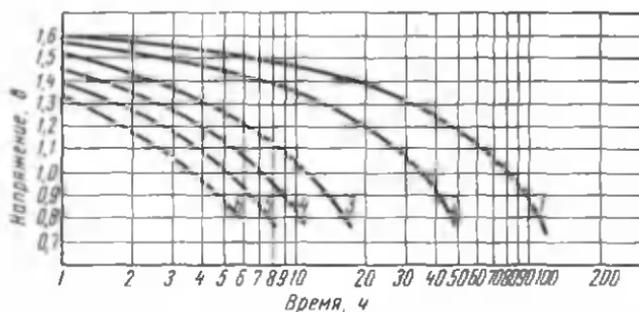
Характеристики герметичных пуговичных и часовых марганцево-цинковых элементов

Наименование	Вес, г	Емкость, а·ч	Напряжение, в	Ток разряда, мА	Сохранность, м-цы	Габариты, мм	
						диаметр	высота
МЦ-1к	4,1	0,1	1,48	2,2	1,5	15,6	4,4
МЦ-2к	8,2	0,3	1,48	2,2	15	21,0	2,6
МЦ-3к	14,5	0,4	1,48	10	15	25,5	9,4
МЦ-4к	21,5	0,9	1,48	10	15	30,1	3,6
ЧМЦ-2	1,5	0,065	1,63	0,3	18	11,1	8,4



N кривой	1	2	3	4
Разрядный ток, мА	10	20	40	60

Рис. 31. Кривые непрерывного разряда элемента № 373 при температуре -40°C



N кривой	1	2	3	4	5	6
Разрядный ток, мА	10	20	40	60	80	100

Рис. 32. Кривые непрерывного разряда элемента № 343 при температуре $+10^{\circ}\text{C}$

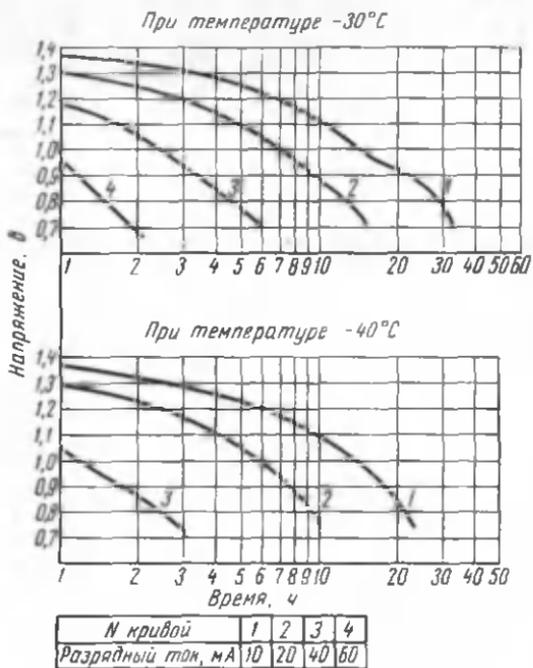


Рис. 33. Кривые непрерывного разряда элементов № 343 при температурах -30°C и -40°C

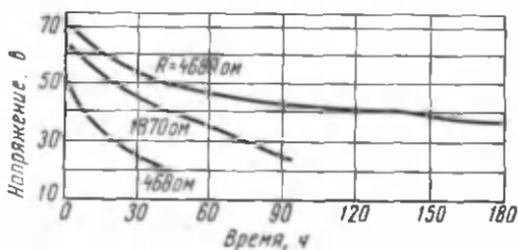


Рис. 34. Разрядные кривые галетной батареи 70-AMЦГ-y-1.3 при разных сопротивлениях внешней цепи

§ 27. Конструкция стаканчиковых марганцево-цинковых и марганцево-воздушно-цинковых элементов и батарей

Советской промышленностью выпускаются более десяти типов цилиндрических стаканчиковых элементов, предназначенных для питания радиотехнической и осветительной аппаратуры. Эти элементы имеют диаметр от 10,5 до 34 мм, высоту от 37 до 91 мм и вес от 10 до 165 г. На рис. 35 показаны цилиндрические элементы № 312, 314, 316 и 326. Элемент № 336 входит в состав батарей КБС-Х-0,70 для карманных фонарей. Элемент № 373 (рис. 36), имеющий торговое название «Марс», является самым распространенным гальваническим элементом.

Батареи из цилиндрических элементов представляют собой изделия с параллельным, последовательным или смешанным соединением элементов. Они имеют картонные, реже — металлические корпуса.

Рассмотрим особенности конструкции цилиндрических элементов на примере элемента № 373. На рис. 36 показан внешний вид элемента и его деталей, а на рис. 37—40 показана их конструкция.

Рассмотрим по рис. 36 детали цилиндрического элемента.

Положительный электрод 3 цилиндрического элемента 1 представляет собой угольный стержень 10 с напрессованной на него активной массой. Такой электрод (рис. 37) часто называют «положительным полюсом», или «агломератом»¹. Хотя оба эти названия не очень точны, но широко распространены в специальной литературе и технической документации. На верхнюю, не покрытую активной массой часть угольного стержня надевается латунный колпачок 11. Угольный стержень с колпачком, а также компоненты активной массы — сажа и графит — предназначаются для подведения электронов к двуокиси марганца при разряде элемента.

Отрицательный электрод 6 представляет собой цинковый цилиндрический стакан, который выполняет также конструктивную функцию, являясь корпусом (рис. 37) элемента. Поэтому общее количество цинка в элементе превышает требуемое для электрохимической реакции. На производстве цинковый электрод часто не совсем правильно называют «цинковым полюсом».

Для предотвращения замыкания цинкового и двуокисномарганцевого электродов между ними помещаются бумажные или картонные прокладки. В нижней торцевой части агломерата располагается картонная чашечка 7, конструкция которой показана на рис. 38.

¹ Агломератом в широком понимании называют группу соединенных между собой твердых частиц разной формы, размера и состава.



Рис. 35. Цилиндрические марганцево-цинковые элементы

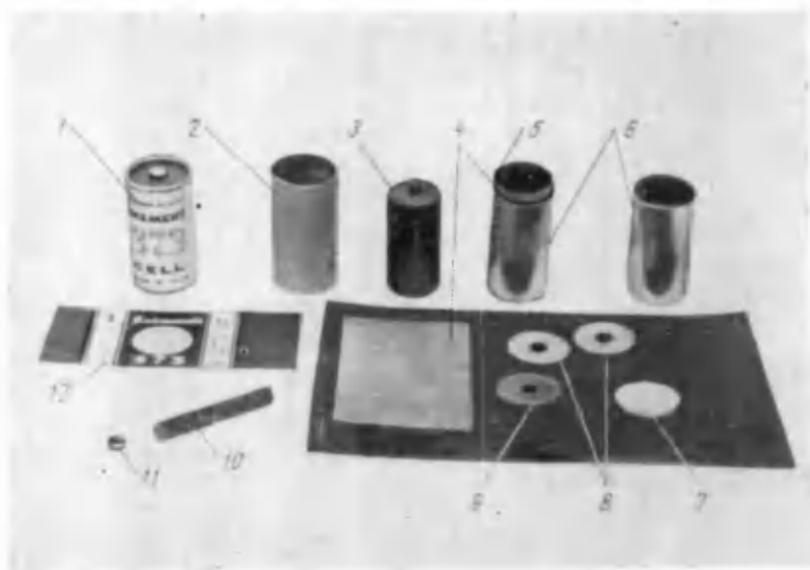


Рис. 36. Внешний вид элемента № 373 «Марс» и его деталей:
 1 — внешний вид элемента, 2 — футляр-гильза, 3 — положительный электрод, 4 — пастовая диафрагма, 5 — перекрытие краев пастовой диафрагмы, 6 — цинковый отрицательный электрод, 7 — картонная чашечка, 8 — картонные шайбы, 9 — верхняя декоративная картонная шайба, 10 — угольный стержень, 11 — колпачок, 12 — этикетка

По цилиндрической части положительного электрода меж-электродные замыкания предотвращаются диафрагмой 4 (см. рис. 36). Диафрагма представляет собой пропитанную в элек-

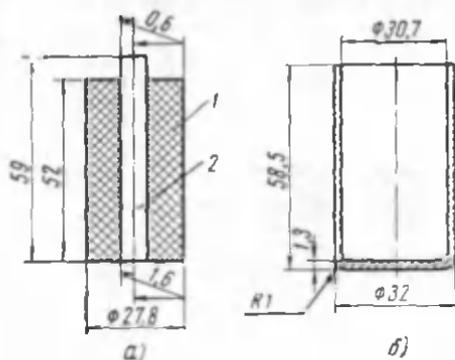


Рис. 37. Электроды элемента № 373:

а — агломерат, *б* — цинковый электрод;
1 — агломератная масса, 2 — угольный стержень

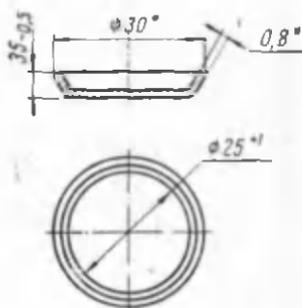


Рис. 38. Чашечка из коробчатого картона для элемента № 373

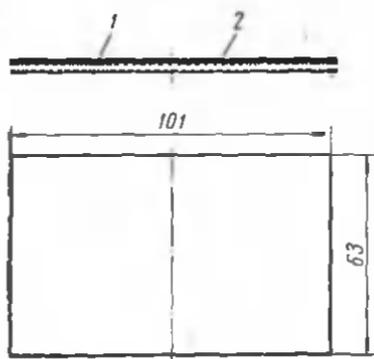


Рис. 39. Пастовая диафрагма элемента № 373:

1 — кабельная бумага, пропитанная в электролите, 2 — паста с нанесенным на поверхности слоем крахмала

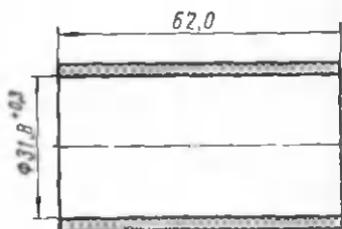


Рис. 40. Гильза-футляр элемента № 373 (гильза склеена из 3 слоев бумаги и проварена в композиции)

тролите картонку из кабельной бумаги. Картонка сворачивается в виде цилиндра так, чтобы края ее 5 перекрывали друг друга. На наружной стороне картонки, прилегающей к поверхности цинкового стакана, имеется паста (рис. 39), состоящая из электролита и загущающего вещества, которое придает пасте вид застывающего студия (геля). Такая диафрагма со слоем загущенного электролита называется пастовой диафрагмой, а слой загущенного электролита — пастой.

В верхней части элемента на угольный стержень надеваются картонные шайбы 8 (см. рис. 36), пропитанные в парафиновой композиции. Одна из шайб располагается над положительным электродом, а другая выше, на некотором расстоянии от нижней шайбы. Пространство между двумя шайбами получило название «газового пространства». В нем накапливаются газообразные продукты при разряде или саморазряде элемента (водород, ам-

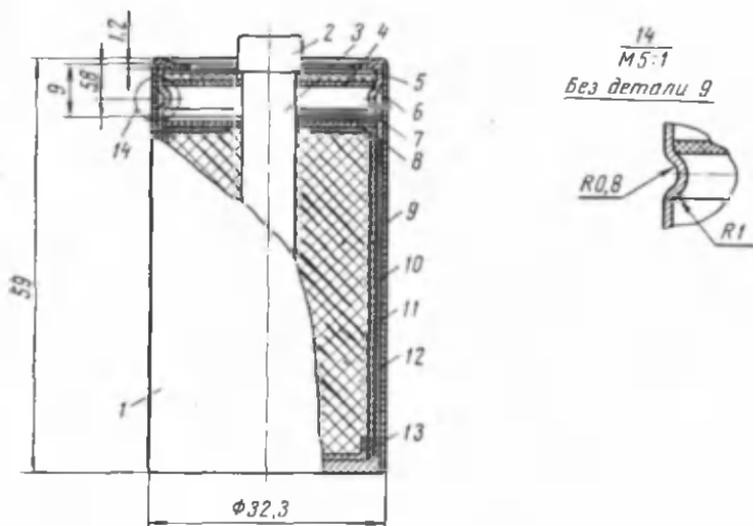


Рис. 41. Конструкция стаканчикового цилиндрического элемента № 373:

1 — этикетка, 2 — колпачок, 3 — угольный стержень, 4 — верхняя шайба, 5 — декоративная шайба, 6 — битумная композиция, 7 — газовое пространство, 8 — нижняя шайба, 9 — футляр, 10 — отрицательный электрод, 11 — пастовая диафрагма, 12 — положительный электрод, 13 — картонная чашечка, 14 — галтель

миак). Для жесткой фиксации верхней шайбы при сборке элемента на цинковом стакане делается поясok-галтель, изменяющий профиль верхней части стакана. Форма этого пояска видна на рис. 41, на котором показано расположение деталей и конструкция элемента.

Сверху второй картонной шайбы заливается изолирующая композиция, герметизирующая элемент и предотвращающая высыхание электролита. Над слоем композиции имеется дополнительная картонная защитно-декоративная шайба. Она предназначена для предотвращения вытекания размягченной композиции при эксплуатации элемента в чрезмерно теплых условиях и для улучшения внешнего вида источника тока. Снаружи цинкового электрода одевается защитно-декоративная картонная гильза-футляр. Для элементов тропического исполнения она про-

питывается специальными противогрибковыми составами и парафинируется. Снаружи гильзы располагается бумажная этикетка с обозначением элемента. Некоторые элементы (например, № 316) выпускаются без гильзы, этикетка наклеивается непосредственно на наружную поверхность цинкового стакана.

Рассмотрим некоторые особенности конструкции других цилиндрических элементов. Элементы № 336 (рис. 42) вместо пастовой диафрагмы содержат митка-

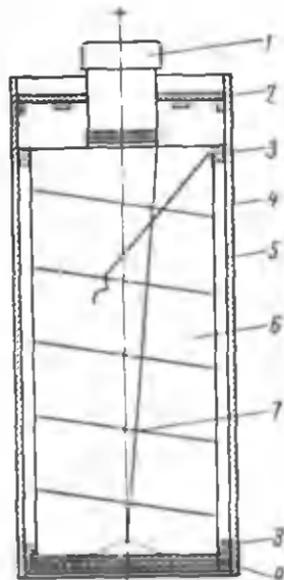
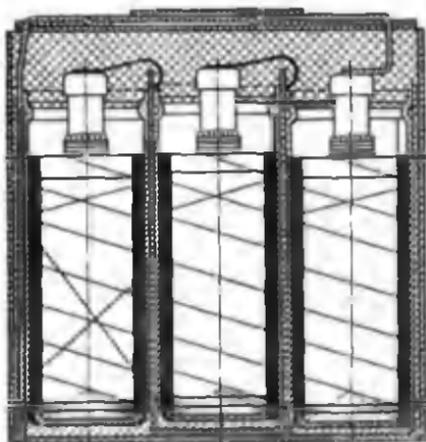


Рис. 42. Конструкция элемента № 336:

1 — латунный колпачок, 2 — картонные шайбы, 3 — изолирующая композиция, 4 — электролит, 5 — цинковый электрод, 6 — положительный электрод, обернутый в миткалевую карточку, 7 — связочная нить, 8 — центрирующая изолирующая чашечка, 9 — прокладка



а)



Рис. 43. Батарея КБС-Л-0,5:

а — конструкция, б — внешний вид

левую (тканевую) диафрагму, пропитанную в электролите. Положительный электрод б обматывается миткалевой карточкой, которая укрепляется нитками 7. Межэлектродное пространство заполняется электролитом 4, загустевающим после сборки эле-

мента. Таким образом, миткалевая диафрагма как деталь элемента изготавливается без слоя загущенного электролита. На рис. 43 показаны внешний вид и конструкция батарей для

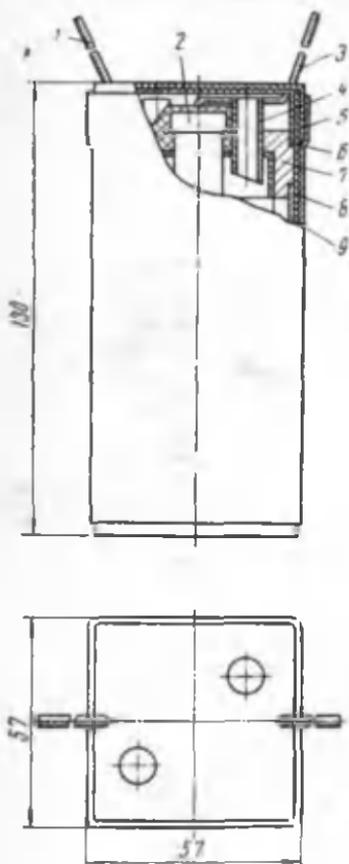


Рис. 44. Конструкция элемента 1,35-ТВМЦ-50:

1 — синий токоотвод из провода МГВ, 2 — колпачок, 3 — красный токоотвод из провода МГВ, 4 — картонная гильза, 5 — этикетка-оклейка, 6 — крышка, 7 — битумная композиция, 8 — корпус, 9 — этикетка

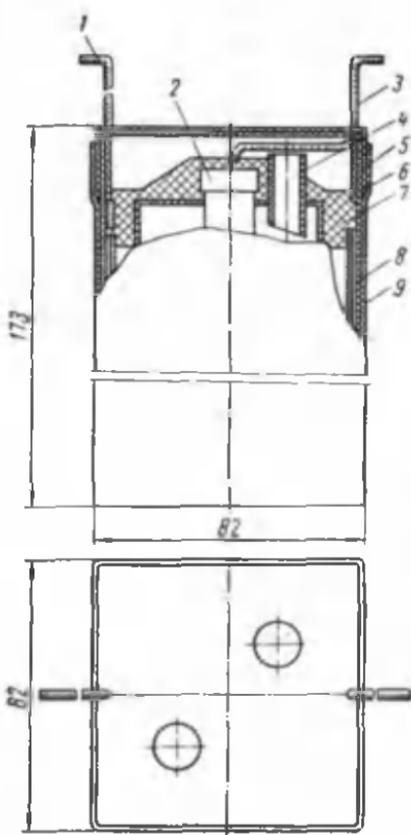


Рис. 45. Конструкция элемента 1,30-НВМЦ-150:

1 — токоотвод из синего провода МГВ, 2 — колпачок, 3 — токоотвод из красного провода МГВ, 4 — гильза, 5 — этикетка-оклейка, 6 — крышка, 7 — битумная композиция, 8 — корпус, 9 — этикетка

карманного фонаря КБС-Л-0,50 ГОСТ 2583—60. Батарея состоит из 3 последовательно соединенных элементов № 336 и имеет ленточные контактные токоотводы из белой жести (ГОСТ 5343—54 и 7530—61).

Для предотвращения случайного замыкания токоотводов они заклеиваются (бандажируются) бумагой. Футляр батарей изго-

тавливается из кабельной бумаги, шпунльной бумаги и обеспечивает механическую прочность батареи.

Стаканчиковую конструкцию имеют марганцево-воздушно-цинковые элементы 1,35-ТВМЦ-50 и 1,30-НВМЦ-150 (рис. 44, 45). Отрицательные электроды этих элементов представляют собой цинковые стаканы прямоугольного сечения. С помощью картонных гильз 4 к положительному электроду поступает кислород воздуха, обеспечивающий нормальную работу элемента. На крышке элемента 6 имеется отверстие, заклеенное этикеткой 5. Перед эксплуатацией этикетку над отверстием крышки прокалывают и воздух поступает в элемент. Токоотводы 1, 3 элементов изготавливаются из многожильного медного провода МГВ 0,35 мм² в сечении и имеющего полихлорвиниловую изоляцию красного или синего цвета. Токоотводы припаяны к цинковому стакану и к колпачку 2 угольного стержня. Накальные батареи большой емкости — «Прибой», «Волна», «Девиз», «Экран» (рис. 46) — изготавливают из элементов такой конструкции. Эти батареи имеют различное устройство выводных клемм. На рис. 47 показана клеммная колодка батареи 1,28-НВМЦ-525П («Экран»).

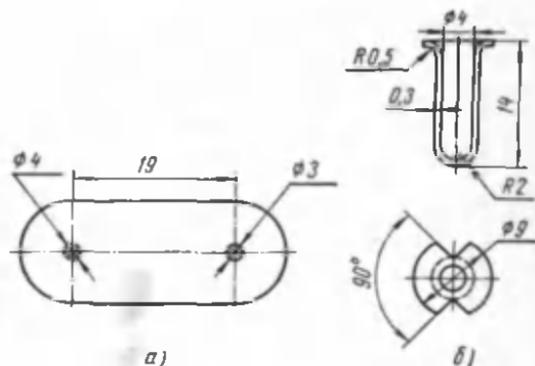


Рис. 46. Внешний вид батареи 1,28-НВМЦ-525П «Экран»

Цинковые прямоугольные электроды имеют элементы 145Л, 145У, 165Л, 165У. Токоотводы этих элементов выполняются проводом в резиновой, хлопчатобумажной или полихлорвиниловой изоляции.

Рис. 47. Устройство клеммной колодки батареи 1,28-НВМЦ-525П «Экран» и 29-ГРМЦ-13:

а — клеммная колодка, б — контакт



§ 28. Конструкция галетных марганцево-цинковых элементов и батарей

Галетные элементы в отличие от стаканчиковых элементов используются в основном только в составе батарей.

Конструкция галетного элемента показана на рис. 48. Цинковый электрод 2 представляет собой пластину, которая с одной стороны имеет электропроводный слой 1 из графита и других компонентов. Этот слой обладает электронной проводимостью, непроницаем для ионов электролита и является токоотводом положительного электрода соседнего элемента. С другой стороны цинкового электрода располагается пастовая диафрагма 3. Эта диафрагма имеет на поверхности, обращенной к цинку, слой загущенного электролита.

Большие галетные элементы, например элементы батарей «Энергия», имеют дополнительную диафрагму из картона. В малогабаритных элементах, например в батареях «Крона-1Л»¹, дополнительные диафрагмы не применяются.

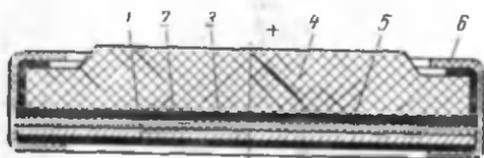
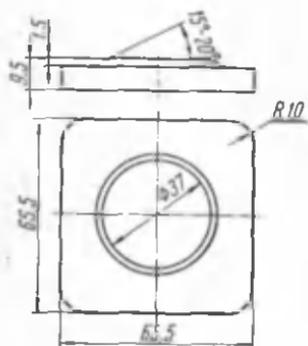


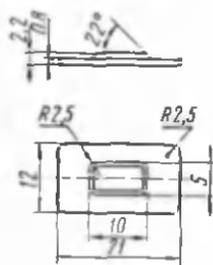
Рис. 48. Конструкция марганцево-цинкового галетного элемента:

1 — электропроводный слой, 2 — цинковый электрод, 3 — пастовая диафрагма, 4 — положительный электрод, 5 — афишная бумага, 6 — полихлорвиниловое кольцо

Положительный электрод 4 имеет форму брикета с выступом, которым электрод прижимается к электропроводному слою соседнего элемента. Положительный электрод заворачивается в афишную



а)



б)

Рис. 49. Положительные электроды галетных элементов:

а — элемент батареи «Энергия», б — элемент батареи «Крона-1Л»

¹ В настоящее время выпускаются также батареи «Крона-ВЦ», относящиеся к воздушно-цинковой электрохимической системе и имеющие другую конструкцию, но такой же внешний вид, как «Крона-1Л».

бумагу 5, предохраняющую от появления межэлектродных замыканий из-за кусочков отколовшейся от агломерата активной массы.

Все детали элемента стягиваются в единый узел полихлорвиниловым кольцом 6, края которого подгибают, обеспечивая достаточную герметичность элемента.

На рис. 49—51 показана конструкция электродов и диафрагм элементов батарей «Энергия» и «Крона-1Л».

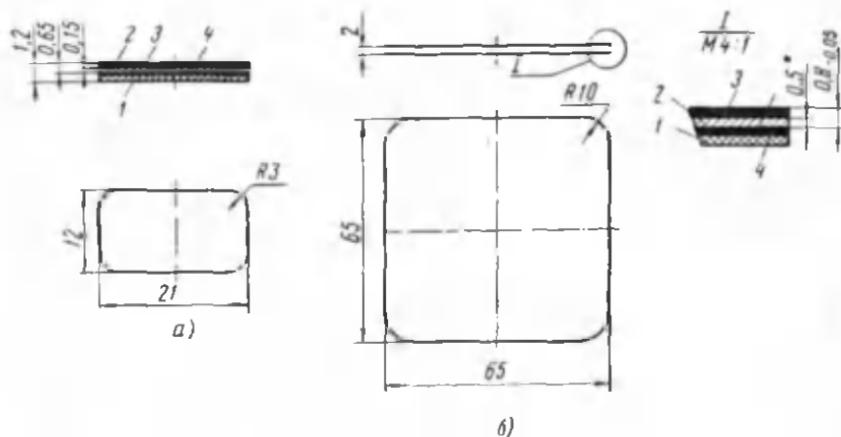


Рис. 50. Отрицательные электроды галетных элементов:

а — электрод элемента батарей «Крона-1Л», б — электрод элемента батарей «Энергия»; 1 — электропроводный слой, 2 — бумажный слой диафрагмы, 3 — пастовый слой диафрагмы; 4 — цинковая пластина

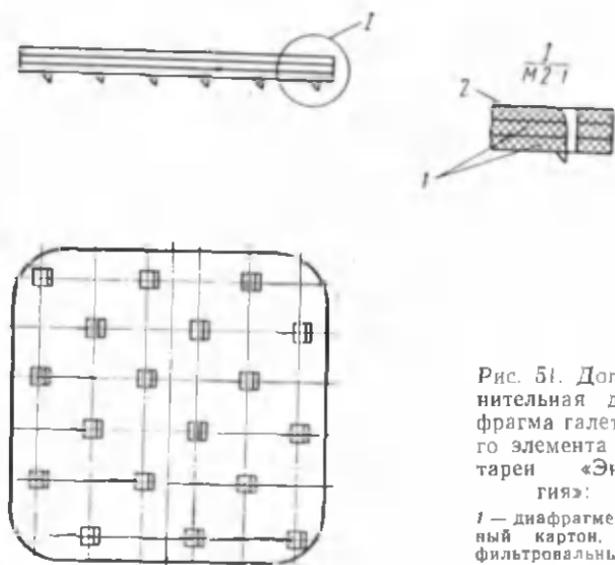


Рис. 51. Дополнительная диафрагма галетного элемента батарей «Энергия»:

1 — диафрагменный картон, 2 — фильтровальный картон



Рис. 52. Внешний вид деталей элементов и секций галетной батареи «Энергия»:

1 — положительный электрод, 2 — собранный элемент, 3 — картонные прокладки секции, 4 — бандаж секции, 5 — положительный токоотвод от крайнего элемента секции, 6 — бумага для обертывания положительного электрода, 7 — диафрагма, 8 — отрицательный электрод с электропроводным слоем и диафрагмой, 9 — кольцо из полихлорвиниловой пленки

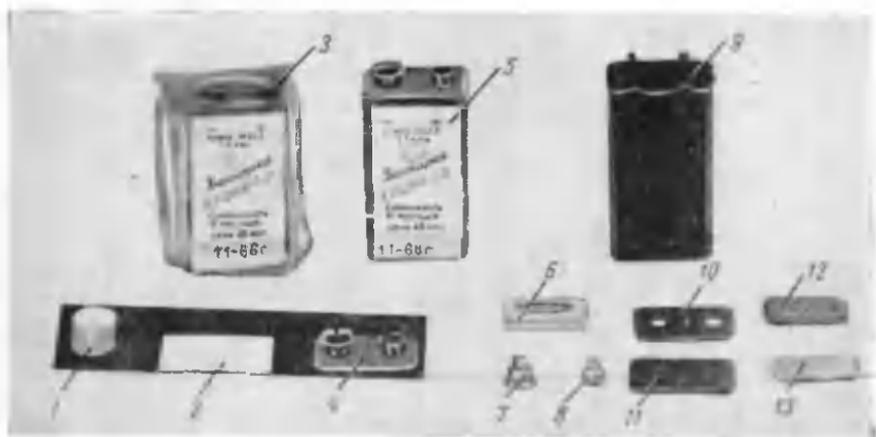


Рис. 53. Внешний вид батареи «Крона-1Л» и ее деталей:

1 — изолирующее кольцо из полихлорвиниловой пленки, 2 — бумажная обертка положительного электрода, 3 — батарея, упакованная в полиэтиленовую пленку, 4 — клеммная колодка с контактами, 5 — общий вид батареи, 6 — собранный элемент, 7 — отрицательный контакт, 8 — положительный контакт, 9 — футляр батареи, 10 — клеммная колодка, 11 — доннышко корпуса батареи, 12 — положительный электрод, 13 — отрицательный электрод с диафрагмой и электропроводным слоем

Секции состоят из последовательно соединенных галетных элементов и входят в состав батареи. Внешний вид батарей, секции и деталей элементов показан на рис. 52, 53.

Рассмотрим конструкцию секций батарей «Энергия» и «Крона-1Л».

У батарей «Энергия» два типа секций — анодная и комбинированная анодно-сеточная. Анодная секция показана на рис. 54. Эта секция состоит из 32 элементов и имеет токоотводы только от крайних элементов. В секции выступ положительного электрода соприкасается с электропроводным слоем соседнего элемента. Таким образом, на одном конце анодной секции имеется электропроводный слой отрицательного электрода последнего элемента, а на другой — выступ агломерата первого элемента. К выступу положительного электрода первого элемента прикладывается электропроводный слой цинковая пластина (рис. 55), имеющая выступы сферической формы. Эти выступы вдавливаются в агломерат первого элемента. Сверху цинковой пластины располагают картонную карточку-накладку (рис. 56), пропитанную в парафиновой композиции. Через отверстие наклейки проходит провод, являющийся положительным токоотводом секции. Последний элемент анодной секции имеет отрицательный электрод без электропроводного слоя. С внешней стороны этого электрода располагают картонную карточку-накладку, а к цинку припаивают провод, являющийся отрицательным токоотводом секции. Провод проходит через отверстия карточки-наклейки.

На рис. 57 показана конструкция комбинированной анодно-сеточной секции галетной батареи «Энергия». Секция содержит сеточную цепь из трех элементов, изолированную от анодной из 46 элементов с помощью двух картонных прокладок (рис. 58), пропитанных в парафиновой композиции. Токоотводы от электродов элементов, находящихся в середине секции, выполняются так же, как крайние токоотводы анодной секции.

Электрическая схема батареи «Энергия» приведена на рис. 59. Батарея состоит из двух анодных и одной анодно-сеточной секции. Анодные секции и анодная часть анодно-сеточной секции включены последовательно. Сеточная часть секции имеет отдельные выводы. На октальную (восьмиштырьковую) колодку выводятся три

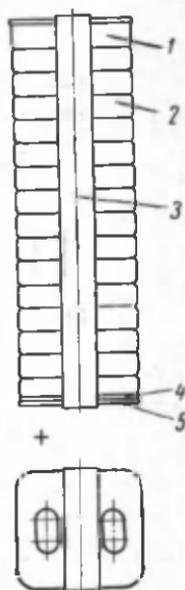


Рис. 54. Конструкция анодной секции галетной батареи «Энергия»:

1 — крайний элемент с цинковым электродом без электропроводного слоя, 2 — средний элемент секции, 3 — бандаж из кабельной бумаги, 4 — цинковая пластина с выступом — токоотвод электрода крайнего элемента, 5 — картонная карточка-накладка

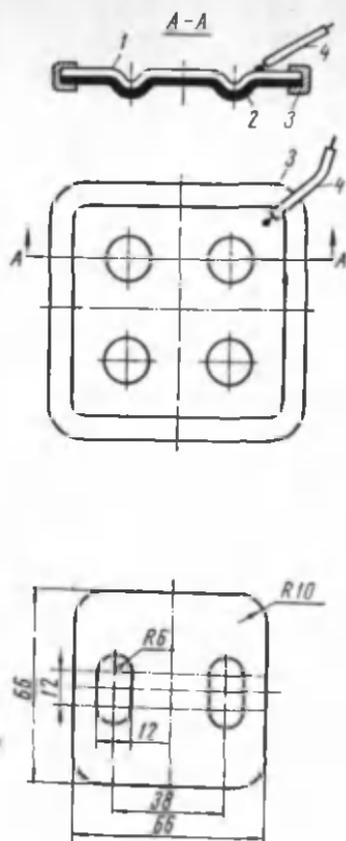


Рис. 56. Карточка-накладка из коробчатого картона для крайнего элемента секции батареи «Энергия»

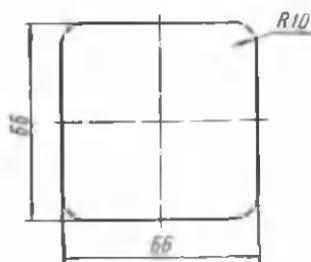


Рис. 58. Картонная карточка-прокладка для анодно-сеточной секции батареи «Энергия»

Рис. 55. Крайняя цинковая карточка-токопровод положительного электрода секции галетной батареи «Энергия»:
1 — цинковая пластина, 2 — электропроводный слой, 3 — изолирующая пленка, 4 — провод МГВ

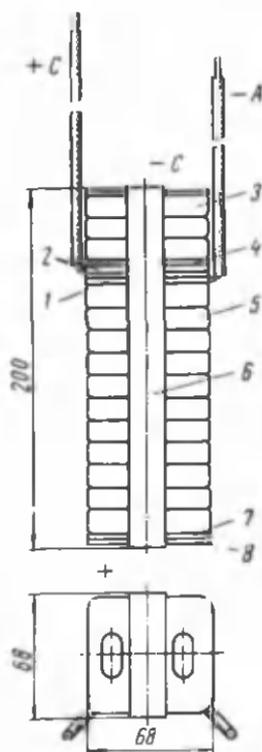


Рис. 57. Конструкция анодно-сеточной секции галетной батареи «Энергия»:

1 — цинковая пластина без электропроводного слоя, но с проводом, 2 — картонная карточка-прокладка, 3 — крайний элемент с цинковой пластиной без электропроводного слоя, 4 — цинковая пластина с электропроводным слоем и проводом, 5 — средний элемент, 6 — бандаж из кабельной бумаги, 7 — цинковая пластина с электропроводным слоем — токопровод положительного электрода крайнего элемента, 8 — картонная карточка-накладка

провода от анодной части батареи ($-A_1$, $+A_1$ и $+A_2$) и два — от сеточной части ($-C$, $+C$).

На колодке имеются две направляющие, которые позволяют при переключении вспомогательной фишки пользоваться большим или меньшим анодным напряжением (A_1 или A_2).

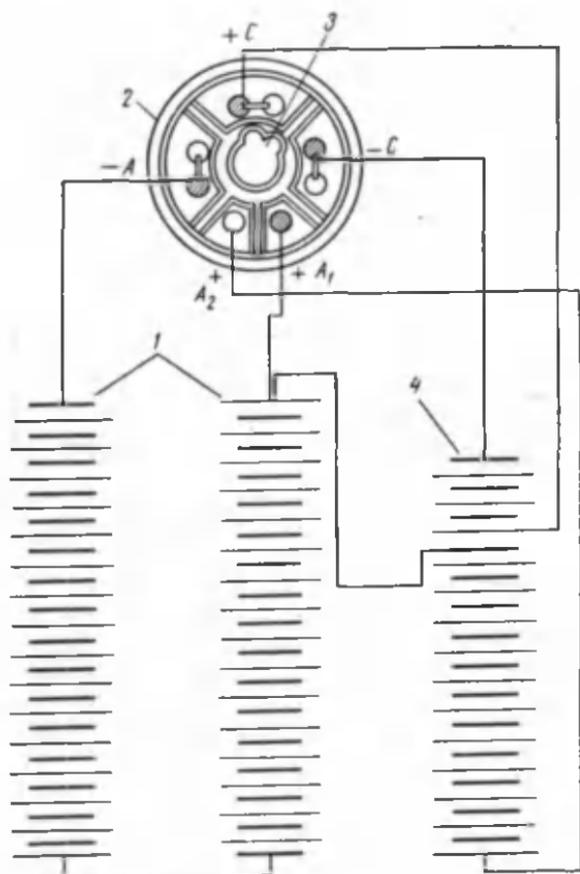


Рис. 59. Электрическая схема батарей 54-АСМЦГ-5П «Энергия»:

1 — анодные секции, 2 — октавная колодка переключения, 3 — направляющие для ключа вспомогательной фишки переключения, 4 — анодно-сеточная секция

На рис. 60 представлено устройство комбинированной секции батареи «Крона-1Л». Эта секция состоит из двенадцати элементов. Каждые шесть элементов соединены между собой последовательно в группу, а две группы элементов располагаются друг к другу отрицательными электродами. Отрицательный токоот-

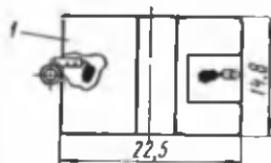
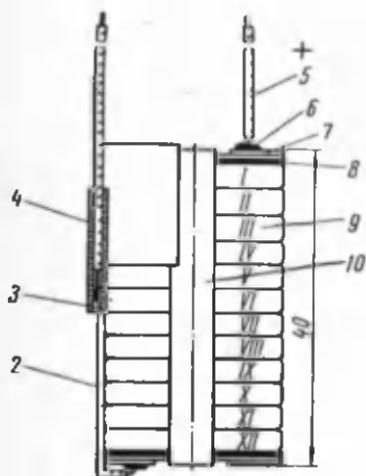


Рис. 60. Секция галетной батареи «Крона-1Л»:

1, 4 — изолирующая прорезиненная лента, 2 — токоотвод положительного электрода XII элемента, 3 — отрицательный токоотвод секции, 5 — положительный токоотвод секции, 6 — точка соединения токоотвода I и XII элементов, 7 — токоотводящая пластина, 8 — карточка из электропроводного слоя, 9 — элемент секции (все элементы обозначены римскими цифрами), 10 — бандаж из кабельной бумаги

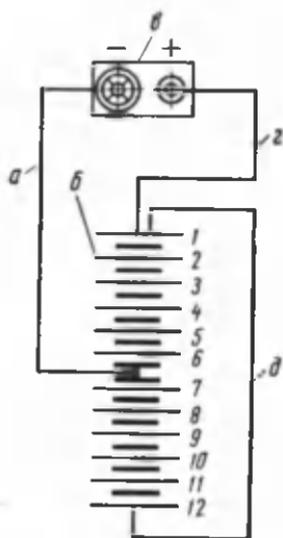


Рис. 61. Электрическая схема галетной батареи «Крона-1Л»:

a — отрицательный токоотвод секции, б — секция (элементы секции обозначены цифрами), в — клеммная колодка, с — положительный токоотвод секции, д — токоотвод положительного электрода XII элемента

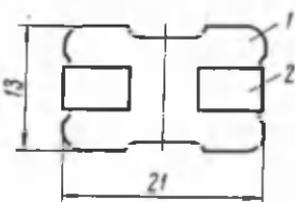


Рис. 62. Собранная токоотводящая пластина положительного электрода первого элемента батареи «Крона-1Л»
1 — карточка-накладка, 2 — контактная пластина

вод 3 секции находится в середине секции, а два крайних токоотвода 2, 5 соединены с положительными электродами первого и двенадцатого элементов. Оба крайних токоотвода спаяны вместе в точке 6. Таким образом, комбинированная секция состоит из двух частей по шесть элементов, соединенных параллельно.

На рис. 61 приведена электрическая схема батареи «Крона-1Л».

Рассмотрим конструкцию токоотводов от элементов секции. Положительные токоотводы представляют собой провода МГВ,

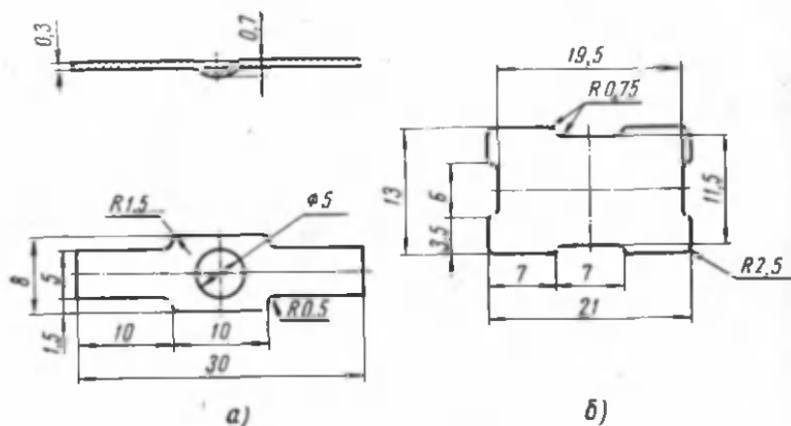


Рис. 63. Детали токоотводящей пластины положительного электрода первого элемента батареи «Крона-1Л»:

а — контактная металлическая пластина, б — картонная карточка-накладка

припаянные к токоотводящей пластине. Токоотводящая пластина (рис. 62) состоит из картонной карточки-накладки и контактной цинковой пластины (рис. 63). Токоотводящая пластина прижимается в секции к карточке электропроводного слоя (рис. 64), которая располагается непосредственно на положительном электроде крайнего элемента секции. Токоотвод отрицательного электрода, показанный на рис. 65, присоединяется к цинковой карточке, которая помещается между отрицательными электродами 6-го и 7-го элементов. Токоотводы секции припаиваются к латунным никелированным клеммам.

Секции галетных батарей размещаются в картонных («Энергия») или металлических («Крона-1Л») корпусах. На крышках корпуса укрепляются контактные колодки и колодки переключения. На рис. 66, 67 показана конструкция батарей «Энергия» и «Крона-1Л».

Другие галетные батареи принципиально не отличаются по конструкции от батарей «Энергия» и «Крона-1Л».

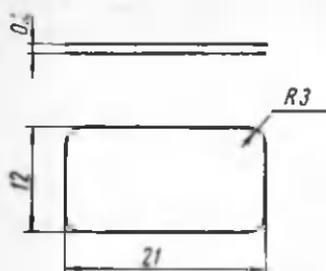


Рис. 64. Карточка из электропроводного слоя для батареи «Крона-1Л»:

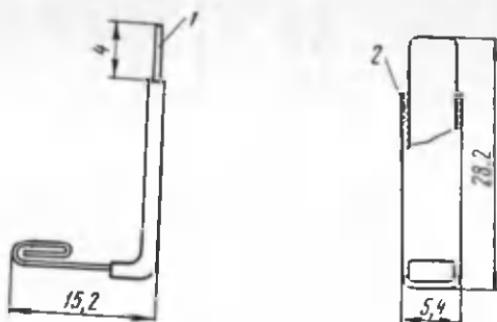


Рис. 65. Отрицательные токоотводы секции батареи «Крона-1Л»:

1 — провод, 2 — полихлорвиниловая трубка

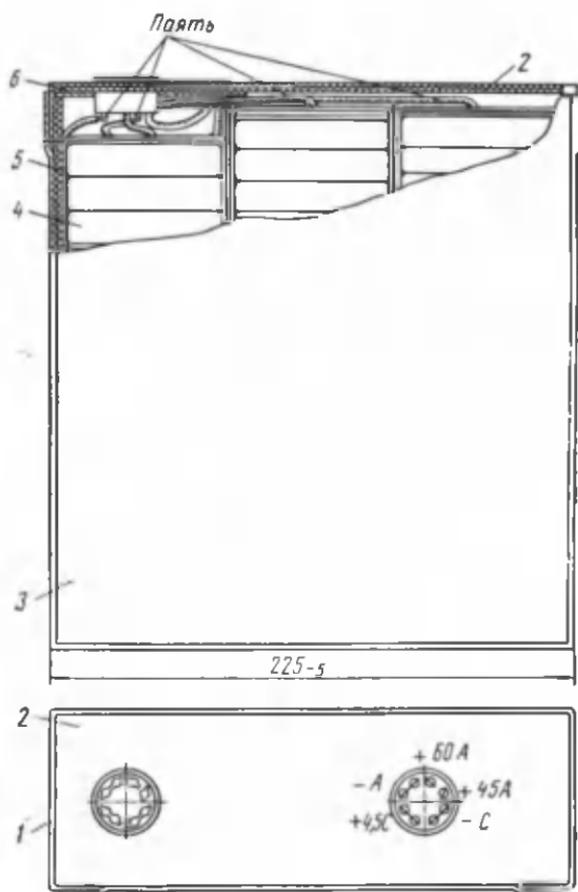


Рис. 66. Конструкция галетной батареи «Энергия»:
1, 3 — этикетки, 2 — этикетка-оклейка, 4 — галетные секции, 5 — корпус батареи, 6 — крышка

Единственный галетный элемент ЧМЦ-2 (рис. 68), использующийся самостоятельно, имеет позолоченный латунный герметичный корпус. Этот элемент применяется в наручных электрических часах и характеризуется малыми размерами.

Конструкция элементов МЦ-1к, МЦ-2к, МЦ-3к, МЦ-4к полностью соответствует конструкции ртутно-цинковых элементов и будет рассмотрена в разделе, посвященном источникам тока ртутно-цинковой электрической системы.

Конструкция галетных батарей явилась шагом вперед в развитии электрохимических источников тока. Если сравнить между собой стаканчиковую и галетную конструкции элементов, то не трудно увидеть, что почти весь объем галетного элемента занят активными веществами положительного и отрицательного электродов. Детали, предназначенные для конструктивного оформления элемента, такие, как электропроводный слой,

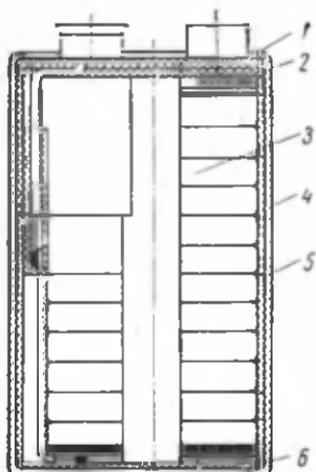


Рис. 67. Конструкция галетной батареи «Крона-1Л»:

1 — контактная колодка, 2 — прокладка, 3 — элемент, 4 — корпус, 5 — полихлорвиниловая трубка, 6 — прокладка

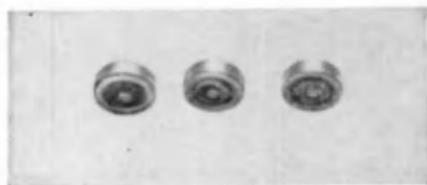


Рис. 68. Марганцево-цинковые элементы ЧМЦ-2 для наручных электрических часов

изолирующая полихлорвиниловая пленка занимают сравнительно незначительный объем элемента.

В стаканчиковой конструкции, наоборот, значительная часть объема элемента занята деталями и узлами конструктивного оформления элемента. Воздушная камера, многочисленные прокладки, изолирующая композиция, угольный токоотвод занимают до 40% всего объема элемента.

Особенно большие возможности дает конструкция элемента галетного типа при изготовлении миниатюрных батарей высокого напряжения для переносной аппаратуры, получившей широкое распространение с современным развитием радиотехники. Для создания таких батарей галетная конструкция незаменима. Технически не представляется возможным изготовить, например,

батарею напряжением 300—400 в, занимающую объем спичечной коробки, из элементов стаканчиковой конструкции. Элементы галетной конструкции дают возможность выполнить эту задачу. Имея такое техническое преимущество, галетные батареи намного дешевле батарей, изготовленных из элементов стаканчиковой конструкции.

В табл. 22 приведен расход материалов при изготовлении батарей разной конструкции.

Таблица 22

Расход материалов при изготовлении батарей разной конструкции

Материал	Расход материалов для галетной батареи по сравнению со стаканчиковой, % по весу	Материал	Расход материалов для галетной батареи по сравнению со стаканчиковой, % по весу
Цинк	36	Картон, гетинакс . . .	80
Оловянно-свинцовый припой	3	Парафин	10—15
Латунь, медь	12—16	Угольные стержни . .	0
		Битумная композиция	0

Для того чтобы соединить в батарею элементы стаканчикового типа, нужно произвести пайку токоотводов электрода с соединительным проводом, для чего расходуются цветные металлы (латунь — для колпачков, свинец, олово — для припоя, медь — для соединительных проводов) и затрачивается дополнительный труд рабочего. Гораздо проще, без затрат материалов, осуществляется соединение галетных элементов в батарею: элементы присоединяются друг к другу разноименными полюсами и стягиваются биндажом из кабельной бумаги или льняных ниток.

Однако имея такие большие экономические и конструктивные преимущества при изготовлении высоковольтных (особенно малогабаритных) батарей, галетные элементы не могут конкурировать со стаканчиковыми элементами для накальных цепей радиоламп и для питания фонарей, т. е. в условиях проведения разряда при больших плотностях тока.

Изготовление галетных батарей крупного размера, рассчитанных на большие плотности разрядного тока, представляет техническую сложность, так как большие агломераты обладают незначительной механической прочностью, затрудняющей операцию сборки элемента.

Контрольные вопросы

1. Рассказать о твердофазном восстановлении двуокиси марганца.
 2. Рассказать о возможных реакциях при разряде марганцево-цинковых элементов.
 3. Рассказать о процессах, протекающих на цинковом электроде при разряде.
 4. Указать основные отличия стаканчиковой и галетной конструкции элементов.
 5. Рассказать о системе обозначения марганцево-цинковых элементов и батарей.
 6. Рассказать о свойствах двуокиси марганца и цинка.
 7. Рассказать о материалах, применяемых для изготовления изолирующих композиций.
-

ГЛАВА III.

ПРОИЗВОДСТВО МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И БАТАРЕЙ

Производство гальванических элементов и батарей состоит из нескольких участков, на которых изготавливаются отдельные детали или материалы для источников тока, и сборочного отделения.

Производство включает в себя изготовление агломератной смеси, электролитов, диафрагм, картонажных изделий, положительных и отрицательных электродов, сборку элементов и соединение их в батареи. Все эти участки снабжены оборудованием, хорошо известным в разных отраслях промышленности, — мельницами, сушилками, прессами, механическими ножницами, дозирующими аппаратами.

Создание высококачественных элементов и батарей возможно только при грамотном обращении с оборудованием, знании всех физико-химических процессов, которые проводятся с материалами.

Рассмотрим процессы и применяемое оборудование при производстве гальванических элементов и батарей.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ АГЛОМЕРАТНОЙ СМЕСИ

§ 29. Общая технологическая схема приготовления агломератной смеси

Процесс изготовления активной массы для положительных электродов марганцево-цинковых элементов и батарей состоит из нескольких операций, которые в целом одинаковы для источников тока разной конструкции. Различия имеются лишь в составе активной массы, называемой также агломератной смесью, и в режимах отдельных операций. Поэтому рассмотрим общую технологическую схему приготовления активной массы из исходных материалов.

Двуокись марганца (пиролюзит, ГАП, ЭДМ-2) сушится, размалывается, просеивается и развешивается. Хлористый аммоний (нашатырь) дробится и после просева развешивается. Отвешенные количества графита, ацетиленовой элементной сажи и активированного угля непосредственно вводятся в смесь перед смешением всех компонентов. После сухого перемешивания активная масса увлажняется определенным количеством электролита и перемешивается.

Состав полученной агломератной смеси контролируется на содержание отдельных компонентов.

Обработка двуокиси марганца — сушка, размол и просев и смешение компонентов агломератной смеси представляют собой механизированный процесс. Существуют две схемы расположения оборудования.

Первая схема, основанная на башенном поэтажном распределении машин, приведена на рис. 69.

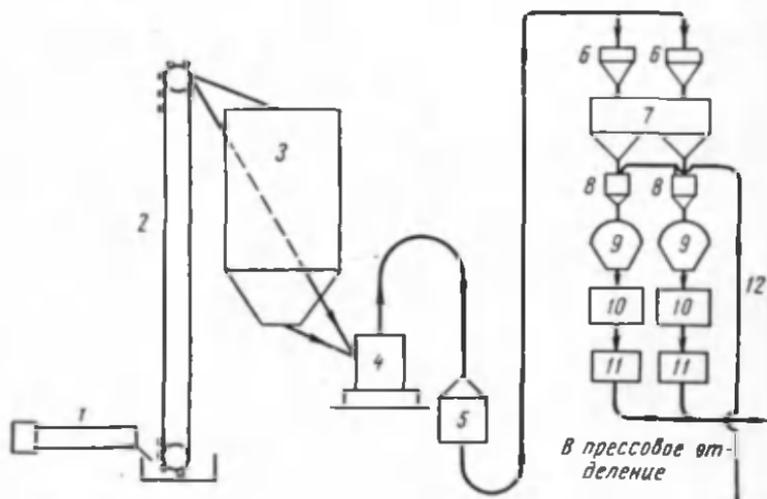


Рис. 69. Схема башенного расположения оборудования отделения приготовления агломератной смеси:

1 — барабанная сушильная печь, 2 — элеватор, 3 — бункер для пиролюзита, 4 — мельница для пиролюзита, 5 — пневматический насос, 6 — циклон, 7 — бункер размолотого пиролюзита, 8 — автомукеры, 9 — смесители сухого перемешивания, 10 — смесители влажного перемешивания, 11 — уплотнительные вальцы, 12 — загрузка графита, сажи и нашатыря

Оборудование состоит из сушильной барабанной печи для двуокиси марганца 1, элеватора 2, бункера для пиролюзита 3 и мельницы 4. Из мельницы двуокись марганца с помощью пневматического насоса 5 поступает в циклон 6, а затем в бункер для размолотого продукта 7. Из бункера двуокись марганца через взвешивающие устройства — автомукеры 8 — направляется в смесители сухого перемешивания 9, а затем в смесители влажного перемешивания 10. Остальные компоненты агломератной смеси вводятся во время перемешивания.

Приготовленная агломератная смесь уплотняется на вальцах 11 и поступает в прессовое отделение.

На рис. 70 показана схема механизированной линии изготовления агломератных смесей с горизонтальной системой расположения оборудования.

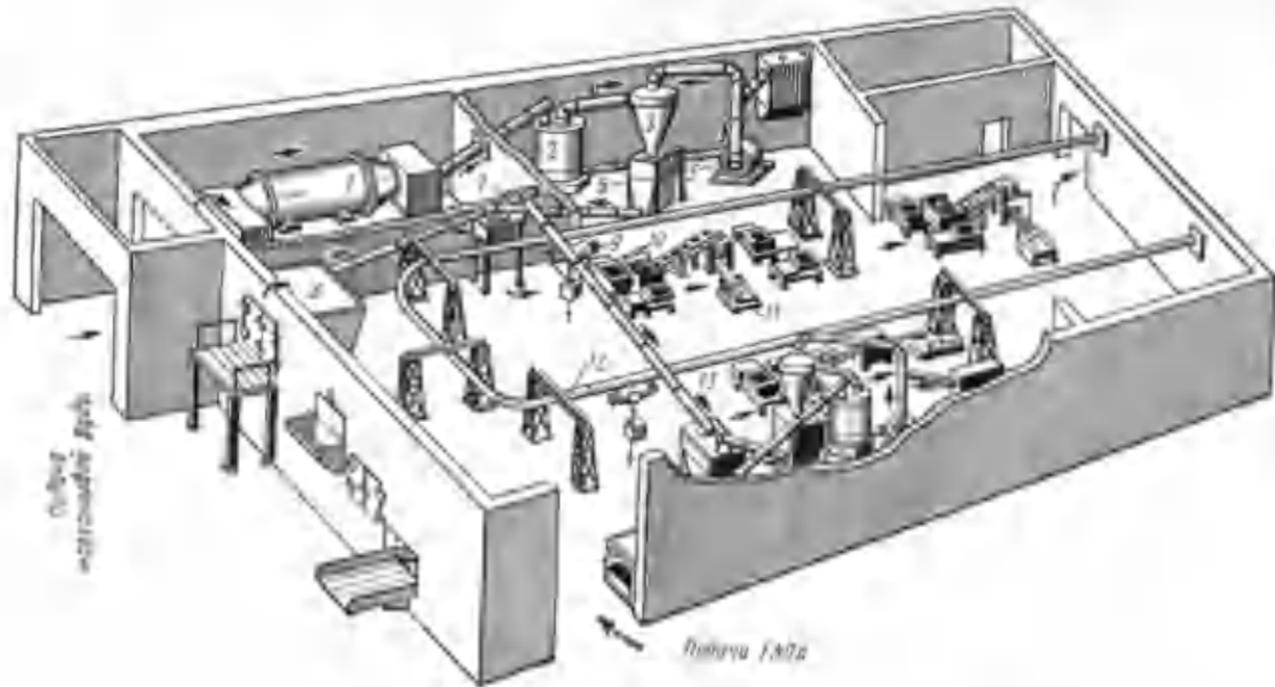


Рис. 70. Механизированная линия изготовления агломератных смесей при горизонтальном расположении оборудования:

1 — сушильная барабанная печь, 2 — мельница, 3 — циклон, 4 — фильтры очистки воздуха, 5 — вентилятор, 6 — бункер раз-мельченной пиролузита, 7 — автомукомеры, 8 — бункер графита, 9 — тельфер, 10 — смесители, 11 — тельфер, 12 — участок приготовления агломератных смесей с агломерат-ной смесью, 13 — тельферная дорога, ГАП

Пиролюзит загружается в сушильный барабан 1, а затем шнековым транспортером направляется в маятниковую мельницу 2 для измельчения. Измельченная двуокись марганца с помощью вентилятора 5 уносится воздушным потоком в циклон 3, откуда ссыпается в бункер. Цифрой 4 обозначены фильтры очистки воздуха перед выбросом его в атмосферу.

Из бункера 6 измельченный пиролюзит шнековым транспортером подается в автомукомеры 7 для взвешивания и затем тельфером 9 загружается в смесительное оборудование 10.

В бункер 8 загружаются углеродосодержащие материалы, которые подаются шнековым транспортером к взвешивающему устройству и затем в смесительное оборудование. После смешивания, увлажнения, уплотнения, просева агломератная смесь загружается в контейнер 11 и подается на прессовку агломерата.

Цифрой 13 на схеме обозначен участок приготовления агломератных смесей из ГАПа.

Этот участок имеет такое же оборудование и технологический поток, как и участок переработки пиролюзита. Загрузка, разгрузка оборудования и транспортировка материалов осуществляются в этой системе с помощью тельферной дороги 12.

В обеих схемах приняты меры для герметизации применяемого оборудования с целью снижения запыленности рабочего помещения токсичной двуокисью марганца.

§ 30. Сушка пиролюзита и ГАПа

Двуокись марганца, пиролюзит и ГАП, обычно содержат разное количество влаги. Предварительная сушка до определенного содержания влаги проводится по нескольким причинам. Основные причины заключаются в том, что, во-первых, излишне влажная двуокись марганца плохо размалывается в применяемом оборудовании и налипает на стенки, во-вторых, содержание влаги в агломератной массе влияет на механические и электрические параметры положительных электродов и поэтому строго контролируется.

Большое количество влаги приводит к снижению количества двуокиси марганца в электроде и к излишней пластичности агломератной массы, вызывающей уменьшение механической прочности электродов.

Недостаток влаги приводит к хрупкости электродов, а в ряде случаев к снижению емкости за счет уменьшения коэффициента использования двуокиси марганца.

Сушка пиролюзита производится во вращающихся сушильных барабанах. На рис. 71 показано устройство такого барабана.

Барабан 3 представляет собой трубу диаметром 0,8—1,5 м, изготовленную из стали толщиной 10—12 мм. Внутри барабана располагаются лопасти, имеющие разную форму. Длина бара-

бана 4—4,5 м. Барабан монтируется на основании 2 под некоторым углом к горизонту. Вращение со скоростью 8—10 оборотов в минуту производится электрическим мотором с помощью шестереночной передачи 4.

Двуокись марганца загружается в бункер-питатель 5, который подает ее в барабан равномерными порциями. При враще-

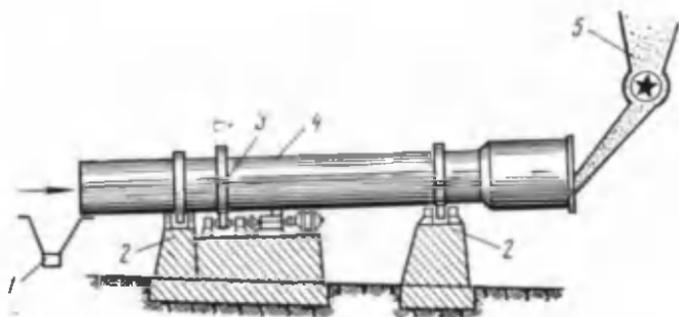


Рис. 71. Барабанная сушильная печь для двуокиси марганца:

1 — бункер сухой двуокиси марганца, 2 — основание, 3 — барабан, 4 — шестереночная передача (стрелкой показано направление движения воздуха), 5 — бункер-питатель

нии барабана, расположенного наклонно, двуокись марганца перемещается вдоль оси барабана и одновременно пересыпается снизу вверх и сверху вниз с помощью лопастей, которые смонтированы внутри барабана. Внутреннее устройство сушильного барабана показано на рис. 72.



Рис. 72. Разновидности конструкции барабанных сушильных печей

Горячий воздух с помощью вентилятора подается навстречу поступающей двуокиси марганца. Таким образом, осуществляется принцип противотока, обеспечивающий получение продукта с требуемой влажностью.

Сушка производится при температуре 100—110° С. При более высокой температуре происходит частичное разложение двуокиси марганца и ухудшение ее свойств как вещества, участвующего в токообразующем процессе. При более низкой температуре трудно

получить двуокись марганца с достаточно низким содержанием воды. После сушки в пиролюзите и ГАПе обычно остается 2—3% воды.

На небольших производствах сушка производится на специальных плитах, на которых двуокись марганца рассыпается слоем толщиной 20—50 мм. Плиты обогреваются паром или используется электрообогрев. Для равномерного высыхания периодически производится перемешивание с помощью деревянной или пластмассовой лопаты. Однако такой способ сушки не обеспечивает постоянство содержания воды в высушиваемых материалах и, кроме того, наблюдаются участки, на которых пиролюзит имеет разную влажность.

§ 31. Размол пиролюзита и ГАПа

Пиролюзит и ГАП содержат частицы двуокиси марганца, отличающиеся друг от друга по диаметру. Для получения однородных по размеру частиц двуокиси марганца размалывают.

Высушенный пиролюзит подается с помощью элеватора в бункер мельницы. Схема работы элеватора показана на рис. 73. На цепи 1, которая приводится в движение через звездочки 3, укреплены ковши элеватора 2. При движении левой ветви цепи элеватора вверх, как показано на рисунке стрелкой, ковши поднимают пиролюзит. При достижении верхнего положения ковши переворачиваются и двуокись марганца поступает в бункер мельницы. По правой ветви цепи элеватора пустые ковши движутся вниз в перевернутом положении. Вся цепь элеватора с ковшами и звездочками закрывается кожухом 4, предотвращающим накопление вредной пыли двуокиси марганца в помещении.

Бункер для высушенного пиролюзита изготавливается из стали толщиной 5—8 мм и располагается рядом с мельницей выше ее загрузочного люка.

Для размола двуокиси марганца в элементной промышленности обычно используются маятниковые мельницы с пневматическим уносом измельченного материала.

На рис. 74 показана в разрезе маятниковая мельница, являющаяся частью системы измельчения двуокиси марганца. Она имеет ролики 5 и кольцевой вкладыш 4, которые выполняются

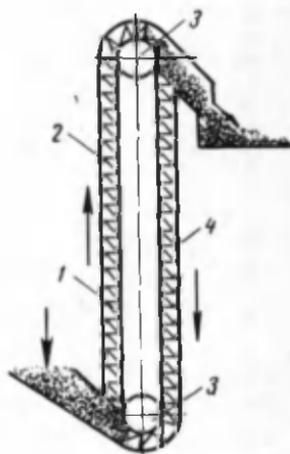


Рис. 73. Элеватор для двуокиси марганца:
1 — цепь, 2 — ковши, 3 — звездочки, 4 — кожух

из марганцевой стали, стойкой к механическому истиранию. Кольцевой вкладыш прикрепляется в верхней части литой станины 8. По внутренней поверхности вкладыша 4 катятся ролики 5, которые вращаются вокруг собственных осей. Ролики располагаются на свободно подвешенных маятниках 6. Передача вращения от главного вала 2 на ролики осуществляется при помощи конической шестерни 7.

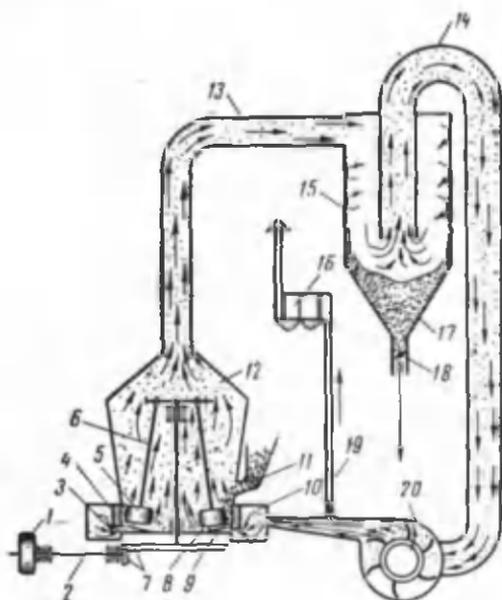


Рис. 74. Маятниковая мельница для размола пиролюзита и циклон:

1 — двигатель, 2 — рабочий вал, 3 — окно подачи воздуха в мельницу, 4 — вкладыш, 5 — ролики, 6 — маятник, 7 — шестерня, 8 — станина, 9 — скребки, 10 — кольцевой воздухопровод, 11 — питатель, 12 — кожух мельницы, 13, 14, 19 — воздуховоды, 15 — циклон, 16 — мешочные фильтры, 17 — конус циклона, 18 — задвижка конуса, 20 — вентилятор

К верхней части литой станины 8 мельницы прикрепляется кожух 12. Верхняя часть кожуха соединена с воздухопроводом 13. Двуокись марганца после загрузки ее в мельницу питателем 11 попадает под ролики 5, а частично на дно мельницы.

С помощью скребков 9 двуокись марганца передается на кольцевой вкладыш. Таким образом, измельчение пиролюзита происходит при помощи роликов, которые катятся по вкладышу.

При вращении вала ролики из-за центробежной силы прижимаются к кольцевому вкладышу, по которому они передвигаются, и измельчают пиролюзит.

Измельченный материал уносится из рабочей зоны помола с помощью струи воздуха. Воздух поступает во внутреннюю полость мельницы по кольцевому воздуховоду 10 через окна 3.

Подача воздуха с заданной скоростью производится с помощью вентилятора. Чем больше скорость движения воздуха внутри мельницы, тем более крупные частицы двуокиси марганца способны уноситься в воздуховоды. Чем меньше скорость движения воздуха, тем мельче размалывается двуокись марганца, так как крупные частицы многократно разотрутся роликами, прежде чем смогут быть унесены током воздуха.

Маятниковые мельницы имеют производительность от 0,5 до 5,0 т пиролюзита в час.

Измельченная до требуемого размера двуокись марганца из мельницы через воздуховоды попадает вместе с воздухом в циклон. Циклон представляет собой аппарат для разделения смеси твердых и газообразных веществ и находит применение не только в элементной промышленности, но и металлургических и химических производствах. В циклоне мелко раздробленная двуокись марганца отделяется от воздуха, которым она выдувалась из мельницы. Циклон состоит из корпуса 15, изготовленного из стали толщиной 8—10 мм, конуса 17 и воздухопроводов 13 и 14.

По воздуховоду 13 воздух с измельченным пиролюзитом с большой скоростью поступает в корпус циклона. Так как диаметр воздуховода во много раз меньше диаметра корпуса циклона, то при определенном объеме поступающей смеси линейная скорость движения ее в циклоне будет значительно меньше, чем в воздуховоде. Воздуховод 13 располагается сбоку в верхней части циклона. Благодаря такому расположению воздуховода и резкому снижению линейной скорости движения смеси в циклоне происходит завихрение. Направление движения воздуха в циклоне показано на рис. 74 стрелками. Частицы двуокиси марганца прижимаются к внутренним стенкам корпуса циклона и затем осыпаются в конус 17. Воздух, освобожденный от пылевидных частиц двуокиси марганца, по воздуховоду 14 поступает в вентилятор 20 и затем вновь в мельницу.

По мере накопления размолотого пиролюзита конус 17 с помощью задвижки 18 разгружается в бункер для размолотого продукта. Размолотый пиролюзит поступает затем в отделение приготовления агломератной смеси.

Для уменьшения запыленности помещения пылевидными частицами двуокиси марганца, попадающими в воздух через отдельные неплотные сочленения деталей мельницы и воздухопроводов, используется система циркуляции воздуха с частичным сбросом.

Воздушный цикл включает движение воздуха из мельницы через воздуховод в циклон, затем через воздуховод в вентилятор, а из вентилятора вновь в мельницу. Однако через воздуховод 19 некоторое количество воздуха выбрасывается в атмосферу.

Этот воздуховод соединен с нагнетательным воздуховодом вентилятора. Таким образом, вентилятор отсасывает часть воздуха из системы, создавая в ней небольшое разрежение на всем протяжении, кроме участка от вентилятора до воздуховода 19. Через неплотные соединения отдельных узлов происходит подсос воздуха из атмосферы. Благодаря такому подсосу предотвращается попадание двуокиси марганца через неплотные соединения в рабочее помещение.

Так как в циклоне из воздуха не полностью удаляются пылевидные мелкие частицы двуокиси марганца, то небольшая часть наиболее мелкой фракции циркулирует в системе и, кроме того, попадает в воздуховод 19. Поэтому на выходе этого воздуховода устанавливается специальный фильтр 16 для улавливания пыли. Без такого фильтра эксплуатация системы невозможна, так как территория вокруг цеха оказалась бы в значительной мере загрязненной двуокисью марганца, которая постепенно оседала бы на землю из выбрасываемого в атмосферу воздуха.

Для улавливания пылевидных частиц двуокиси марганца применяются мешочные фильтры, представляющие собой мешки из бязи или другой плотной ткани, через которые продувают сбрасываемый в атмосферу воздух. С помощью автоматического устройства эти мешки встряхиваются, отставшая от них двуокись марганца не выбрасывается, а идет совместно с основной фракцией, выходящей из конуса циклона, на приготовление агломератной смеси. В результате помола частицы пиролюзита, имеющие диаметр от 100 мк до 4 мм, измельчаются до размеров 50—80 мк.

Процесс размолта ГАПа и ЭДМ-2 принципиально не отличается от переработки пиролюзита. На рис. 75 показан внешний вид мельницы для помола ГАПа. Она имеет лишь меньший размер, чем мельница, используемая в случае измельчения пиролюзита. Мельница 3 воздуховодом 4 соединена с циклоном. Через его конусную часть 6 в бункер 7 ссыпается измельченный ГАП. Воздух из циклона по воздуховоду 5 поступает в вентилятор 8 и затем в нагнетающий воздуховод 1. Сверху воздуховода 1 имеется закрытый патрубок 2, к которому может подключаться система сброса воздуха. В случае помола ГАПа такой сброс обычно не применяется, так как мельница значительно меньше, чем используемая при размолте пиролюзита.

Контроль за качеством размолотой двуокиси марганца осуществляется путем проведения ситового фракционного анализа. 10 г размолотой двуокиси марганца взвешиваются на аналитических весах, а затем в течение 10 мин просеиваются через специальные сита. Степень размолта устанавливается с сетками, имеющими 150 и 170 отверстий на 1 мм². При нормальном помоле пиролюзита суммарный остаток на ситах не должен быть меньше 25 и больше 50%. В случае ГАПа на сите со 150 отвер-

стями на 1 см^2 остаток не должен быть менее 50 и более 70%.

Ситовой фракционный анализ проводится не реже 1 раза в смену. Чрезмерно крупные фракции двуокиси марганца нежелательны. Емкость элементов в случае использования крупных фракций значительно снижается. Это связано с уменьшением ра-



Рис. 75. Мельница для размла ГАПа:

1 — нагнетательный воздуховод вентилятора, 2 — патрубок сброса воздуха, 3 — корпус мельницы, 4 — воздуховод подачи ГАПа в циклон, 5 — всасывающий воздуховод, 6 — конус циклона, 7 — бункер измельченного ГАПа, 8 — вентилятор

бочей поверхности частиц и с повышением вследствие этого плотности тока и увеличением поляризации, поэтому коэффициент использования двуокиси марганца крупной фракции бывает ниже, чем в случае применения мелкой фракции.

Очень мелкие фракции также нежелательны, так как образуют в спрессованном электроде плотные участки с низкой пористостью. Из-за малого диаметра пор затрудняется диффузия ионов электролита и значительно возрастает концентрацион-

ная поляризация. Поэтому двуокись марганца очень мелкой фракции имеет низкий коэффициент использования.

Наиболее пригодны для источников тока фракции 50—80 мк, получение которых обеспечивается соблюдением технологического режима работы мельниц и своевременным контролем качества помола.

§ 32. Размол хлористого аммония (нашатыря)

Хлористый аммоний гигроскопичен, при поглощении некоторого количества влаги происходит образование твердых плотных комков, иногда имеющих форму тары, в которой хранится хлористый аммоний.

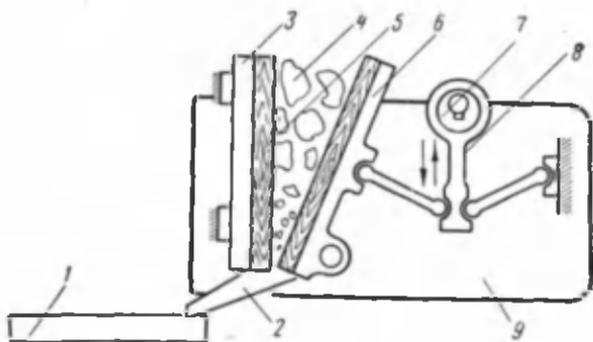


Рис. 76. Щековая дробилка для размола нашатыря:

1 — противень для размолотого нашатыря, 2 — желоб, 3 — неподвижная щека, 4 — куски нашатыря, 5 — футеровка щеки, 6 — подвижная щека, 7 — эксцентрик, 8 — шатун, 9 — станина

Перед введением нашатыря в агломератную смесь производится его дробление и рассев. Дробление хлористого аммония осуществляется на небольшой щековой дробилке, устройство которой показано на рис. 76.

Дробилка имеет неподвижную 3 и подвижную 6 щеки, которые футеруются коррозионно стойким материалом 5 или, в крайнем случае, древесиной. Подвижная щека дробилки внизу укрепляется на шарнире и приводится в возвратно-поступательное движение электрическим мотором с помощью шатуна 8 и эксцентрика 7. Все рабочие узлы дробилки монтируются на литой станине 9. Куски нашатыря 4 вручную загружаются в рабочую зону щек. Раздробленный хлористый аммоний ссыпается по желобу 2 в противень 1. Из этого противня лопатами размельченный продукт подается на сито. При просеве раздробленного нашатыря через сито происходит отделение крупных кусков от рабочей фракции.

На рис. 77 показано устройство механического сита-трясуна для отделения крупных кусков хлористого аммония. Механическое сито состоит из сварной станины 2, на которой на подвесках 3 укрепляется ситовое устройство 4. Сито приводится в движение маломощным электрическим мотором через эксцентрики. Направление движения показано на рисунке стрелками. Конструкция привода сита аналогична приводу щековой дробилки и поэтому на рисунке не приводится. Просеянный нашатырь попа-

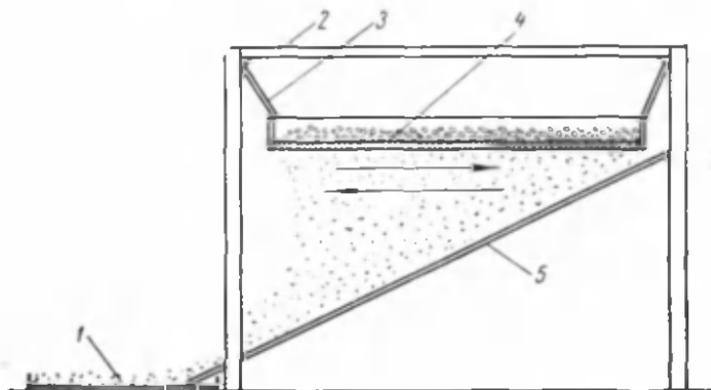


Рис. 77. Сито-трясун для отделения крупных кусков нашатыря от мелкой фракции:

1 — противень для мелкой фракции (стрелками указано направление движения сита), 2 — станина, 3 — подвески, 4 — сито, 5 — поддонник

дает на наклонный поддонник 5 и под собственным весом ссыпается в противень 1. Из противня готовый продукт загружается в ящики-контейнеры для транспортировки к смесителям активной массы.

Так как хлористый аммоний вызывает заметную коррозию, то металлические части оборудования по мере возможности изолируются от непосредственного соприкосновения с этим веществом. Лопаты, щеки дробилки, ситовые приспособления изготавливаются из текстолита, винипласта или, в крайнем случае, из древесины, а транспортировочный ящик-контейнер — из толстой фанеры.

По технологическому процессу сушка, размол пиролюзита, ГАПа, дробление и просев нашатыря относятся к подготовительным операциям перед непосредственным смешением компонентов. Оборудование для всех подготовительных операций — сушильные плиты или барабан, элеватор, мельницы, щековая дробилка, сита для просева нашатыря — обычно размещаются на первом этаже промышленного корпуса цеха агломератной массы.

Измельченные компоненты активной массы — двуокись марганца и ГАП — после подготовительных операций подаются пнев-

мотранспортом по воздуховодам на верхние этажи корпуса цеха агломератной активной массы с башенным расположением обору- дования. Графит, сажа, пылевидный активированный уголь мо- гут также подаваться пневмотранспортом. Контейнеры с хлори- стым аммонием перевозятся с помощью лифта. При башенном расположении оборудования смесительное отделение распола- гается на верхних этажах. Из циклона 6 (см. рис. 69) двуокись марганца попадает в бункер 7. Ниже бункеров размещаются ав- томатические весы — автомукомеры, на которых взвешиваются компоненты агломератной массы.

Точности взвешивания всех материалов придается важное значение.

§ 33. Состав и свойства агломератной смеси

Точность дозирования автомукомерами компонентов агломе- ратной массы влияет на состав и свойства агломератной смеси и вследствие этого на электрические характеристики гальваниче- ских элементов и батарей.

Емкость химических источников тока и возможность их рабо- ты при разных нагрузках зависят от соотношения в активной массе двуокиси марганца и углеродных материалов, обозначае- мого часто C/MnO_2 . Зависимость отношения фактической емко- сти к максимальной ее величине от процентного содержания уг- леродных материалов представляет собой кривую 1, изображен- ную на рис. 78.

Рассмотрим причины, определяющие форму кривой 1. Эlemen- ты, приготовленные из смеси: 70% MnO_2 и 30% углеродных ма- териалов, отдают, как видно из рисунка, около 83% от макси- мальной величины емкости. Эта точка соответствует пересече- нию перпендикуляра, восстановленного из точки, соответствующей содержанию компонентов, с кривой 1.

Удельное сопротивление агломератной активной массы нахо- дится из графика по кривой 2. Для приведенного примера оно составляет 0,1 $ом \cdot см$ и является достаточно малой величиной вследствие высокого процентного содержания электропроводных углеродных материалов.

При увеличении количества двуокиси марганца до 85% и сни- жении соответственно углеродных материалов до 15% достигае- тся максимальная величина емкости, принятой за 100% при по- строении графика. Удельное сопротивление выше, чем в первом случае, и равно 0,6 $ом \cdot см$. Увеличение удельного сопротивления объясняется снижением процентного содержания электропровод- ных материалов. При увеличении содержания двуокиси марганца более 90% наблюдается резкое снижение величины отдаваемой емкости до 60%. Это объясняется тем, что при малом количестве

электропроводных углеродных материалов не все частицы двуокиси марганца участвуют в токообразующем процессе.

Удельное сопротивление активной массы значительно возрастает при уменьшении углеродных компонентов, что хорошо видно из кривой 2, приведенной на рис. 78.

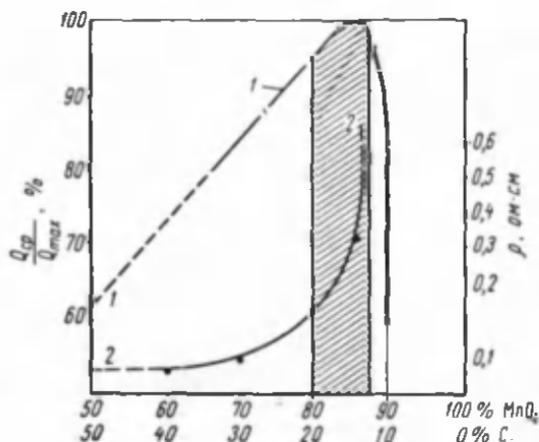


Рис. 78. Изменение емкости элементов и удельного сопротивления агломератной смеси от ее состава:

1 — отношение фактической емкости к максимальной, 2 — удельное сопротивление

При большом избытке углеродных материалов емкость мала из-за малого содержания двуокиси марганца.

В табл. 23 приведены емкости элементов № 336 с разным количеством углеродных материалов.

Обычно используются агломератные смеси, содержащие 75—85% двуокиси марганца (заштрихованная область на рис. 78). Такое содержание двуокиси марганца соответствует соотношению

Таблица 23

Емкость элементов № 336 с разным количеством углеродных материалов

Тип двуокиси марганца	Емкость элементов № 336, а-ч					
	Разряд на $R = 3,33 \text{ ом}$			Разряд на $R = 117 \text{ ом}$		
	C/MnO ₂			C/MnO ₂		
	1:3	1:4	1:7	1:3	1:4	1:7
Пирролюзит	0,40	0,43	0,42	0,49	0,49	0,50
ГАП	0,88	1,07	1,08	1,11	1,28	1,34

C/MnO₂ от 1 : 3 до 1 : 6,7. В элементах, рассчитанных на эксплуатацию при больших плотностях тока (КБС-Х-0,70; № 373), используются агломератные смеси с большим содержанием углеродистых материалов, в то время как при изготовлении источников тока для разрядов при малых плотностях тока стремятся ввести больше двуокиси марганца («анодные» батареи, «Крона-1Л»). В табл. 24 приведена рецептура агломератных масс для разных типов элементов и батарей.

Неквалифицированная или небрежная работа при взвешивании компонентов агломератной смеси приводит к изготовлению большой партии некачественных элементов. Поэтому взвешивание исходных материалов является особенно ответственной операцией, определяющей электрические характеристики готовых изделий.

Замесом называют изготовление одной партии агломератной массы при смешивании отвешенных компонентов. Каждый замес позволяет получить 300—500 кг агломератной массы.

Первоначально производят сухое перемешивание компонентов, отвешенных в количествах, определяемых заданной рецептурой. При сухом перемешивании осуществляется равномерное распределение компонентов. Сыпучие порошкообразные вещества, даже значительно различающиеся по удельному весу (например, пиролюзит и сажа), достаточно быстро и равномерно перемешиваются в сухом состоянии. При последующем влажном перемешивании в смешиваемые компоненты вводится электролит, количество и состав которого определяются рецептурой агломератной массы.

Использование совмещенного перемешивания, когда все твердые и жидкие компоненты одновременно загружаются в смесители, не дает хорошего результата. Даже при длительном перемешивании встречаются отдельные комки с соотношением компонентов, значительно отличающимся от принятой рецептуры. Обычно применяются последовательное сухое и влажное перемешивания.

§ 34. Сухое перемешивание компонентов агломератной смеси

Для сухого перемешивания порошкообразных сыпучих веществ существует много типов различных смесителей.

При производстве источников тока чаще всего применяются смесители барабанного типа. На рис. 79 показана схема работы смесительного барабана. При вращении барабана частицы агломератной смеси вследствие трения о стенки барабана и друг о друга поднимаются на некоторую высоту, а затем под действием собственного веса падают. Обычно происходят сдвиги отдельных слоев смеси, которые как бы скользят один по другому и перемешиваются между собой. При вращении барабана находящиеся внутри него частицы компонентов испытывают действие

Рецептуры агломератных смесей

№ рецептур	С/МпО ₂	Пиролюзит, %	ГАП, %	Графит, %	Сажа, %	Активированный уголь, %	NH ₄ Cl, г на 100 г смеси	Увлажнение, % на 100 г массы			Назначение
								№ электролита	количество электролита	Попа, мл	
1	1:4	—	80	16,5	3,5	—	10	19	19,0	—	Анодные, холодостойкие и универсальные батареи, фонарные холодостойкие элементы с замочкой агломератов
2	1:4	—	80	16,5	3,5	—	15	19	29	—	То же, без замочки агломератов
3	1:4	—	80	19,0	1,0	—	—	6	15	—	Накальные водоналивные батареи
5	1:0,54	35—45	—	45	—	10—20	15	17	35	—	Марганцевые воздушно-цинковые элементы и батареи
7	1:3,5	62,8	15	19,2	3	—	8	38	14	—	Фонарные галетные батареи без замочки агломератов
8	1:3,5	70	7,8	20,7	1,5	—	5	21	6,0	3	То же
9	1:3,5	77,8	—	19,2	3,0	—	5	17	6,0	11	Летние элементы без замочки агломератов
10	1:5,25	84	—	14,5	1,5	—	10	17	15	—	Анодные батареи радиоаппаратуры
11	1:5,25	—	84	12,5	3,5	—	15	19	29	—	Галетные батареи
12	1:3,5	77,8	—	19,2	3,0	—	—	6	12	—	Анодные водоналивные батареи
13	1:3	—	75	21,5	3,5	—	10	19	26,2	—	Фонарные холодостойкие элементы
14	1:5,25	56,0	28	19	3,0	—	10	38	18	—	Галетные летние батареи
18	1:3,5	77,8	—	19,2	3,0	—	10	19	10,0	—	Стаканчиковые элементы без замочки агломератов (для больших нагрузок)

№ рецептур	C/MnO ₂	Пироллюзит, %	ГАП, %	Графит, %	Сажа, %	Активированный уголь, %	NH ₄ Cl, г на 100 г смеси
19	1:3,5	69,8	8,0	19,2	3,0	—	5
22	1:4	40	40	15 16,5	5 3,5	—	10
23	1:4	40	40	15 16,5	5 3,5	—	10
26	1:3,5	—	77,78	18,22	3,5	—	10
27	1:3,5	77,8	—	22,2	—	—	5
28	1:3,5	72,8	—	22,2	—	—	5
29	1:3,5	72,8	—	22,2	—	—	5
30	1:5,25	84	—	14,5	1,5	—	10
37	1:3,5	77,8	—	19,2	3	—	5
38	1:3,5	77,8	—	19,2	3*	—	5
39	1:3,5	77,8	—	19,2	3*	—	5
40	1:5,25	84,0	—	13	3*	—	10
47	1:3,5	70	7,8	19,2	3	—	—
48	1:3,5	70	7,8	19,2	3	—	5

* Применяется ламповая сажа.

Продолжение табл. 24

Увлажнение, % на 100 г массы			Назначение
№ элек- троди- та	коли- чества элек- троди- та	нода, мл	
17	6	10	Холодостойкие элементы
19	28	—	Номерные холодостойкие элементы без замочки агломератов
19	24	—	То же, с замочкой агломератов
19	33	—	Холодостойкие элементы с замочкой агломератов
38	14	—	Фонарные летние батареи и элементы без замочки агломератов
21	6	5	Летние элементы с замочкой агломератов
17	6	11	То же, без замочки
17	15	—	Анодные батареи для радиоприемников
38	14,0	—	Фонарные летние батареи и элементы без замочки
21	6,0	5,0	Фонарные летние батареи с замочкой
17	6,0	11	Элементы без замочки
17	15	—	Анодные батареи радиоаппаратуры
38	14	—	Фонарные летние батареи без замочки
21	6	3	То же, с замочкой

центробежной силы и прижимаются к внутренним стенкам. Чем больше скорость вращения барабана, тем больше величина центробежной силы. При достаточно большой скорости центробежная сила превышает силу тяжести и осыпания слоев частиц не будет происходить, все частицы при этом будут вращаться вместе с барабаном и находиться как бы прижатыми к его стенкам. Очевидно, что в таком случае сухое перемешивание будет малоэффективной операцией. Для максимального перемешивания компонентов скорость вращения не должна быть слишком большой.

Барабаны изготавливают из стали толщиной 8—10 мм и футеруют изнутри коррозионно-стойкими пластическими материалами. Барабанные смесители имеют внутренний объем 360—600 л.

Во время загрузки и после окончания сухого перемешивания смесители отключают. Загрузка и выгрузка производятся с помощью брезентовых рукавов, соединяющих барабан с соответствующими горловинами загрузочных и разгрузочных люков. Длительность перемешивания устанавливается путем взятия пробы для химического анализа на соотношение C/MnO_2 .

Продолжительность смешивания компонентов определяется скоростью вращения барабана, его диаметром, степенью заполненности барабана компонентами. Обычно продолжительность сухого перемешивания составляет 40—60 мин.

Загрузка барабана производится согласно применяемой технологии с соблюдением принятой последовательности заполнения барабана компонентами агломератной смеси. Сначала из автомукомеров поступает отвешенное количество пиролюзита и ГАПа, затем вводится отвешенное количество графита, сажи, активированного угля и хлористого аммония. Нашатырь загружается вручную совком или лопатой. Влажность нашатыря проверяется перед загрузкой. Допустимое количество влаги не должно превышать 2%. В случае повышенной влажности загружается большее количество хлористого аммония, чтобы содержание компонента в пересчете на сухое вещество соответствовало рецептуре агломератной активной массы.

После окончания загрузки барабана закрывается загрузочный люк и включается электрический двигатель, вращающий смесительный барабан. После окончания сухого перемешивания и выключения электрического двигателя на разгрузочный люк надевается брезентовый рукав и смесь сыпается в смеситель влажного перемешивания.

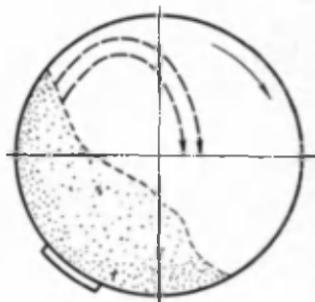


Рис. 79. Схема движения твердых частиц при сухом перемешивании компонентов агломератной смеси

§ 35. Влажное перемешивание компонентов агломератной смеси

Влажное перемешивание заключается в равномерном распределении электролита в сухой активной массе. Наилучшие результаты получаются при перетирании смеси с электролитами и при перемешивании вращающимися лопастями. Обычно применяются лопастные смесители, характеризующиеся простотой и прочностью конструкции. Увлажненная смесь теряет свойство сыпучести и требуется прикладывать большие усилия на рабочие узлы смесителя для того, чтобы перемешивать активную массу, имеющую консистенцию густого теста. Для уменьшения потерь электролита из-за испарения влаги во время перемешивания и для предотвращения загрязнения рабочего помещения пылевидными частицами, обильно поступающими в воздух в начале перемешивания, когда электролит еще недостаточно равномерно распределен в активной массе, применяется возможно большая герметизация смесителя.

Внутренняя поверхность смесителя и лопасти должны быть футерованы или изготовлены из титана для предотвращения загрязнения активной массы солями железа, образующимися при контакте двуокиси марганца и электролита со стальными деталями смесителя. Титан обладает большой механической прочностью и не подвергается коррозии в растворах солей, кислот и щелочей, применяемых в промышленности химических источников тока.

На рис. 80 показана конструкция лопастного смесителя для влажного перемешивания. Смеситель состоит из корпуса 3 и двух горизонтально расположенных z-образных лопастей 2, которые при работе смесителя вращаются в противоположных направлениях. Корпус футерован 8—10-миллиметровым листовым титаном. Электрический мотор мощностью 25—30 квт через редуктор 1 приводит лопасти во вращательное движение. Привод 5 предназначается для опрокидывания смесителя при выгрузке приготовленной агломератной смеси.

Смеситель работает периодически. Загрузка производится через люк на крышке (на рисунке не показан). Смеситель заполняется на $\frac{2}{3}$ своего объема, равного 350—400 л. Продолжительность перемешивания 30—50 мин.

Электролит подается в смеситель несколькими порциями через ороситель. Для проверки равномерности перемешивания выключается электрический двигатель и через люк отбирается проба для анализа на содержание влаги.

При определении влажности навеска активной массы, взвешенная на аналитических весах, высушивается при температуре 105—110°С до постоянного веса. По разности веса исходного и высушенного образца рассчитывается процентное содержание

влаги. Например, навеска активной массы 12,04 г. После сушки при первом взвешивании вес активной массы 9,90 г. При последующих взвешиваниях вес остался постоянным, равным 9,84 г.

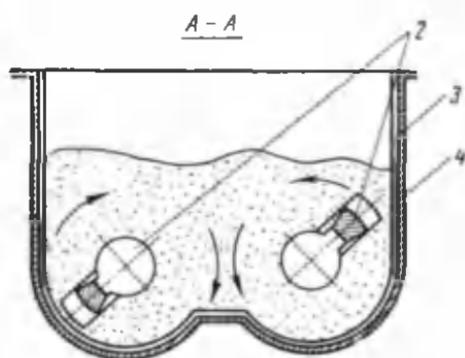
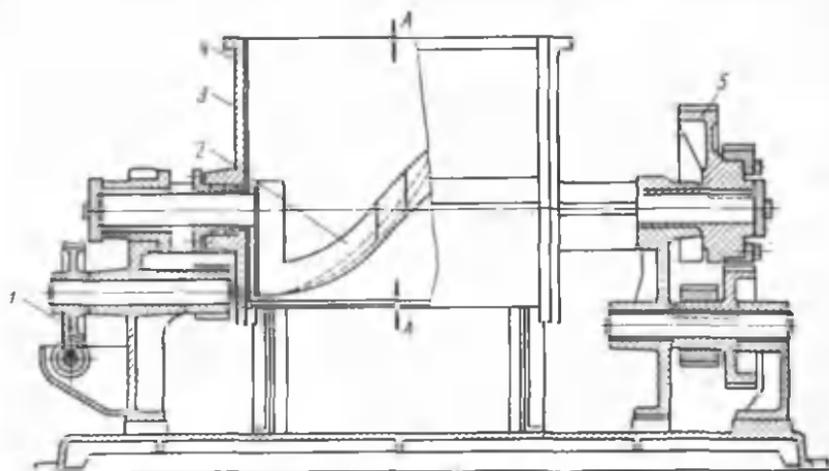


Рис. 80. Лопастной смеситель для влажного перемешивания компонентов агломератной смеси:
1 — редуктор, 2 — лопасти,
3 — корпус, 4 — футеровка корпуса, 5 — привод

Вес влаги в образце равен $12,04 \text{ г} - 9,84 \text{ г} = 2,2 \text{ г}$. В $12,04 \text{ г}$ образца содержится $2,2 \text{ г}$ влаги, а в 100 г — $x \text{ г}$. Откуда имеем:

$$\begin{aligned}
 &12,04 \text{ г} - 2,2 \text{ г}, \\
 &100 \text{ г} - x, \\
 &x = \frac{100 \cdot 2,2}{12,04} \approx 18 \text{ г, или } 18\%.
 \end{aligned}$$

Таким образом, содержание влаги в данном образце равно 18% .

В зависимости от рецептуры содержание влаги в агломератной массе допускается в пределах 13—19%.

После влажного перемешивания многие агломератные смеси поступают на операцию уплотнения. Не уплотняются лишь агломератные массы, содержащие активированный уголь и предназначенные для элементов марганцево-воздушно-цинковой или воздушно-цинковой электрохимической системы.

§ 36. Уплотнение и просеивание агломератной смеси

После влажного перемешивания активная масса находится в рыхлом состоянии. Для изготовления из рыхлой активной массы положительных электродов-агглюмератов методом прессования

необходимо иметь большой загрузочный объем в оборудовании для прессования. Такое свойство смеси усложняет конструкцию оборудования и приводит, кроме того, к появлению неравномерно уплотненных участков в готовом агломерате. Частицы такой активной массы, находящиеся на периферии агломерата, более близко находятся по отношению друг к другу, чем частицы, расположенные внутри электрода. Вследствие различного характера распределения твердых частиц электрод имеет неравномерную пористость и механическую прочность и недостаточное количество активной массы в объеме электрода. Гальванические элементы с такими электродами имеют пониженные электрические характеристики.

Уплотнением агломератной массы достигается возможность в процессе прессования поместить в габариты электрода максимальное количество активного материала с равномерно распределенной заданной пористостью.

Операция уплотнения агломератной смеси производится на уплотнительных вальцах, схема работы которых показана на рис. 81.

Уплотнительные валки 3, 11 изготавливают из гранита. С помощью регулировочного рычага 1 устанавливается зазор между

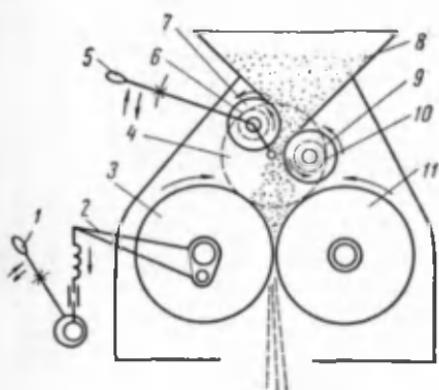


Рис. 81. Схема работы уплотнительных валков:

1 — рычаг регулировки зазора уплотнительных валков, 2 — система амортизации и регулировки, 3, 11 — уплотнительные валки, 4 — шестерня с внутренними зубьями, 5 — рычаг регулировки зазора между распределительными валками, 6 — шестерня распределительных валков, 7, 9 — распределительные валки, 8 — загрузочный желоб, 10 — шестерня распределительного валка

валками. Величина зазора обычно выбирается в пределах 0,5—1,5 мм. Подшипники валков смонтированы на раме. Для безопасности обслуживания валки накрываются кожухом. Привод валков осуществляется шкивом от электрического мотора.

В уплотнительные валцы агломератная смесь загружается через желоб 8. Этот желоб имеет большое загрузочное окно. Для равномерного уплотнения активная масса поступает на уплотнительные валки непрерывным потоком с постоянной скоростью. Равномерная подача производится распределительными валками 7 и 9. Один из них 9 имеет привод от уплотнительного валка и с помощью шестерни 10 приводит в движение шестерню 4 с внутренними зубьями. С помощью шестерни 4 производится вращение валка 7, связанного с регулировочным рычагом 5. Таким образом, валки вращаются в одном направлении против часовой стрелки.

Распределительный валок 7 увлекает агломератную массу вверх, а валок 9 подает ее на уплотнительные валки 3, 11, направляя агломератную смесь вниз. Вследствие такого направления движения активной массы твердые частицы, попадающие в щель между валками 7 и 9, не входят в движение, не забивают эту щель и не слеживаются, а как бы «струей» равномерно поступают на уплотнительные валки. Зазор между распределительными валками регулируется рычагом 5, имеющим около рукоятки обозначение «больше—меньше», соответствующее направлению поворота рычага для изменения зазора. Внешний вид уплотнительных валцов показан на рис. 82.

Агломератные смеси всех марганцево-цинковых элементов обязательно уплотняются. Смесь № 5, предназначенная для марганцево-воздушно-цинковых источников тока не уплотняется. Уплотненная активная масса просеивается на сите-трясуне, име-



Рис. 82. Уплотнительные валцы:

1 — шестерня с внутренними зубьями, 2 — загрузочный желоб, 3 — система амортизации и регулировки зазора, 4 — рычаг

ющем отверстия около 5 мм; применяется сито-трясун такой же конструкции, как в случае просеивания нашатыря.

Процессы влажного перемешивания и уплотнения длятся около 2 ч, однако этого времени недостаточно для того, чтобы влага равномерно распределялась во всех микроскопических порах.

Готовая уплотненная агломератная масса поступает на склад, где она вылеживается в течение 2—3 суток. В период вылеживания происходит равномерное распределение влаги во всем объеме агломератной активной массы. Вылеживание производится в плотно закрытых ящиках-контейнерах, и только после этой операции агломератная масса поступает в отделение изготовления положительных электродов.

Агломератная масса каждого замеса снабжается паспортом, в котором указываются результаты химического анализа на соотношение C/MnO_2 , % хлористого аммония, % влаги и дата изготовления.

СОСТАВ И ПРИГОТОВЛЕНИЕ СОЛЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

§ 37. Состав солевых электролитов

Солевые электролиты для марганцево-цинковых и марганцево-воздушно-цинковых элементов представляют собой водные растворы хлористого цинка $ZnCl_2$, хлористого аммония NH_4Cl и хлористого кальция $CaCl_2$.

При введении в электролит хлористого кальция получают растворы с низкими температурами замерзания, поэтому для всех холодостойких гальванических элементов и батарей, работоспособных при температурах $0 \div -40^\circ C$, применяются электролиты, содержащие это вещество.

Хлористый цинк и хлористый аммоний участвуют в токообразующей реакции и вторичных процессах при разряде элементов.

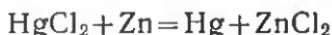
Таблица 25

Влияние хлористого цинка на скорость загустевания электролита с загустителем

Температура, °C	Время загустевания раствора, содержащего NH_4Cl и муку, сек	
	без $ZnCl_2$	с 10% $ZnCl_2$
60	Не загустевает	45
70	180	35
80	60	30
90	40	25
100	30	20

Кроме того, хлористый цинк оказывает влияние на скорость загустевания электролитов, содержащих хлористый аммоний и загустители — муку и крахмал. В табл. 25 показано влияние хлористого цинка на скорость загустевания такого раствора.

В электролиты, используемые для приготовления пастовых диафрагм, которые непосредственно соприкасаются с цинковым электродом, вводится сулема HgCl_2 . Сулема на поверхности цинкового электрода восстанавливается до металлической ртути



Образовавшаяся металлическая ртуть амальгамирует поверхность цинка и снижает скорость его коррозии. Количество ртути должно быть достаточным для амальгирования всей поверхности цинка. При большом количестве ртути наблюдается амальгамация внутренних частей электрода, вызывающая хрупкость цинка. Обычно электролиты для пастовых диафрагм содержат 3—15 г/л сулемы.

В некоторые растворы, применяющиеся для приготовления загущенных электролитов, добавляется дубящее вещество — сернистый хром. В результате дубления паста не разжижается при высокой температуре и становится более прочной. Сернистый хром вводится в электролиты в виде 26%-ного раствора удельного веса 1,204—1,212 г/см³, который добавляется в небольшом количестве: 0,4—30 мл на литр электролита.

Электролиты для диафрагм галетных элементов содержат ингибитор — вещество, замедляющее скорость коррозии цинка. В качестве ингибитора используется двуххромовокислый калий (хромпик), добавляемый в электролит в небольшом количестве.

Различают обычные электролиты, электролиты-загустители и «болтушки». «Болтушки» представляют собой электролиты, загущенные крахмалом или хлебопекарной пшеничной мукой. «Болтушки» обладают свойством загустевать, приобретая при этом студенистое состояние (состояние геля). Загустевание «болтушек» называют созреванием. Загустевание ускоряется при повышении температуры. Название «болтушки» объясняется особенностями приготовления таких электролитов, получающихся при взбалтывании и перемешивании обычного солевого электролита с электролитом-загустителем. Иногда после смешивания этих электролитов в «болтушку» дополнительно вводится крахмал или мука.

Электролит-загуститель также содержит крахмал и муку, но в отличие от «болтушки» либо совсем не загустевает, либо загустевает очень медленно.

По температурному интервалу электролиты подразделяются на три группы:

а) летние электролиты, применяющиеся в элементах, которые работоспособны при температурах $-20^\circ \div +60^\circ \text{C}$;

б) универсальные электролиты, применяющиеся в элементах, которые эксплуатируются при температурах $-40^{\circ} \div +60^{\circ} \text{C}$;
в) холодостойкие электролиты используются в элементах, которые предназначаются для разряда при температурах $-40 \div +40^{\circ} \text{C}$.

Рецептура некоторых солевых электролитов для гальванических элементов и батарей приведена в табл. 26.

Вязкость «болтушек» контролируется по времени вытекания пасты из пипетки объемом 47 мл и диаметром 5 мм. Загущенные электролиты № 27 и 29 вытекают за 18—25 сек, а № 30 — за 22—30 сек.

§ 38. Приготовление солевых электролитов

Приготовление исходных электролитов, при смешении которых получается «болтушка», и электролитов для увлажнения агломератной смеси и диафрагм производится в электролитном отделении.

Смешение электролитов и получение «болтушек» осуществляются непосредственно на участке, на котором используется загущенный электролит.

Рассмотрим схему производства электролитов.

Хлористый аммоний и хлористый кальций поступают в электролитное отделение в виде твердых веществ, хлористый цинк — в виде раствора с удельным весом $1,480 \text{ г/см}^3$.

Растворение солей в воде производится в деревянных, пластмассовых или гуммированных (т. е. футерованных резиной) баках, снабженных лопастной механической мешалкой, изготовленной из коррозионно-устойчивых материалов. Так как растворение нашатыря происходит с поглощением тепла, то для ускорения процесса растворения вода предварительно подогревается до $70-80^{\circ} \text{C}$. Подогрев воды осуществляется острым паром, который подается по резиновому шлангу, конец которого опущен до дна бака. Пар проходит через воду и нагревает ее. В подогретую воду при включенной мешалке засыпается отвешенное количество нашатыря в соответствии с рецептурой электролита. После полного растворения нашатыря в бак загружается требуемое количество хлористого кальция и отмеренное количество раствора хлористого цинка. После растворения солей раствор охлаждается и разбавляется водой до получения электролита с определенным удельным весом. Определение удельного веса производится с помощью ареометра, который опускается в стеклянный цилиндр с электролитом, имеющим температуру $15-20^{\circ} \text{C}$. По глубине погружения ареометра определяется удельный вес раствора. При необходимости повторно добавляется вода для точной коррекции раствора по удельному весу.

Приготовленный раствор подается по шлангам или трубам на фильтровальное устройство для отделения электролита от ме-

Рецептура и назначение солевых электролитов марганцево-цинковых элементов

№ рецептур	Основной состав			Добавки			рН	Загуститель		Удельный вес, г/см ³	Назначение
	NH ₄ Cl, %	ZnCl ₂ , %	CaCl ₂ , %	HgCl ₂ , г/л	K ₂ Cr ₂ O ₇ , г/л	26% Cr ₂ (SO ₄) ₃ , мл/л		мука, г/л	крахмал, г/л		
6	20	—	—	—	—	—	—	—	—	1,058	Для увлажнения агломератных смесей № 3 и 12
17	23,5	6,1	3,1	—	—	—	5,4	—	—	1,14	Для увлажнения агломератных смесей № 5, 9, 10 для замочки диафрагм и агломератов
18—1	Электролит № 17		—	5	3	—	—	—	—	—	Замочка диафрагм летних галетных батарей
19	7,2	4,9	26,9	—	—	—	5,6	—	—	1,318	Увлажнение агломератных смесей № 1, 2, 11, 13, 15, 18, 22, 23, 26 и приготовление электролитов № 32, 32—1, 32—2, 32—3, 33
20	Электролит № 19		—	4	—	—	—	—	—	—	Для приготовления «болтушки» № 32
20—1	Электролит № 19		—	5	3	—	—	—	—	—	Замочка диафрагм галетных батарей
20—2	Электролит № 19		—	3	—	—	—	—	—	—	Для приготовления «болтушки» № 32—1
20—4	Электролит № 20—2		—	—	—	0,4	—	—	10	—	Загуститель «болтушки» № 32—1
20—3	Электролит № 19		—	5	—	—	—	—	—	—	Для приготовления «болтушки» № 32—2
20—5	Электролит № 20—3		—	—	—	0,4	—	—	10	—	Загуститель «болтушки» № 32—2

№ ре- цептур	Основной состав			Добавки	
	NH_4Cl , %	ZnCl_2 , %	CaCl_2 , %	HgCl_2 , г/г	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, г/г
20—6	Электролит № 19		—	6	—
20—7	Электролит № 20—6		—	—	—
21	28	25	—	—	—
22	18	6,7	0,75	1,5	—
23	—	5,3	29,1	—	—
23—1	Электролит № 23		—	10	5
23—2	Электролит № 23		—	—	—
24	{ 50% электро- лита № 23—1		—	—	—
	{ 50% электро- лита № 23—2		—	—	—
27	Электролит № 22		—	—	—
29	Электролит № 17		—	1	—
30	Электролит № 17		—	4	—

Продолжение табл. 26

20% г _а (SO ₄) _а м.а./л.	рН	Загуститель		Удельный вес, г/см ³	Назначение
		мука, г/л	крахмал, г/л		
—	—	—	—	—	Для «болтушка» № 32—3
0,4	—	—	10	—	Загуститель «болтушки» № 32—3
—	5,4	—	—	1,302	Увлажнение агломератных смесей № 8, 16, замочка диафрагм летних стаканчиков элементов
—	5,35	—	—	1,09	Для «болтушки» № 27
—	5,75	—	—	1,320	Универсальные галетные батареи
—	—	—	—	—	Для «болтушки» № 24
0,4	—	—	10	—	Загуститель для «болтушки» № 24
30	—	—	245	—	«Болтушка» для универсальных галетных батарей
—	—	125	125	—	«Болтушка» для летних анодных, фонарных батарей
—	—	75	75	—	«Болтушка» для марганцево-воздушно-цинковых элементов и батарей
—	—	135	—	—	«Болтушка» для летних элементов

№ ре- цептур	Основной состав			Добавки	
	NH_4Cl , %	ZnCl_2 , %	CaCl_2 , %	HgCl_2 , г/л	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, г/л
32	Электролит № 20		—	—	—
32—1	50% электро- лита № 20—2		—	—	—
32—2	50% электро- лита № 20—4		—	—	—
	50% электро- лита № 20—3				
32—3	50% электро- лита № 20—5		—	—	—
	50% электро- лита № 20—6				
	50% электро- лита № 20—7				
33	Электролит № 20—1		—	—	—
34	Электролит № 38—1		—	—	—
38	23,3	16,1	0,40	—	—
38—1	Электролит № 38		—	15	—

Продолжение табл. 26

26% Cr ₂ (SO ₄) ₃ м.д.д.	рН	Загуститель		Удельный вес, г/см ³	Назначение
		мука, г/д	крахмал, г/д		
—	—	210	—	—	«Болтушка» для холо- стойких элементов
10	—	245	—	—	Универсальные галет- ные батареи
30	—	245	—	—	«Болтушка» универ- сальных стаканчиковых элементов
10	—	245	—	—	«Болтушка»
—	—	100 или	100	—	«Болтушка» для галет- ных батарей с ГАПом
—	—	—	100	—	«Болтушка» для галет- ных батарей с пиролюзи- том
—	5,35	—	—	1,200	Для увлажнения агло- мератных смесей № 7 и 14
—	—	—	—	—	Для пасты № 34

№ рецептур	Основной состав			Добавки			рН	Загуститель		Удельный вес, г/см ³	Назначение
	NH ₄ Cl, %	ZnCl ₂ , %	CaCl ₂ , %	HgCl ₂ г/л	K ₂ Cr ₂ O ₇ г/л	26% Cr ₂ (SO ₄) ₃ м.л./л		мука, г/л	крахмал, г/л		
39	23	—	0,75	—	—	—	6,35	—	—	1,075	Для «болтушки» № 41
40	23,5	32,2	—	—	—	—	5,0	—	—	1,365	Для «болтушки» № 42
41	Электролит № 39		—	—	—	—	—	—	190	—	Загуститель для «болтушки» № 42
42	{ 61% загуститель № 41		—	—	—	—	—	—	—	—	«Болтушка» для летних элементов
43	{ 39% электролит № 40		—	—	—	—	—	—	—	—	
43	18	16	10	—	—	—	5,15	—	—	1,273	Для быстрозагустевающей «болтушки» № 45
44	Электролит № 17		—	1,84	—	—	—	—	150	—	Загуститель быстрозагустевающей «болтушки» № 45
45	{ 50% загустителя № 41		—	—	—	—	—	—	—	—	Быстрозагустевающая «болтушка» для летних батарей
45	{ 50% электролит № 43		—	—	—	—	—	—	—	—	
46	20	12	—	—	—	—	—	—	—	1,51	Для «болтушки» № 47
47	Электролит № 46		—	1,5	—	—	—	1,15	115	—	«Болтушка» для КБС-Л-0,50
Е	13,5	21	—	—	—	—	4,6	—	—	1,21	Для элементов ЧМЦ-2

Примечание: Пасты № 30, 32, 32-1, 32-2, 42, 45 используются непосредственно после изготовления. «Болтушка» № 20-4 может храниться в течение суток, пасты № 29, 33, 41 — в течение трех суток, а № 27 — не более 7 суток при температуре 18° С.

ханических примесей, которые вносятся вместе с веществами при изготовлении электролита. На больших производствах подача электролита осуществляется по винипластовым трубам с помощью специальных насосов из коррозионно-стойких материалов.

Для фильтрации применяется суконный фильтр со слоем активированного угля.

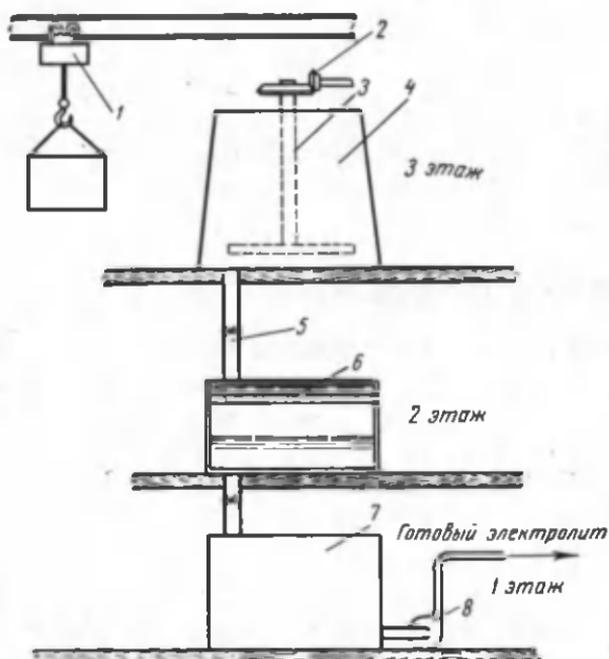


Рис. 83. Отделение приготовления солевых электролитов:

1 — тельфер для подачи солей, 2 — шестеренчатая передача, 3 — мешалка, 4 — бак для растворения солей, 5 — вентиль, 6 — фильтр, 7 — бак хранения электролита, 8 — насос

Оборудование электролитного отделения размещается таким образом, чтобы технологический поток по мере возможности проходил самотеком сверху вниз. На рис. 83 показано схематическое изображение примерного размещения оборудования по такому принципу. На 3 этаже размещается бак 4 с мешалкой 3 и тельферное устройство 1 для подачи и загрузки в бак компонентов электролита. Мешалка вращается через шестеренчатую передачу 2 от электрического двигателя. Растворы подаются на фильтр 6 самотеком через регулировочный вентиль 5. Отфильтрованный электролит стекает в бак 7 готового электролита.

Для приготовления электролитов-загустителей сначала смешивается путем взбалтывания небольшое количество электролита с просеянным через сито крахмалом. Просеивание производится для удаления комков крахмала и механических примесей. Большая часть рецептурного количества электролита нагревается до 60—70° С. В нагретый раствор при непрерывном перемешивании вводится первая порция электролита с крахмалом. После сливания обеих частей электролита раствор охлаждается.

Для изготовления «болтушек» сначала при перемешивании вводится крахмал или мука в обычный электролит, а затем добавляется электролит-загуститель. После приготовления «болтушка» процеживается через марлю или сито для отделения комков крахмала.

Приготовленный электролит с помощью насоса 8 перекачивается в отделение приготовления агломератной массы и на участок изготовления пастовых диафрагм.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ

§ 39. Изготовление картонажных деталей

Картонажные детали элементов и батарей — футляры, этикетки, крышки, различные прокладки, шайбы, диафрагмы некоторых галетных батарей — представляют собой детали для узлов конструкции и внешнего оформления химических источников тока.

Эти детали не участвуют в электрохимической токообразующей реакции, не изменяются по своему составу и геометрической форме при эксплуатации источника тока. Однако вес и занимаемый картонажными деталями объем оказывают влияние на удельные характеристики элементов и батарей. Поэтому при разработке конструкции источника тока стараются уменьшить вес и объем, занимаемый картонажными деталями.

Для изготовления картонажных деталей применяют коробочный плотный картон, кабельную бумагу, декоративную бумагу, фильтровальный картон.

Детали узлов внешнего оформления предохраняют источники тока от механических повреждений и воздействия окружающей среды (высыхания, подмокания), на узлах внешнего оформления укрепляются выводные клеммы и колодки переключения, этикетка с указанием типа и характеристики батареи.

Большие плоские детали вырезаются с помощью механических ножниц, а затем при штамповке дорабатываются требуемые контуры. Мелкие детали с отверстиями или со сложной конфигурацией контура вырубаются на штампах.

Основным оборудованием картонажного цеха является чертильно-резательная машина, на которой производится раскрой картона на заготовки и надрезание заготовок на местах последу-

ющего сгиба деталей сложной конфигурации (футляра, крышек).

На рис. 84 в двух проекциях показана схема работы чертильно-резательной машины. Лист картона 7 или край рулонного картона подается на стол машины 9. С помощью валков 2 кар-

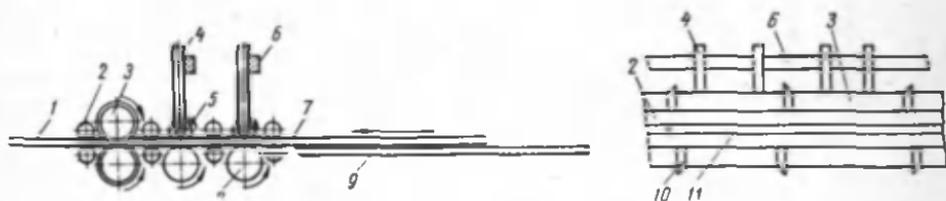


Рис. 84. Схема работы чертильно-резательной машины:

1 — полосы надрезанных заготовок, 2 — валки подачи картона, 3 — валки ножей резки картона, 4 — держатели ножей надрезания, 5 — ножи надрезания картона, 6 — траверса, 7 — лист картона, 8 — валки ножей надрезания картона, 9 — стол, 10 — ножи резки картона, 11 — надрез на картоне

тон пропускается с определенной скоростью через ножи надреза 5 и дисковые ножи 10. Валки 8 имеют гладкую поверхность. Установкой зазора между валком 8 и ножом надреза 5 определяется глубина надреза картона.

Ширина рабочей зоны машины 1,5 м. На чертильно-резательной машине можно одновременно вести раскрой и надрезку заготовок нескольких деталей, например футляров и крышек, что достигается установлением определенного расстояния между дисковыми ножами и ножами надреза. Валки 2, 3 и 8 с помощью зубчатых передач приводятся в движение электрическим мотором.

На рис. 85 показаны картонные заготовки корпуса и крышки для батареи «Энергия» после раскроя и штамповки вырезов и отверстий для октальной колодки включения.

Картонные заготовки корпуса и крышек батарей направляются на парафинировку и затем на шивание. На рис. 86 показан корпус марганцево-воздушно-цинкового элемента.

Перед шиванием заготовки загибаются по линиям надреза и прошиваются прсволокой. Для шивания картонажных изделий используется шивная машина, показанна на рис. 87. Рулон

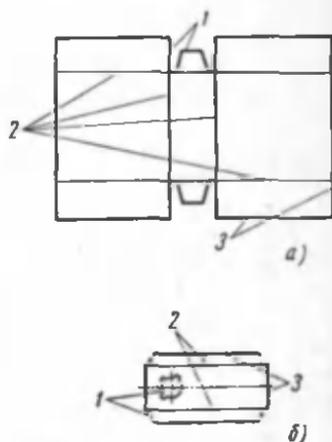


Рис. 85. Картонные заготовки корпуса и крышки батареи «Энергия»:

а — корпус, б — крышка; 1 — контур, выполненный штампом, 2 — линия сгиба, надрез, 3 — контур, выполненный чертильно-резательной машиной

железной проволоки укрепляется на размоточном устройстве машины 4. С помощью сшивной головки 3 детали сшиваются на кронштейне 2, укрепленном на станине 6.

Машина приводится в движение с помощью электрического мотора 1 через шкив 5.

Штамповка небольших по габаритам деталей производится с помощью штампа на эксцентриковом прессе, показанном на

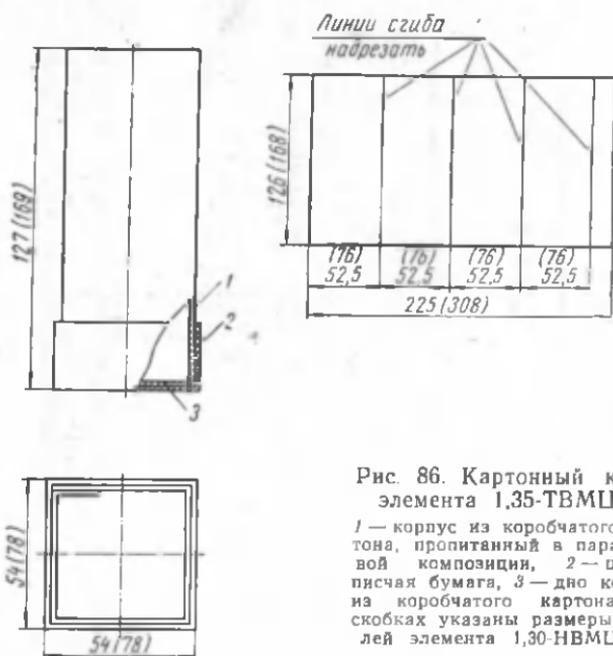


Рис. 86. Картонный корпус элемента 1,35-ТВМЦ-50:

1 — корпус из коробчатого картона, пропитанный в парафиновой композиции, 2 — цветная писчая бумага, 3 — дно корпуса из коробчатого картона. (В скобках указаны размеры деталей элемента 1,30-НВМЦ-150).

рис. 88. Штамп укрепляется на столе пресса, а хвостовик верхней плиты 6 штампа — к ползуну пресса 5, который совершает движения вниз и вверх с помощью эксцентрикового вала 4 и маховика пресса 3. К верхней плите штампа прикреплен пуансон вырубki. Водилом 7 приводятся в движение валки 2. С помощью валков 2 рулонный картон разматывается и подается под режущие части штампа. Прерывистый режим работы валков 2 осуществляется системой передач 8. При вырубке, когда пуансон движется вниз, валки 2 не вращаются, в момент движения пуансона вверх валки приводятся в движение и подают новый участок рулонного картона под вырубку и убирают высечку, т. е. оставшуюся часть картонной ленты.

Вырубленная деталь поступает в тару, расположенную в станине пресса под штампом.

На рис. 89 показаны штамп и ползун пресса при вырубке шайб.



Рис. 87. Шивная машина:

1 — электродвигатель, 2 — кройштейны, 3 — шивная головка, 4 — размоточное устройство, 5 — шкив, 6 — станина

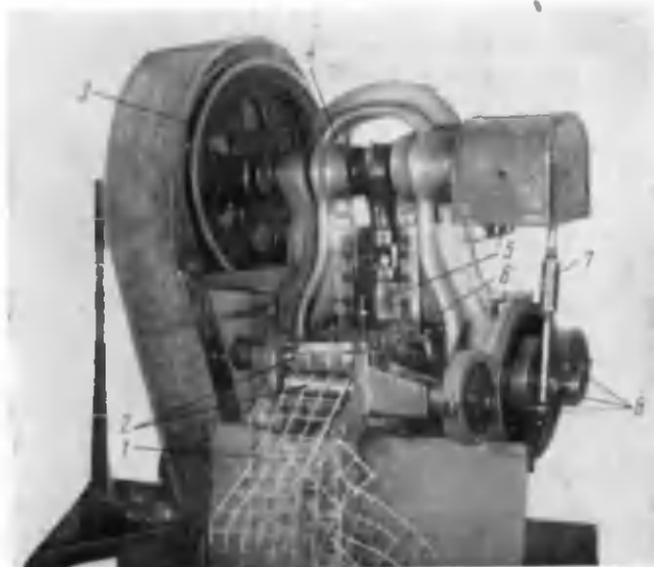


Рис. 88. Эксцентриковый пресс для вырубки картонных деталей:

1 — высечка-отход рулонного картона, 2 — валки, 3 — маховик, 4 — эксцентриковый вал, 5 — ползуны пресса, 6 — верхняя планка штампа, 7 — водило, 8 — система передач

Для изготовления футляров круглого сечения применяются автоматы, показанные на рис. 90, 91.

Футляры склеиваются с помощью жидкого стекла или другого клея.

Автомат, показанный на рис. 90, предназначен для склейки трубок из кабельной бумаги.

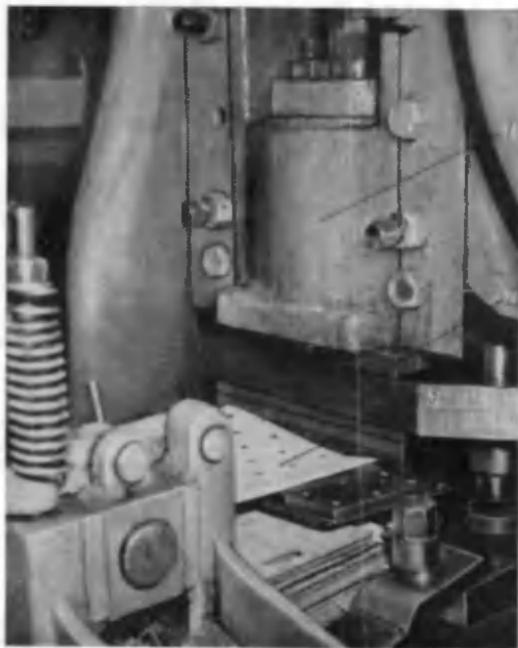


Рис. 89. Пресс со штампом для вырубки отверстий в картоне:

1 — лауи пресса, 2 — стол пресса, 3 — картон

Рассмотрим принцип работы этого автомата. Бумага из рулона 1 захватом 5 подается под рычажные ножницы 4. Рычажными ножницами обрезается полотно бумаги до определенного размера и захватывается веретеном. Край бумаги смазывается казеиновым клеем. Веретено наматывает на себя полотно бумаги, образуя трубку. Трубка снимается с веретена автоматически.

На рис. 90 зафиксирован момент, когда рычажные ножницы раздвинуты и захват 5 расположен у линии отреза полотна бумаги 2. Роликами 3 создается определенное натяжение бумаги. Все рабочие узлы автомата смонтированы на станине 6 и приводятся в движение электродвигателем 7.

Склеенные высохшие трубки разрезаются на несколько футляров. Автомат разрезания трубок на футляры показан на



Рис. 90. Автомат склеивания трубок из кабельной бумаги для футляров элементов № 373:

1 — рулон кабельной бумаги, 2 — линия отреза кабельной бумаги, 3 — ролики, 4 — рычажные ножницы, 5 — захват, 6 — станина, 7 — электродвигатель

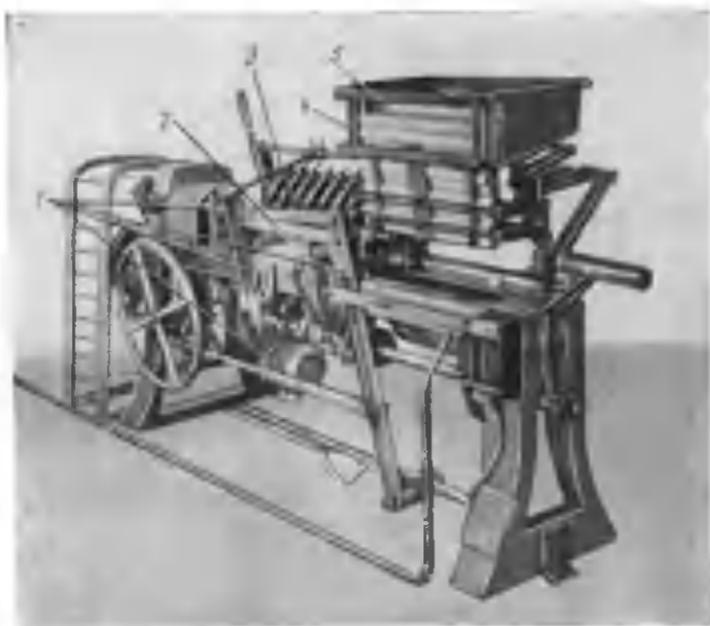


Рис. 91. Автомат резки картонных трубок на футляры элементов № 373:

1 — система рычагов, 2 — оправка, 3 — дисковые ножи, 4 — бункер, 5 — трубки из кабельной бумаги

рис. 91. На автомате имеется бункер 4, который заполняется трубками 5. С помощью систем рычагов 1 и на оправку 2 надевается трубка и дисковыми ножами 3 разрезается на семь частей. Каждая часть представляет собой футляр элемента № 373.

Для предохранения картонных деталей от намокания, а также для повышения изоляционных свойств производят пропитку изолирующими смесями (композициями).

Заготовки футляров больших габаритов пропитывают изоляционными композициями с одной стороны таким образом, что-

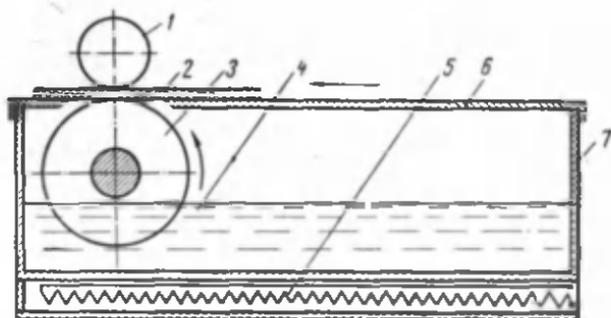


Рис. 92. Схема работы валков для одностороннего нанесения слоя изолирующей композиции:

1 — прижимной валок, 2 — картонная заготовка, 3 — валок для нанесения композиции, 4 — расплавленная изолирующая композиция, 5 — электрический нагреватель, 6 — крышка ванны, 7 — ванна

бы изоляционный слой был на внутренней поверхности футляра. Ванна с валками для односторонней пропитки заготовок показана на рис. 92. Металлический валок 3 приводится в движение электрическим мотором. При вращении валка расплавленная композиция 4 смачивает его поверхность и переносится на заготовку 2. Валок 1 прижимает заготовку к поверхности валка 3. Крышка 6 ванны 7 служит столом, по которому заготовки подаются в зазор между валками. Электрический нагреватель 5 поддерживает определенную температуру композиции 4.

Для каждого вида композиции применяется определенный температурный режим ванны. Так, например, для парафино-канифольной композиции поддерживается температура 100—130° С.

Для пропитки деталей небольших габаритов — шайб, прокладок и т. п. — используются корзины из металлической сетки. В них помещаются детали, и корзины погружаются в ванну с расплавленной композицией. Окончание пропитки определяется по прекращению выделения пузырьков воздуха с поверхности картонажных деталей.

Пропитанные детали вынимаются из ванны, избыток композиции стекает с поверхности пропитанных изделий, не образуя подтеков. При низкой температуре в ванне возможно появление подтеков, которые изменяют внешний вид и габариты деталей. Детали с подтеками поступают на пропитку вторично или бракуются. Изготовленные картонажные детали поступают в отделение сборки элементов и батарей.

§ 40. Изготовление полихлорвиниловой трубки для галетных элементов

Основным конструктивным материалом при изготовлении галетных марганцево-цинковых элементов является полихлорвиниловая пленка, обтягивающая и скрепляющая в единый узел агломерат, диафрагму и цинковый электрод.

Полихлорвиниловая пленка изготавливается в виде трубки разного диаметра. Диаметр трубки выбирается с учетом габаритов элементов. Например, для самых крупных элементов, из которых собирается батарея «Энергия», используется трубка, имеющая длину полукольца (т. е. половину длины окружности) 55—60 мм и толщину стенки 0,33 мм. Для небольших галетных элементов применяется трубка с длиной полукольца 8,5—9,5 мм и толщиной 0,2 мм.

Полихлорвиниловая трубка эластична, она может растягиваться по длине в 2—2,5 раза без образования разрывов. Вследствие пластичности полихлорвинила в трубку можно вставлять элемент, имеющий больший периметр, чем длина окружности трубки.

Для изготовления трубки применяется полихлорвиниловый пластикат из смолы Р-38. Пластикат выпускается в виде мелких комков (гранул) диаметром 3—5 мм. Он является хорошим диэлектриком, его удельное сопротивление при 20°С не менее 10^{13} ом·см. При температуре 180°С наблюдается размягчение пластиката. Пластикат характеризуется сопротивлением разрыва не менее 100 кг/см². Все эти характеристики определяют свойства трубки, обеспечивающие простую технологию сборки и герметичность галетных элементов.

Рассмотрим технологию и оборудование для изготовления полихлорвиниловых трубок.

Для производства полихлорвиниловой трубки применяется шприц-пресс производительностью 25 м трубки в 1 мин. На рис. 93 показана схема работы этого пресса.

Корпус шприц-пресса и шнек 7 смонтированы на станине 9. Гранулированный полихлорвиниловый пластикат загружается в бункер 8 шприц-пресса. При вращении шнека 7 гранулы перемещаются в зону нагрева. Шнек приводится в движение электрическим мотором через клиноременную и зубчатую передачи.

Нагревание до требуемой температуры производится с помощью нагревателя *б*. При чрезмерно высокой температуре наблюдается появление сквозных отверстий в трубке. Сквозные отверстия недопустимы, так как они не позволяют обеспечить герметичность галетного элемента. Поэтому поддержание определенной температуры является важным фактором в технологическом режиме. При прохождении зоны подогрева гранулы пластика расплавляются.

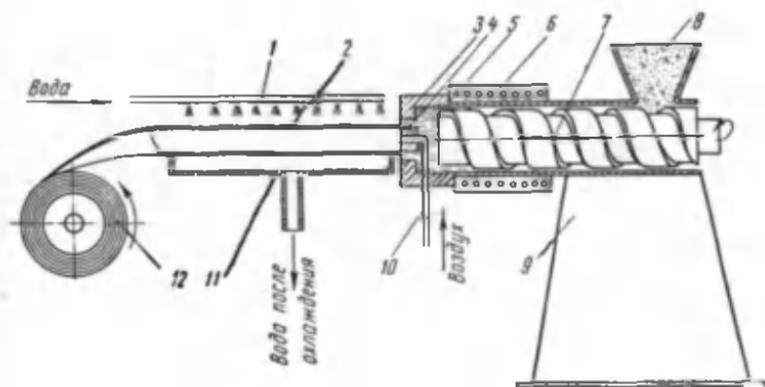


Рис. 93. Схема работы шприц-пресса для изготовления полихлорвиниловой трубки:

1 — душевая система, 2 — полихлорвиниловая трубка, 3 — матрица, 4 — пуансон, 5 — расплавленный полихлорвинил, 6 — нагреватель, 7 — шнек, 8 — бункер с гранулами пластика, 9 — станина, 10 — шланг для подачи воздуха, 11 — желоб, 12 — устройство для намотки полихлорвиниловой трубки

Расплавленный полихлорвинил 5 выдавливается в виде трубки 2 через систему матрицы и пуансона. Трубка должна иметь одинаковую толщину стенок, которая обеспечивается правильной установкой матрицы относительно пуансона. Зазор между матрицей и пуансоном по всей окружности должен быть одинаковым. Диаметр трубки и толщина ее стенок определяются подбором сменных матрицы 3 и пуансона 4.

Трубка 2 охлаждается с помощью водяного душа 1. Вода после охлаждения вытекает из желоба 11. Для предупреждения слипания стенок теплой трубки при выходе ее из шприц-пресса по шлангу 10 внутрь трубки подается воздух под давлением 0,3 ат. Подача воздуха по шлангу производится вентилятором. Готовая трубка из желоба 11 пропускается к наматывающему устройству 12. Намотанная в виде рулона полихлорвиниловая трубка разрезается на отрезки определенной длины и затем поступает на участок сборки галетных элементов.

Внешний вид пресса показан на рис. 94.

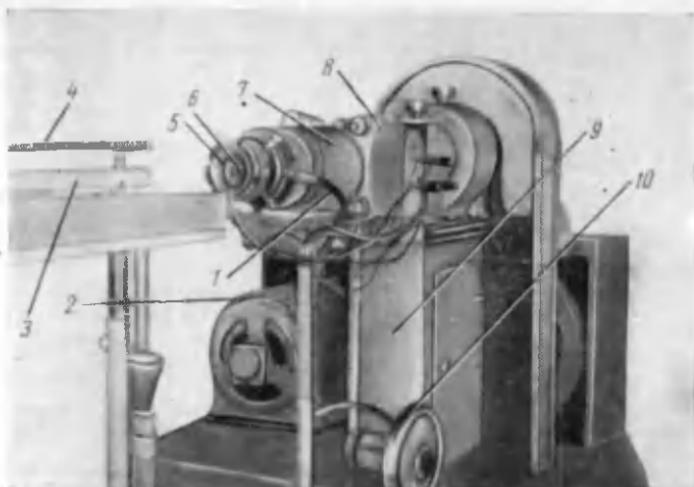


Рис. 94. Внешний вид шприц-пресса для изготовления полихлорвиниловой трубки:

1 — шланг для подачи воздуха, 2 — двигатель, 3 — желоб, 4 — душевая система, 5 — пуансон, 6 — матрица, 7 — нагреватель, 8 — загрузочный узел, 9 — станина, 10 — вентилятор

§ 41. Изготовление и сборка контактных колодок для галетных батарей

Галетные батареи имеют много вариантов конструктивного исполнения контактных колодок и выводных клемм. Рассмотрим в качестве примера изготовление контактных колодок (рис. 95) и клемм (рис. 96) для батарей «Крона-1Л». Гетинаксовые пластины изготавливаются штамповкой так же, как и картонажные детали.

Заготовки для клемм контактной колодки представляют собой крестообразные пластины, отштампованные из мягкой латунной ленты Л-62 толщиной 0,35 мм. Штамп для изготовления крестообразных заготовок показан на рис. 97. Заготовки вытягиваются в виде контактных клемм (см. рис. 96) на штампе, изображенном на рис. 98.

Штамп имеет поворотный диск 3, вращающийся в направлении, указанном на рис. 98 стрелкой Б. Вращение производится с помощью клина 1, жестко связанного с верхней плитой штампа и хвостовиком 2. Хвостовик 2 укрепляется в ползуне кривошипного пресса и движется при работе штампа вверх или вниз. Крестообразные заготовки для клемм вставляются в гнезда 4 диска, как показано на рис. 98 стрелкой А. При вращении диска заготовка уносится в зону вытяжки к деталям штампа,

расположенным под хвостовиком 2. Под этим хвостовиком имеется пуансон и матрица вытяжки. Отштампованные клеммы при последующем повороте диска 3 уносятся из рабочей зоны штампа и вынимаются из гнезд, как показано на рис. 98 стрелкой В.

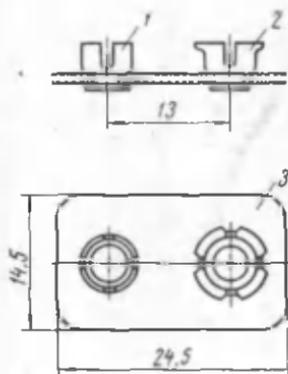


Рис. 95. Контактная колодка батареи «Крона-1Л»:

1, 2 — клеммы, 3 — картонная пластина

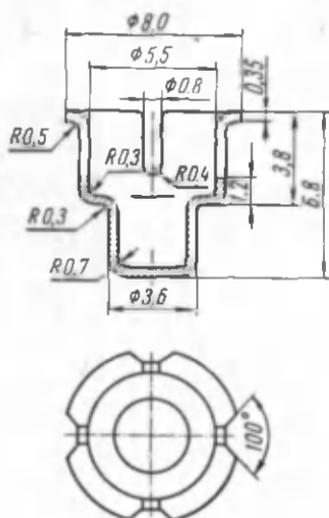


Рис. 96. Контактные клеммы для батареи «Крона-1Л»

Отштампованные клеммы никелируются гальваническим способом, а затем запрессовываются в отверстиях картонных пластин.

§ 42. Подготовка изолирующих композиций

Изолирующие композиции готовятся смешением расплавленных компонентов — битума, парафина, озокерита, канифоли — с наполнителями и маслами.

На небольших производствах пользуются металлическими котлами, имеющими обогрев твердым, жидким или газообразным топливом.

В случае применения больших количеств изолирующих композиций изготовление композиций производится механизированным способом.

На рис. 99 показана схема расположения оборудования и трубопроводов участка приготовления изолирующих композиций механизированным способом.



Рис. 97. Штамп для изготовления заготовок контактов батареи «Крона-1Л»



Рис. 98. Штамп для вытяжки контактных клемм батареи «Крона-1Л»:

А — направление вставки заготовки, *Б* — направление движения диска,
В — направление удаления готовых контактных клемм;
 1 — клин, 2 — хвостовик, 3 — поворотный диск, 4 — гвездо

Поступающий на этот участок битум упакован в бумажные мешки, стенки которых прочно приклеиваются к битуму. Для расплавления битума и отделения бумажной упаковки предназначена котел-отстойник 18, в который загружается около 2,5 т битума. Котел-отстойник имеет электрический обогрев. В нижней части котла располагается ложное дно в виде решетки. При

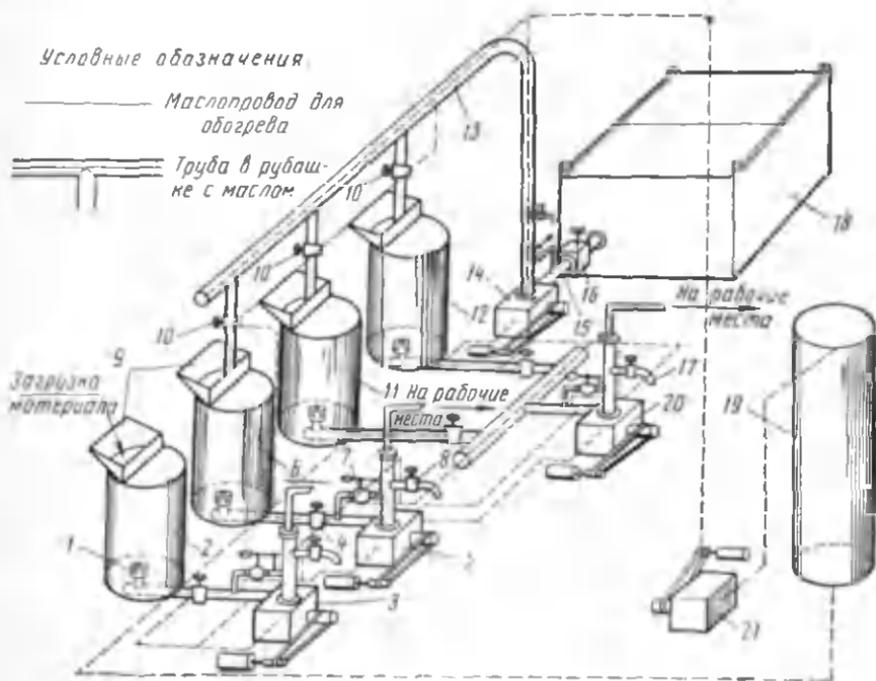


Рис. 99. Схема участка приготовления изолирующих композиций:

1 — решетка трубопровода, 2 — котел для парафино-канифольной композиции, 3 — насос для парафино-канифольной композиции, 4, 5, 14, 20 — битумные насосы, 6 — котел для приготовления битумной композиции, 7 — предохранительный клапан, 8, 10, 16 — вентили, 9 — загрузочный бункер, 11, 12 — битумные котлы, 13, 15 — трубопроводы, 17 — патрубок крана, 18 — котел-отстойник, 19 — масляная колонка, 21 — масляный насос

расплавлении битума бумага остается на решетке, а битум по трубопроводу уходит из котла-отстойника. Периодически решетку приходится освобождать от накопившейся бумаги. Трубопровод имеет предохранительную сетку, защищающую трубопровод и насос для перекачки битума 14 от загрязнения механическими примесями. Котел-отстойник изготавливается из листового железа или стали и имеет теплоизоляционную рубашку из стекловаты и асбеста. Для снижения рассеивания тепла в окружающий воздух котел снабжается крышкой, которая так же, как и корпус, имеет теплоизоляционный слой.

Битум, загружаемый в котел-отстойник, должен быть чистым, без включений песка и земли, поэтому техническими условиями предусматривается минимально возможное количество механических примесей.

Около котла-отстойника располагается битумный насос 14, предназначенный для перекачки битума из котла-отстойника в битумные котлы 11 и 12. Для перекачки включается насос 14 и вентилем 16 открывается задвижка в трубопроводе 15.

Битумные котлы 11 и 12 предназначаются для подогревания расплавленного битума до температуры 170—180° С. В каждый котел помещается около 1 т расплавленного битума, поступающего из котла-отстойника через трубопровод 13 и вентили 10 и 16. Битумные котлы имеют электрический обогрев, нагреватели располагаются в донной и боковой части котлов. Котлы снабжаются терморегуляторами, обеспечивающими поддержание заданной температуры, и термоизолирующим слоем. Из битумных котлов с помощью насосов 5 и 20 разогретый битум перекачивается по трубопроводам на рабочие места, где производится заливка батарей и элементов битумной композицией. Битумные насосы имеют предохранительные клапаны 7.

Давление в трубопроводах не превышает 1—1,5 ат. Регулировка давления в трубопроводах осуществляется перемещением грузов на рычаге предохранительного клапана 7 насоса.

В котле 6 готовится смесь битума с озокеритом и веретенным маслом. Заполнение котла 6 битумом производится при открытом вентиле 10, расположенном над котлом, и закрытом вентиле 8. После того как битум заполнит котел 6 до определенного уровня, производится загрузка озокерита и веретенного масла через загрузочный бункер 9. Расплавленные компоненты изолирующей композиции смешиваются, влага удаляется при температуре 110—140° С. Признаком окончания процесса является вспенивание смеси вследствие удаления летучих веществ. Битумным насосом 5 готовая композиция перекачивается на рабочие места, как показано на рис. 99 стрелкой.

Котел 2 предназначается для приготовления парафино-канифольной композиции. Он не имеет непосредственного соединения трубопроводами с битумными котлами и насосами. Конструкция этого котла аналогична устройству битумных котлов. Сначала загружается и расплавляется парафин, а затем вводится канифоль. После перемешивания компонентов готовая композиция по трубопроводам с помощью насоса 3 перекачивается на рабочие места.

Все битумные и парафино-канифольные котлы снабжаются лопастными мешалками, которые приводятся в движение электрическими двигателями, расположенными в верхней части котлов. Над котлами проходит тельферная грузовая дорога, по которой компоненты изолирующих композиций подвозятся к котлам. На

концах трубопроводов в нижней части всех котлов имеются защитные решетки 1, предохраняющие от попадания механических примесей в насосы и трубопроводы. С помощью вентиля 8 и патрубков 17 изолирующие композиции могут отбираться непосредственно из котлов без перекачки их по трубопроводам на сборочные участки.

Для предотвращения застывания композиций в системе трубопроводов и насосов все трубопроводы снабжаются рубашкой с подогретым маслом. С целью снижения потери тепла все системы имеют теплоизоляцию, которая состоит из слоя стеклошлякостекляной ваты и слоя штукатурки.

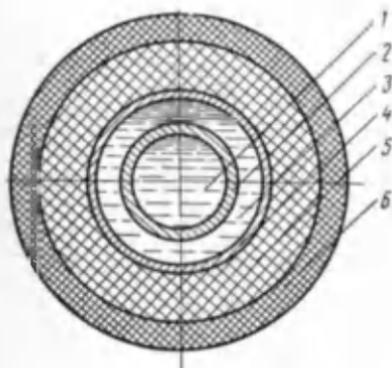


Рис. 100. Битумный трубопровод в масляной рубашке:

1 — битум, 2 — труба подачи битума, 3 — масло, 4 — труба подачи масла, 5 — теплоизоляционный слой, 6 — штукатурка

Для подогревания масла до температуры 200°С применяется нагревательная колонка 19. По маслопроводу подогретое компрессорное масло с помощью насоса 21 подается в систему трубопроводов 13. Колонка 19 имеет масломерное стекло, по которому определяется уровень масла в колонке. Проверка уровня и добавление масла производится перед включением электрического обогрева колонки. Нагрев масла осуществляется ступенчато: сначала температура доводится до 90°С, а затем обеспечивается повышение

температуры каждый час на 20°С. Компрессорное масло не должно иметь примеси воды, из-за испарения которой при нагревании масла происходит вспенивание.

На рис. 100 показано устройство трубопровода с масляной рубашкой.

Масляной обогрев используется только для подогревания трубопроводов отделения приготовления изолирующих композиций. Трубопроводы, по которым готовые композиции направляются на рабочие места, имеют электрический обогрев. Схема такого обогрева показана на рис. 101. Через вторичную обмотку понижающего трансформатора электрический ток подается к концам трубопровода 3, электрически изолированного от кронштейнов крепления. Из-за выделения тепла вследствие падения напряжения на сопротивлении труб происходит нагревание стенок трубопровода. Обычно вторичная обмотка рассчитывается на 14—40 в. Трубопроводы имеют теплоизоляционный слой, снижающий потери тепла и служащий одновременно электрической изоляцией. Медные токонесущие провода 4 прокладываются на кронштейнах

крепления трубопроводов. На участках, где требуется электрически изолировать трубопровод, применяются специальные соединительные фланцы 1 с электроизолирующей прокладкой 2. Такая система обогрева обеспечивает компенсацию потери тепла трубопроводами в воздух и поддерживает на заданной величине температуру перекачиваемой изолирующей композиции.

На рабочих местах участков потребления изолирующих композиций располагаются разборные колонки с индивидуальным электрическим обогревом. В эти колонки по трубопроводам из

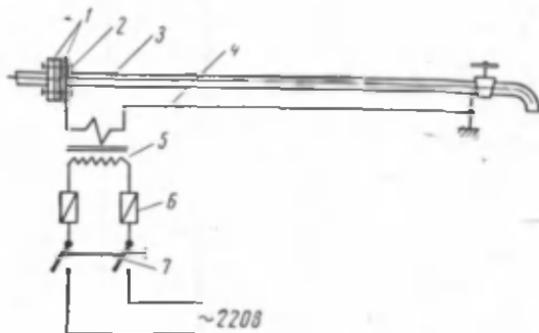


Рис. 101. Схема электрообогрева магистрального битумного трубопровода:

1 — соединительные фланцы, 2 — электроизолирующая прокладка, 3 — трубопровод с теплоизолирующим слоем, 4 — медный провод, 5 — понижающий трансформатор, 6 — предохранители, 7 — выключатель

отделения приготовления изолирующих композиций поступают расплавленные битумные или парафино-канифольные композиции. На рабочих местах установлены сигнальные кнопки, при нажатии которых в отделении приготовления композиций зажигается сигнальная лампочка и подается звуковой сигнал. По этим сигналам дежурный включает насосы, которые по трубопроводам перекачивают композицию к рабочему месту.

Так как изолирующие композиции представляют собой горючие смеси, которые могут вспыхивать при температурах около 220—230°С, то в отделении приготовления композиций предусматриваются специальные противопожарные мероприятия. В помещении устанавливаются баллоны с углекислым газом, от которых отходит специальная сеть защитных трубопроводов к битумным котлам, котлу-отстойнику и колонке подогрева масла. При возникновении пожара открывают вентиль баллонов с углекислым газом, которым тушится огонь.

Рассмотрим, как включается основное оборудование отделения приготовления изолирующих композиций. За 4—5 ч до перекачки композиции включается обогрев битумных котлов, котла-

отстойника и колонки подогрева масла. За 1,5 ч до перекачки производится включение электрообогрева трубопроводов и за 30 мин начинают подогреваться краны на рабочих местах. Проверка готовности системы осуществляется ручным поворотом шкива насосов на 1—2 оборота. При расплавленной композиции шкив легко поворачивается, в этом случае система готова к перекачиванию композиции на рабочие места по сигналу.

Особенности устройства и эксплуатации котлов, трубопроводов и системы обогрева показывают, что рабочие, обслуживающие отделение приготовления изолирующих композиций, должны хорошо знать свойства компонентов композиции, электрооборудование и иметь навык в тушении пожара. Особое внимание рабочих должно уделять поддержанию рекомендованного температурного режима цеховых трубопроводов. При перегревании трубопроводов возможно появление нагара внутри труб и уменьшение внутреннего сечения или даже закупорка просвета трубопровода. Неквалифицированное обслуживание приводит к сложной и дорогостоящей замене больших участков трубопроводов. Поэтому для предотвращения аварий и для бесперебойной работы отделения приготовления изолирующей композиции рабочий персонал должен пройти соответствующее обучение.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

§ 43. Парафинирование угольных стержней стаканчиковых элементов и набивка колпачков

Угольные стержни являются токоотводами в элементах стаканчиковой конструкции.

Они представляют собой спрессованные стержни, состоящие из угольного порошка и смолы, которая выполняет роль связующего вещества. Эти стержни, известные на производстве под названием «угольки», выпускаются с круглым сечением.

Основные требования, предъявляемые к ним, состоят в том, что:

угли должны быть прямыми, кривизна их должна укладываться в пределы допустимых изгибов, которые устанавливаются с помощью шаблонов;

поверхность углей должна быть ровной, без посторонних включений, раковин и трещин;

торцевые части углей должны быть гладкими и перпендикулярными высоте стержня;

угольные стержни должны иметь сопротивление излому, соответствующее размеру уголька. Механически прочными являются угольки размером 6×55 мм, если сопротивление излому не меньше 500 кг/см^2 . Для угольных стержней 15×116 мм эта величина не должна быть меньше 150 кг/см^2 ;

угли не должны содержать соединений меди, никеля, кобальта, а содержание железа сведено до минимума и составляет 0,5%; зольность углей не должна превышать 7%.

В марганцево-воздушно-цинковых элементах применяются угольные стержни больших размеров. Например, угольные стержни для элемента 1,30-НВМЦ-150, элементов батареи «Волна» имеют диаметр 18 мм и длину 135 мм, для батареи «Девиз» и «Экран» — диаметр 16 мм и длину 155 мм, для элемента 1,35-ТВМЦ-50, батареи «Прибой» — диаметр 15 мм и длину 116 мм.

В цилиндрических марганцево-цинковых элементах применяются стержни меньших размеров.

Угольные стержни, используемые для изготовления положительных электродов, парафинируются. При парафинировке микроскопические поры в угле заполняются парафином. Парафинировка предупреждает проникновение электролита через поры к металлическому колпачку, защищая его от коррозии.

В металлической ванне с электрообогревом расплавляется парафин. После его расплавления температура в ванне доводится до 120—130° С.

Парафин представляет собой смесь углеводородов с разной температурой плавления, поэтому в отличие от чистых веществ для парафина нет определенной точки плавления. Широкий интервал температур плавления всех углеводородов парафина обеспечивает выбор необходимой температуры расплавленного парафина.

Угольные стержни укладываются в металлическую сетку или перфорированный контейнер в вертикальном положении. Уровень парафина в ванне выбирается с таким расчетом, чтобы угольные стержни находились в ванне и были погружены на $\frac{1}{4}$ своей высоты. Сетки или контейнер опускается в ванну с расплавленным парафином и выдерживается в ней до полного прекращения выделения пузырьков воздуха из пор угольных стержней, что показывает заполнение пор парафином. Длительность этой операции обычно составляет 8—10 мин. После прекращения газовыделения сетку с угольными стержнями вынимают и дают возможность избытку парафина стечь в ванну.

Парафинированные угольные стержни не должны слипаться и иметь на поверхности видимый слой парафина. При низкой температуре во время пропитки угольные стержни имеют наплывы парафина. Такие стержни не обеспечивают надежный электрический контакт угля с агломератной массой в электроде, так как парафин является диэлектриком.

Непокрытые парафином торцевые части угольных стержней марганцево-воздушно-цинковых элементов окрашиваются мелом или суриком, размешанными с водой. В случае применения мела торцевые части угольных стержней имеют белую окраску, при ис-

пользовании сурика — оранжевый цвет. Эта операция производится для того, чтобы в дальнейшем определить, какой конец стержня не пропитывали в парафине. Качество парафинировки и окраски проверяется визуально работницей и представителем отдела технического контроля. Угольные стержни малых размеров, например для элемента № 373, парафинируются на всю длину стержня.

Пропитанные парафином угольные стержни марганцево-воздушно-цинковых элементов и элементов № 336 передаются на операцию набивки колпачков. Угольные стержни элементов «Марс» (№ 373) непосредственно поступают на участок сборки, колпачки в этом случае набиваются в процессе сборки элемента.

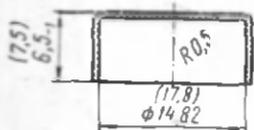


Рис. 102. Колпачок угольного стержня для элемента 1,35-ТВМЦ-50

Колпачки (рис. 102) представляющие собой токоотводы, к которым припаивается проволока, изготавливаются штамповкой из мягкой латуни Л-62 (ГОСТ 2208—49). Латунная лента перед штамповкой обрабатывается 2,5—10% -ным раствором мыла, что облегчает процесс изготовления колпачков. Такие колпачки применяются при производстве источников тока 1,35-ТВМЦ-50,

(1,30-НВМЦ-150) «Волна», «Девиз». Для батарей «Прибой», «Экран» используются колпачки, изготовленные из белой рулонной жести.

Колпачки для элементов № 373 покрываются гальваническим способом сплавом никеля и олова.

Набивка колпачков марганцево-воздушно-цинковых элементов производится капмашиной. Колпачки засыпаются в барабан питателя капмашины, а угольные стержни укладываются окрашенными концами в одну сторону в специальный бункер. После включения капмашины производится напрессовка колпачков на неокрашенные, покрытые парафином концы угольных стержней. Стержни с колпачками собираются в деревянный ящик.

Колпачки должны быть плотно и без перекосов насажены на угольные стержни, которые не должны после этой операции иметь трещин. Допускаются лишь небольшие сколы угля под колпачком по торцевой части. Размеры скола не должны превышать 7 мм по длине, 1,5 мм по ширине и 1 мм по высоте. Качество и прочность посадки колпачков проверяются на 3—5 угольных стержнях 2 раза в смену. Специальным ножом с усилием делается попытка снять колпачок, при этом правильно напрессованные колпачки не должны сниматься со стержней. Глубина насадки колпачка определяется штангенциркулем по высоте стержня с колпачком. Эта проверка производится представителем отдела технического контроля на 15—20 образцах 2 раза в смену. Пе-

риодически производится определение сколов на стержнях после снятия колпачка.

Пригодные угольные стержни поступают на участок прессовки агломератов.

§ 44. Прессовка агломератов стаканчиковых элементов

Цилиндрические положительные электроды (агломераты) стаканчиковых марганцево-цинковых элементов (№ 373, 316, 336 и др.) и положительные электроды с прямоугольным сечением, предназначенные для стаканчиковых марганцево-воздушно-цин-

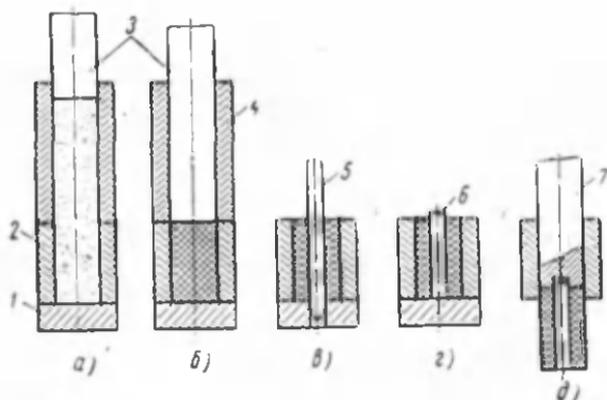


Рис. 103. Последовательность операций прессовки агломератов стаканчиковых элементов № 373:

а — заполнение пресс-формы агломератной массой, *б* — прессовка агломерата, *в* — прокалывание отверстия для угольного стержня, *г* — вставка угольного стержня, *д* — выталкивание спрессованного агломерата из пресс-формы:
1 — упор, *2* — матрица, *3* — пуансон, *4* — полуформа объемного дозатора, *5* — игла, *6* — угольный стержень, *7* — выталкиватель

ковых элементов (1,35-ТВМЦ-50, 1,30-НВМЦ-150), изготавливают путем прессования соответствующей агломератной массы.

Для прессования используется агломератная масса определенной рецептуры, предназначенная только для изготовления определенного типа источника тока. Поэтому поступающая агломератная масса обязательно должна контролироваться по сопроводительному паспорту.

Рассмотрим, как происходит прессование электрода стаканчиковой конструкции. На рис. 103 показаны пять последовательных операций при изготовлении агломерата. Пресс-форма для прессования состоит из матрицы *2*, упора, *1*, пуансона *3*, полуформы *4* объемного дозатора и вспомогательных приспособлений. Вспомогательные приспособления — игла *5* для создания отверстия в агломерате, предназначенного для угольного стерж-

ня, и выталкиватель 7 для удаления готового агломерата из матрицы пресс-формы.

При первой операции прессовки (позиция *a* на рис. 103) матрица 2 и полуформа объемного дозатора 4 заполняются агломератной смесью. Заполнение до определенного уровня является основой объемного дозирования. Так как удельный вес активной массы, приготовленной по принятому технологическому режиму и выбранной рецептуре, практически не различается в партиях разных замесов, при объемном дозировании обеспечивается постоянство навески активной массы и веса готового электрода.

При второй операции (позиция *b*, рис. 103) пуансоном 3 агломератная смесь запрессовывается в матрицу 2, при этом полуформа объемного дозатора 4 освобождается от агломератной массы.

Третья операция (позиция *в*, рис. 103) заключается в погружении иглы 5 в агломерат и образовании отверстия для угольного стержня.

В течение четвертой операции (позиция *г*, рис. 103) вместо иглы 5 в отверстие агломерата вставляется угольный стержень 6, а затем (позиция *д*, рис. 103) с помощью выталкивателя 7 с фигурной торцевой частью агломерат удаляется из матрицы 2 пресс-формы.

Все эти операции автоматически последовательно выполняются прессами с горизонтальным движением рабочих частей.

Кинематическая схема работы пресса такого типа показана на рис. 104.

Рассмотрим работу автоматического пресса изготовления агломератов.

Пресс приводится в действие электродвигателем 1 при помощи клиноременной передачи 3 и фрикционной муфты 6. Включение двигателя производится пакетным выключателем ПВ и магнитным пускателем. От ведущего вала 5 через цилиндрические зубчатые колеса 4 и 10 и пару конических колес 8 вращаются валы 7, 11 и 21, передающие движение рабочим узлам пресса. На валу 7 с шестерней 28 жестко сидят два эксцентрика 2 и 9, вращение которых приводит в горизонтальное возвратно-поступательное движение колонки 20, с укрепленной на них траверсой 22 с пресс-инструментом. Движение передается через кривошип 12 и муфты 19. С промежуточного вала 11 при помощи водила 14, мальтийского креста 13 и полумуфты 16 передается вращение валу 18 с сидящей на нем полумуфтой 17. Полумуфтами 16 и 17 осуществляется регулировка соосности поворотного стола 30 с пресс-инструментом траверсы 22. К поворотному столу 30 крепится ведущий шкив конвейера 33.

С промежуточного вала 11 с помощью цепной передачи 15 вращение передается валу 21 с сидящими на нем кулаками 23 и

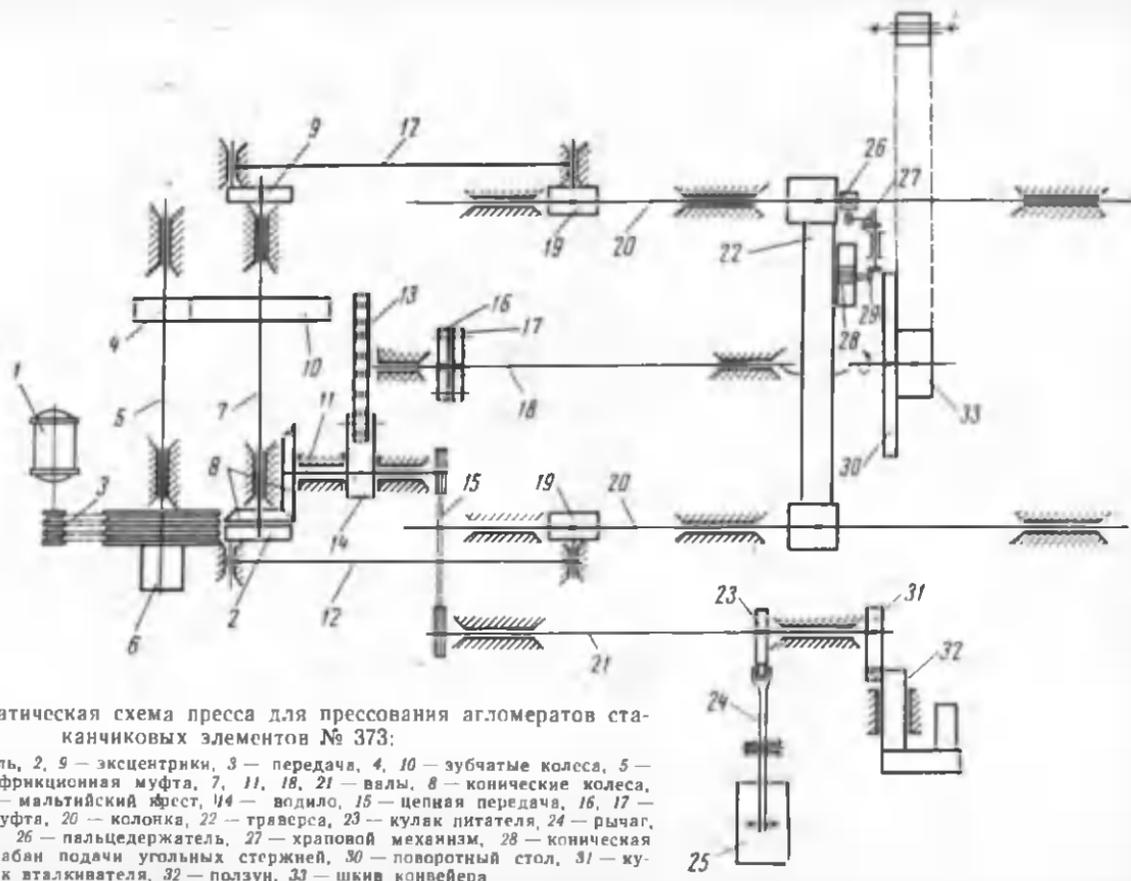


Рис 104. Кинематическая схема прессы для прессования агломератов станчанчиковых элементов № 373:

1 — электродвигатель, 2, 9 — эксцентрики, 3 — передача, 4, 10 — зубчатые колеса, 5 — ведущий вал, 6 — фрикционная муфта, 7, 11, 18, 21 — валы, 8 — конические колеса, 12 — кривошип, 13 — мальтийский фрест, 14 — водило, 15 — цепная передача, 16, 17 — полумуфты, 19 — муфта, 20 — колонка, 22 — траверса, 23 — кулак дитателя, 24 — рычаг, 25 — дно питателя, 26 — пальцедержатель, 27 — храповой механизм, 28 — коническая шестерня, 29 — барабан подачи угольных стержней, 30 — поворотный стол, 31 — кулак вталкивателя, 32 — ползун, 33 — шкив конвейера

31. Кулак питателя 23 сообщает движение рычагу 24, от которого качающееся дно питателя 25 перемещает агломератную массу по наклонному лотку. Кулак вталкивателя 31 сообщает вертикально-поступательное движение ползуну 32, с помощью которого агломератная масса трамбуется в полуформе. От колонки

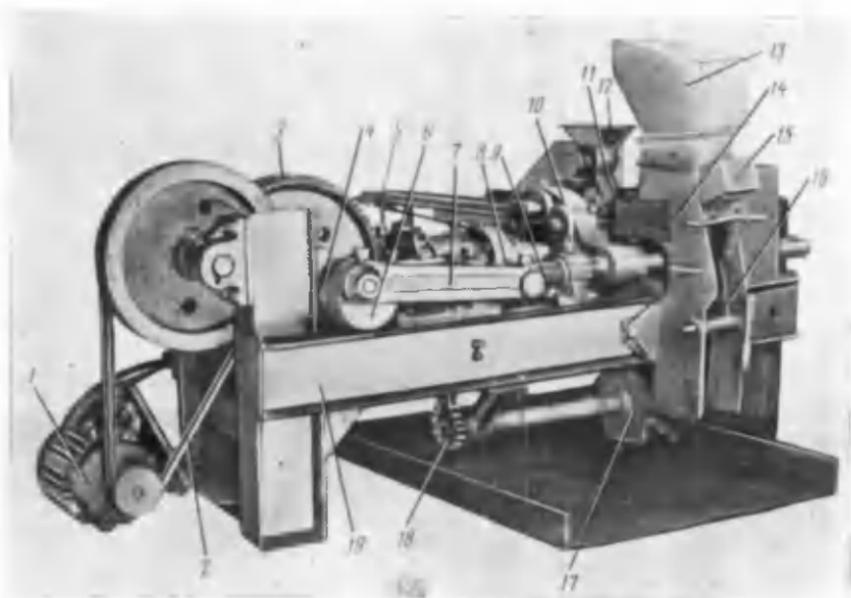


Рис. 105. Горизонтальный пресс для изготовления агломератов стаканчиковых элементов № 373:

1 — двигатель, 2 — клинременная передача, 3 — цилиндрическое зубчатое колесо, 4 — коническое колесо, 5 — транспортер, 6 — эксцентрик, 7 — кривошип, 8 — муфта, 9 — колонка, 10 — траверса, 11 — питатель угольных стержней, 12 — бункер угольных стержней, 13 — бункер агломератной смеси, 14 — питатель агломератной смеси, 15 — полумуфта, 16 — рычаг, 17 — кулак, 18 — цепная передача, 19 — станина

20 посредством пальцедержателя 26, храпового механизма 27 и пары конических шестерен 28 вращение передается барабану 29 подачи угольных стержней питателя.

Внешний вид прессы показан на рис. 105.

Пресс состоит из 12 основных узлов:

1. Станина — сварной конструкции из двутавровых балок. В местах крепления подшипников привариваются пластины, служащие посадочными местами подшипников. В задних стойках устроены два шкафчика. Верхний шкаф предназначен для электропитки и магнитного пускателя, а нижний — для хранения инструмента.

2. Эксцентриковый механизм монтируется на вертикальной и горизонтальной частях станины. Он состоит из вала,

большой шестерни, конической шестерни, двух эксцентриков, двух шатунов, двух муфт, двух колонок (штанг), траверсы и восьми подшипников. При монтаже узла особое внимание обращается на строгую соосность пальцев эксцентриков. Узел служит для преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное движение траверсы, несущей инструмент.

3. Узел поворотного стола состоит из составного вала, диска (стола) с восемью матрицами, мальтийского креста, приспособления для крепления направляющих иглы и угольных стержней, двух полумуфт, ведущего шкива транспортера и двух подшипников. Узел монтируется в центральной части станины и служит для пульсирующего вращения стола, несущего матрицы.

4. Формодержатель состоит из корпуса и полуформы, при помощи которой дозируется подача агломератной массы в матрицы.

5. Питатель угольных стержней состоит из бункера, барабана и храпового механизма. Угольные стержни вручную, в ориентируемом положении, укладываются в бункер, откуда при помощи барабана передаются в камеру, из которой выталкиваются пуансоном и запрессовываются в агломерат, находящийся в матрице поворотного стола. Храповой механизм получает движение от колонки эксцентрикостого механизма.

6. Питатель агломератной массой предназначен для подачи агломератной массы в дозирующее устройство пресса и состоит из бункера, шибера и вибрирующего устройства. В бункер агломератная масса может подаваться при помощи специального механического устройства и вручную. Из бункера в полуформу масса подается вибрирующим шибером, имеющим форму лотка. подача массы регулируется шибером, перекрывающим щель бункера.

7. Узел упора прессовки служит для прессовки агломерата, прокола отверстия под угольный стержень, запрессовки уголька в агломерат. В первом случае упор является дном матрицы, во втором — матрицей иглы при проколе отверстия в агломерате, в третьем — служит для перекрытия матрицы при запрессовке угольного стежня в агломерат. Узел состоит из кронштейна и трех упоров различной конструкции. Упоры в осевом направлении регулируются за счет резьбового крепления в кронштейне.

8. Узел фрикциона является основной приводной частью пресса и состоит из вала, малой шестерни, шкива, фрикциона, встроеного в шкив, и двух подшипников. Фрикцион поджатием спиральных пружин настраивается на требуемое усилие прессования агломерата и, в случае возникновения превышающих усилий, пробуксовывает, предупреждая тем самым разрушение отдельных деталей и узлов.

9. Узел водила служит для передачи вращательного движения от эксцентрикового вала на мальтийский крест. Он состоит из конической шестерни, вала, водила, подшипника и звездочки.

10. Транспортёр служит для передачи отпрессованных агломератов к месту укладки их в тару.

11. Привод вталкивателя агломератной смеси предназначен для передачи движения от эксцентрикового вала узлу трамбовки и вибратору питателя агломератной массой. Узел состоит из вала, звездочки, двух кулаков и двух подшипников и смонтирован в нижней части станины.

12. Узел трамбовки служит для уплотнения агломератной массы в полуформе с целью сокращения ее объема и состоит из направляющих, вталкивателя, спиральной пружины и ползуна.

Агломератная активная масса в закрытых деревянных ящиках подвозится к горизонтальному прессу и засыпается в бункер этого пресса. Угольные стержни укладываются в бункер питателя этого пресса. После засыпки агломератной массы и укладки стержней включается пресс. Спрессованные агломераты снимаются с транспортёра горизонтального пресса и укладываются в деревянный ящик.

Агломераты для батарей «Экран» и «Девиз» имеют вес 560—620 г, для изделия 1,30-НВМЦ-150, «Волна» — 556—613 г, а для 1,35-ТВМЦ-50 и «Прибой» — 202—210 г. На рис. 106 показаны размеры агломератов элементов 1,35-ТВМЦ-50 и 1,30-НВМЦ-150. Вес агломерата проверяется не менее 10 раз

в смену. При каждой проверке взвешиваются по 2—3 агломерата и штангенциркулем определяются их размеры. В случае отклонения веса и размера агломератов от принятых величин требуется специальная наладка пресса.

Внешний вид и прочность всех агломератов проверяется работницей. Агломерат должен иметь ровную поверхность без значительных сколов, налипшей массы и сквозных широких трещин.

Прочный агломерат можно поднять, держа пальцами уголек, при этом агломератная масса не сваливается и не сползает, а агломерат сохраняет свою форму. Механические свойства агломерата очень зависят от влаги в спрессованном агломерате. Влажность обычно находится в пределах 16,5—19%. При малой

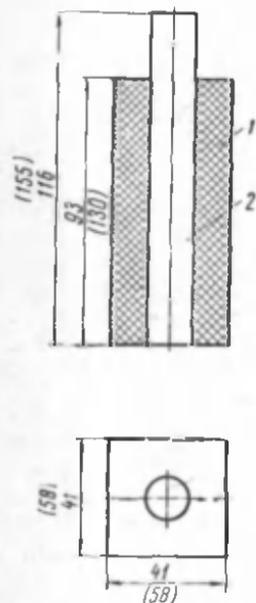


Рис. 106. Положительный электрод элемента 1,35-ТВМЦ-50:

1 — агломератная смесь,
2 — угольный стержень.
(В скобках указаны размеры электрода элемента 1,30-НВМЦ-150)

влажности появляется хрупкость агломерата, а при избытке влаги — чрезмерная пластичность, которая проявляется в сползании массы с угольного стержня и деформации электрода. Кроме того, количество воды оказывает влияние на реальную концентрацию электролита в элементе и его емкость, поэтому влажность агломератов контролируется не менее одного раза в смену. Анализ на влажность проводится заводской химической лабораторией.

Особое внимание обращается на качество центровки угольного стержня в агломерате. Допускается отклонение угла от центра на $\pm 1,5$ мм в верхней части и на ± 2 мм в нижней части агломерата элемента 1,30-НВМЦ-150. Для электродов 1,35-ТВМЦ-50 эти величины соответственно равны 1 и 2 мм, а для электродов «Марс» — 0,6 и 1,5 мм.

Из-за значительного смещения угольного стержня от центра и нарушения вследствие этого центровки электрода в элементе при работе источника тока возможно одностороннее срабатывание цинкового электрода и преждевременный выход источника тока из строя. Поэтому качество центровки влияет на срок службы элемента.

Агломераты обычно не подлежат хранению и передаются на следующую операцию. Это связано с тем, что во время хранения происходит подсыхание поверхности электрода и появление трещин. При вынужденной необходимости можно хранить агломераты в течение не более 2 суток при сохранении влажности не ниже 16,5%. В случае хранения агломераты укладывают в вертикальном положении в деревянные ящики и накрывают их влажным картоном. Ящики плотно закрываются крышкой.

Отходы массы, осыпающиеся при прессовке, забракованные агломераты с удаленными стержнями добавляются в количестве 10—15% к новым партиям активной массы при ее изготовлении. Целые угольные стержни отбракованных агломератов могут быть вторично использованы для изготовления электродов. Сломанные стержни непригодны для изготовления элементов и выбрасываются.

§ 45. Оклейка агломератов марганцево-воздушно-цинковых стаканчиковых элементов

Оклейка агломератов элементов 1,35-ТВМЦ-50 и 1,30-НВМЦ-150 состоит из надевания картонной шайбы на агломерат и приклеивания к нему сепаратора. Картонная шайба имеет вид крышки (рис. 107) с отверстиями для гильз, через которые поступает воздух при работе элемента, и для угольного стержня. Она плавно надевается на угольный стержень и осторожно осаживается на плечики агломерата. Шайба слегка касается агломерата, а верхняя поверхность ее должна быть параллельна верхней поверхности агломерата. После того как на-

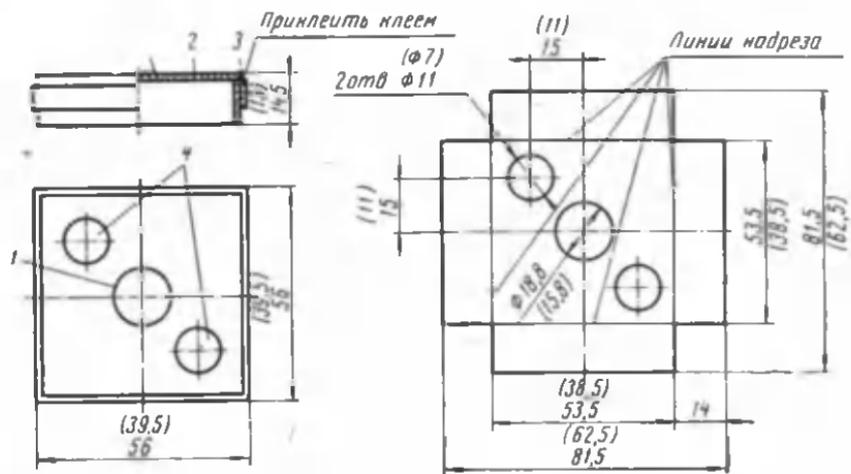


Рис. 107. Шайбы элемента 1,30-НВМЦ-150:

1 — отверстие для угольного стержня, 2 — коробчатый картон, 3 — кабельная бумага, 4 — отверстия для гильзы. (В скобках указаны размеры электрода элемента 1,35-ТВМЦ-50)

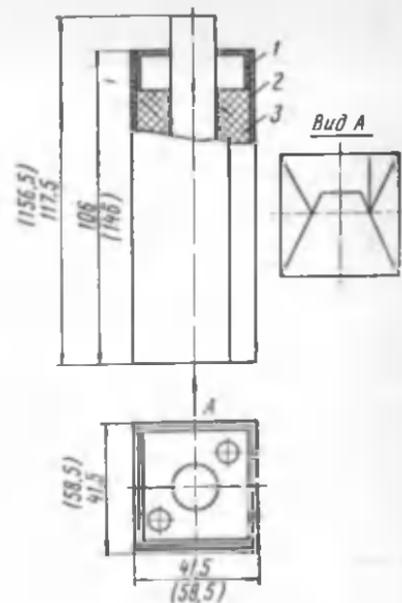


Рис. 108. Обернутый сепаратором положительный электрод элемента 1,35-ТВМЦ-50 со вставленной шайбой:

1 — шайба, 2 — миткалевый сепаратор, 3 — электрод
(В скобках указаны размеры деталей электрода элемента 1,30-НВМЦ-150).

дета картонная шайба, агломерат оклеивается сепаратором. В качестве сепаратора используется миткалевая или бумажная карточка. Поверхность такой карточки с помощью беличьей кисти равномерно намазывается специальным клеем.

Агломерат осторожно берут руками за угольный стержень и укладывают на намазанную миткалевую или бумажную карточку так, чтобы край карточки был на уровне верхней поверхности картонной шайбы. Затем карточка завертывается в виде конверта у дна агломерата, и электрод обертывается карточкой. Форма конверта схематично изображена на рис. 108. Обернутый агломерат ставится на стол угольным стержнем вверх, а сепарационный материал приглаживается к боковым поверхностям агломерата и шайбы для того, чтобы обеспечить плотное приклеивание всей намазанной поверхности карточки. На рис. 108 показаны положительные оклеенные электроды элементов 1,35-ТВМЦ-50 и 1,30-НВМЦ-150.

Между сепаратором и поверхностью агломерата не должно быть воздушных пузырей, которые могут повысить внутреннее сопротивление в элементе и быть причиной малой емкости, отдаваемой источником тока.

Наружная поверхность обклеенных агломератов не должна быть загрязнена агломератной массой. Такое загрязнение приводит к частичному саморазряду из-за соприкосновения поверхности, загрязненной двуокисью марганца с цинковым электродом элемента. Контроль качества приклеивания бумажной или миткалевой карточки непосредственно осуществляется самой работницей. Представитель отдела технического контроля каждый час выборочно осматривает только 10—15 агломератов.

Готовые агломераты укладываются в вертикальном положении в деревянные ящики и передаются на участок сборки элементов и батарей. Длительное хранение оклеенных агломератов не рекомендуется. Общее время хранения, начиная от момента прессовки до сборки элемента, не должно превышать трех суток. Обычно эти операции производятся на потоке, и хранение может быть вызвано лишь исключительными случаями.

§ 46. Изготовление положительных электродов галетной конструкции

Положительные электроды марганцево-цинковых галетных элементов изготавливаются на эксцентриковых прессах. На рис. 109 показана кинематическая схема пресса, предназначенного для прессования агломератов элементов батареи «Энергия».

От электродвигателя 31 мощностью 2,5 квт с числом оборотов 100 об/мин шкивом движение передается на маховик 33 клиноременной передачей 34. Маховик 33, жестко связанный с малым колесом прямозубой цилиндрической передачи 32, смонтирован

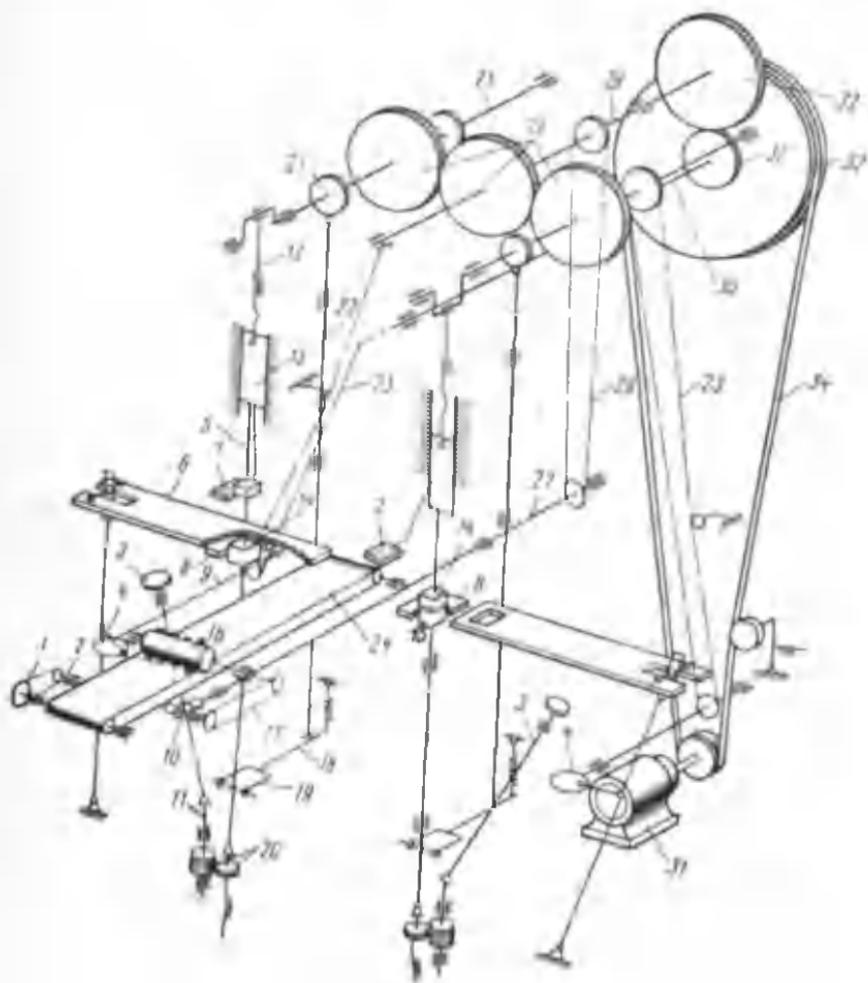


Рис. 109. Кинематическая схема двухпуансонного пресса для изготовления агломератов галетных элементов батареи «Энергия»:

1, 17, 29 — цепные передачи, 2 — валик, 3 — рукоятка, 4 — эксцентрик, 5, 22 — штоки, 6 — шибер, 7 — щетки, 8 — матрица, 9, 27, 28, 30 — валы, 10 — коническая передача, 11 — шарнир, 12 — шатун, 13 — ползун, 14 — пуансон, 15 — нижний пуансон, 16 — круглая щетня, 18 — подпятник, 19 — выталкиватель агломератов, 20 — цилиндрическое колесо, 21 — кулак, 23 — передача, 24 — транспортер, 25 — коленчатый вал, 26, 32 — цилиндрические передачи, 31 — электродвигатель, 33 — маховик, 34 — клиноременная передача

по скользящей посадке на закрепленном неподвижно валу 30. Прямозубая цилиндрическая передача 32 передает вращение на промежуточный вал 28, а прямозубая цилиндрическая передача 26 — на коленчатый вал 25. С вала 25 шатуном 12 передается возвратно-поступательное движение ползуну 13, связанному с верхним пуансоном 14 механизма прессовки.

В прессе имеется два одинаковых узла прессовки. Каждый из них монтируется на передней стенке станины и состоит из шатуна 12, скрепленного с ползуном 13 шибером 6. К ползуну 13 крепится шток 5 с верхним пуансоном 14. Движение ползуна обеспечивают регулируемые направляющие.

Шибер 6 служит для регулировки высоты отпрессованного агломерата. Такую регулировку можно производить в ходе работы пресса без остановки его.

Механизм выталкивания агломератов 19 из матрицы 8 получает движение с коленчатого вала 25. Механизм выталкивания состоит из кулака 21, сидящего на коленчатом валу 25, и штока 22, передающего движение от кулака 21 на подпружиненный рычаг.

Рычаг крепится к передней стенке станины и шарнирно связан со штоком 22 нижнего пуансона, опирающимся на регулируемый подпятник 18.

Загрузка агломератной массы из бункеров в матрицу 8 производится шибером 6, получающим движение от коленчатого вала 25 через цепную передачу 23, вал 9, эксцентрик 4, закрепленный на валу 9, и систему рычагов. Бункер расположен на направляющих шибера. Шибер 6, двигаясь по столу пресса, забирает массу из бункера и засыпает ее в матрицу, укрепленную на столе, а своей передней гранью производит съём отпрессованных агломератов с нижних пуансонов 15, сталкивая их на транспортер 24.

Механизм регулировки нижнего пуансона состоит из рукоятки 3 со штоком, соединенным шарниром 11 с валиком прямозубого цилиндрического колеса 20. За счет вращения этого колеса, соединенного с прямозубым цилиндрическим колесом регулируемого подпятника 18, производятся подъем и опускание нижнего пуансона 15, благодаря чему достигается нужный засыпной объем матрицы.

Галетные агломераты во время прессовки имеют большую площадь соприкосновения с пуансоном. Часто наблюдается прилипание агломерата к пуансонам. При попытке снять прилипший к пуансону агломерат поверхность электрода в отдельных местах разрушается, появляются сколы, трещины. Такие электроды непригодны для изготовления батарей. Для снижения брака за счет механической деформации электрода перед каждым последующим прессованием рабочую часть пуансона припудривают графитом.

Поверхность готового агломерата не должна быть покрыта сплошным слоем графита, так как такие электроды обычно имеют пониженные электрические характеристики в источнике тока. Оптимальное количество графита, обеспечивающее легкое отделение агломерата от верхнего пуансона 14 и не вызывающее заметное изменение свойств электрода, автоматически наносится на пуансон специальными щетками 7 пресса, снабженными рычагами. Эти рычаги на шарнирах крепятся к задним стенкам ползуна 13. Движение рычага со щеткой осуществляется по копиру, расположенному на передней стенке станины. Щетка захватывает графит из бункера, расположенного на направляющих ползуна 13. Зачистка поверхности пуансона от налипшей агломератной массы перед каждой последующей прессовкой также производится щетками.

Транспортер 24 состоит из двух щек, которые крепятся к станине. Лентой транспортера служат восемь клиновых ремней. Натяжение ремней осуществляется винтами, проходящими через переднюю стенку станины. Привод транспортера осуществляется с промежуточного вала 28 на вал 27 цепной передачей 29. С вала 27 с помощью прямозубой конической передачи 10 движение передается на валик 2, связанный с приводным барабаном транспортера цепной передачей 1. Валик 2 при помощи цепной передачи 17 вращает круглую щетку 16, которая производит очистку отпрессованного агломерата. Вместе с круглой щеткой на тех же кронштейнах крепится и плоская щетка.

Конструкция эксцентрикового пресса показана на рис. 110.

Станина пресса 13 представляет собой сварную конструкцию и является основной несущей частью всех узлов и деталей пресса. Внутри станины смонтированы рабочие валы, вращающиеся в подшипниках. Съёмный стол 9 служит для сортировки отпрессованных изделий и для удаления крошек массы через отверстия в столе.

Перед началом работы производят налаживание пресса. При настройке пресса добиваются точной работы всех узлов и обращается особое внимание на их взаимодействие. Особенно необходимо установление соосности матриц, крепящихся на столе, нижних и верхних пуансонов, укрепленных на верхних и нижних штоках.

Для предотвращения попадания солей тяжелых металлов, образующихся при коррозии стали, на месте соприкосновения рабочих частей пресса с агломератами и активной массой все эти узлы выполняются из коррозионно-стойких материалов. Бункера для массы футеруются винипластом, дозаторы — текстолитом, матрицы изготавливаются путем каменного литья, для пуансонов и упоров применяется титан.

Габариты и вес спрессованных галетных агломератов периодически проверяются.

Если вес электрода ниже нормального, то элемент с таким электродом отдает при разряде меньшую емкость, чем остальные элементы. Емкость галетной батареи из последовательно соединенных элементов определяется емкостью элемента с наименьшим содержанием активного вещества. При разряде напряжение такого элемента снижается, наступает даже его переполюсовка,

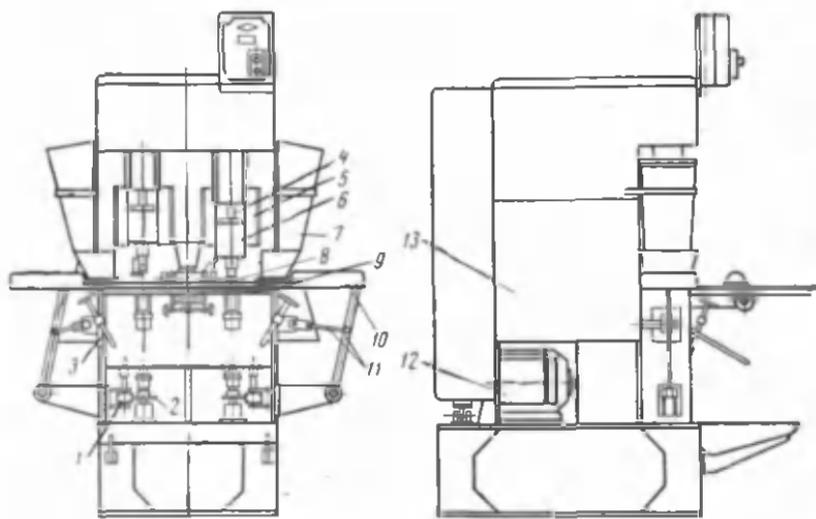


Рис. 110. Эксцентриковый пресс для изготовления агломератов галетных элементов:

1 — шарнир, 2 — цилиндрическое колесо, 3, 4 — штоки, 5 — направляющая, 6 — ползуны, 7 — бункер, 8 — пуансон, 9 — стол, 10 — шибер, 11 — система рычагов, 12 — двигатель, 13 — станина

элемент начинает потреблять электрическую энергию от других элементов батареи. По этой причине разброс по весу агломератов должен быть возможно малым, не превышающим 2—3%.

Агломерат должен иметь одинаковую толщину на краях, которая обеспечивается правильной установкой верхнего и нижнего пуансонов пресс-инструмента на прессе. Установка пресс-инструмента с перекосом приводит к непараллельности плоскостей готового агломерата и разной толщине по краям. Элементы, собранные из таких электродов, не обеспечивают удовлетворительный контакт с соседними элементами батареи. Поэтому производится отбраковка электродов с разной толщиной по краям.

Пригодные для изготовления батарей агломераты имеют гладкую ровную поверхность без налипших крошек агломератной массы, заусенцев, сколов и трещин. Заусенцы и крошки агломератной смеси во время сборки галетного элемента могут быть

причиной появления короткого замыкания между положительным и отрицательным электродами. Замыкание является следствием образования «мостиков» из активной массы с электронной проводимостью. На рис. 111 показано образование внутреннего замыкания из-за образования «мостика» с электронной проводимостью.

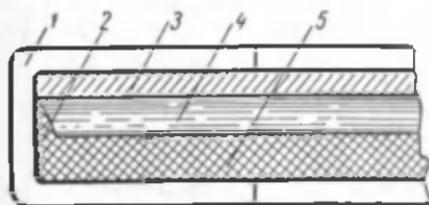


Рис. 111. Образование внутреннего замыкания в элементе из-за «мостиков» агломератной массы:

1 — изолирующая полихлорвиниловая пленка, 2 — «мостик», 3 — отрицательный электрод, 4 — диафрагма, 5 — агломерат

Спрессованные и проверенные галетные электроды упаковываются стопками в деревянные ящики и передаются в отделение сборки элементов и батарей.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

§ 47. Вытяжка цилиндрических цинковых стаканов

Цилиндрические цинковые стаканы изготавливаются без шва экструзионным способом. Этот способ заключается в изготовлении цинкового электрода ударом, длящимся менее секунды.

Круглые заготовки, называемые ронделлями, галтуются, т. е. обрабатываются во вращающихся барабанах. Для галтовки ронделлей применяются смоченные в бензине древесные опилки. При галтовке удаляются заусенцы, находящиеся на краях ронделлей, и очищается поверхность заготовок. Отгалтованные детали промывают в бензине для удаления смолистых веществ, попадающих на поверхность ронделлей из древесины. После промывки ронделли покрывают слоем эмульсии ланолина или бараньего жира в бензине и подогревают до температуры 150—180° С.

Подогревание ронделлей применяется для придания цинку пластичности. При обычной температуре цинк хрупок, а при 100—180° С становится тягучим и может прокатываться в листы и даже вытягиваться в проволоку. При температуре выше 200° С он опять делается хрупким, так что его можно растирать в порошок. Поэтому строгое соблюдение температурного режима при изготовлении цинкового стакана экструзионным способом является важным фактором для получения электродов без разрывов и складок. Нагретые ронделли смазывают животным жиром.

Смазка облегчает условия работы пресс-инструмента при вытяжке.

Рассмотрим принцип работы пресс-инструмента при вытяжке ронделлей. На рис. 112 показаны три последовательных этапа при изготовлении цилиндрического цинкового стакана экструзионным способом.

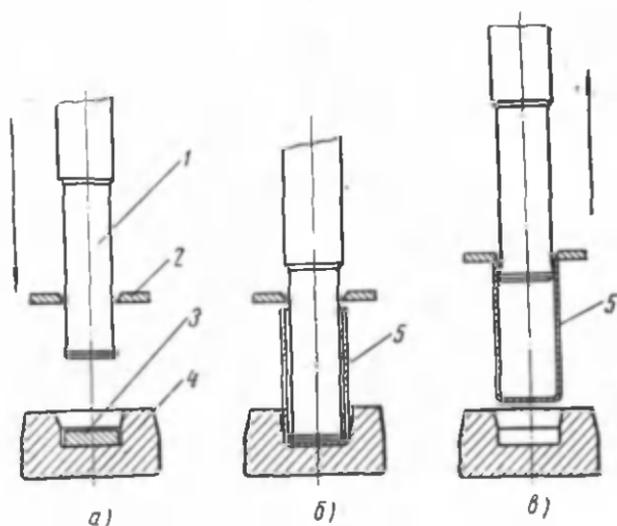


Рис. 112. Последовательность операций изготовления цинкового цилиндрического стакана экструзионным способом:

а — рондель помещается в матрицу, *б* — выдавливание цинкового стакана, *в* — снятие цинкового стакана с пуансона; 1 — пуансон, 2 — съемник, 3 — рондель, 4 — матрица, 5 — цинковый стакан

Смазанная и нагретая рондель 3 помещается в матрицу 4 (этап *а*). Затем при ударе пуансона 1 в направлении, показанном стрелкой, диэк вследствие пластичности начинает «течь» и приобретает форму стакана 5 (этап *б*). При последующем движении пуансона вверх цинковый стакан упирается в съемник 2 и снимается с пуансона (этап *в*).

Матрица и пуансон во время вытяжки цинкового стакана испытывают большие нагрузки, поэтому их изготавливают из прочных легированных сталей, закалывают и шлифуют для придания большей твердости. При установке инструмента в прессе соблюдается большая точность расположения матрицы относительно пуансона. Если центры пуансона и матрицы смещены относительно друг друга, то будут получаться разностенные по толщине цинковые стаканы.

Для снижения усилий при вытяжке нижний конец пуансона делается с венчиком, как показано на рис. 113. На этом рисунке представлены только участки пуансона и матрицы, принимающие участие в оформлении цинкового стакана. При большом давлении пуансона на ронделль цинк выдавливается в кольцевую щель, образованную венчиком 3 пуансона и телом матрицы 2. Толщина стенки цинкового стакана 1 определяется величиной зазора между пуансоном и стенкой матрицы.

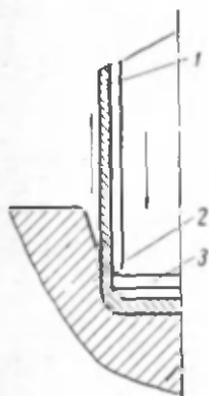


Рис. 113. Вытяжка цинкового цилиндрического стакана фигурным пуансоном:

1 — стенка цинкового стакана, 2 — матрица, 3 — венчик пуансона

Чем больше этот зазор, тем толще стенка стакана. Чистота поверхности цинкового электрода зависит от состояния поверхности венчика пуансона и матрицы. В случае рисок на поверхности пресс-инструмента получаются цинковые стаканы с соответствующими выступами на стенках.

Для вытяжки цинковых электродов экструзионным способом применяют специальные колено-рычажные прессы с усилием 250 т.

Общий вид колено-рычажного прессы с усилием в 250 т показан на рис. 114. Кинематическая схема прессы приводится на рис. 115.

Работа прессы осуществляется от электрического двигателя 19 через клиноременную передачу 20. Коленчатый вал приводится в движение косозубой шестеренчатой передачей 17 и 18. С помощью шестерен 15 и 16 осуществляется привод узла питателя прессы, состоящего из бункера 2 и механизма подачи ронделлей 1 и 6. Ползун 11 по направляющим 12 осуществляет возвратно-поступательное движение от главного коленчатого вала через колено-рычажный шарнир 14.

Все узлы прессы смонтированы на стальной литой станине, усиленной ребрами жесткости.

В передней части станины имеется расточка для установки и крепления матрицы. Ползун 11 служит для крепления пуансона, сообщая ему возвратно-поступательное движение, и для передачи рабочего усилия.

В передней части ползуна имеется расточка, в которой крепится с помощью цапги пуансон 9. Для обеспечения требуемой точности при вытяжке электродов зазоры между ползуном и боковыми направляющими планками регулируются клиньями с помощью гаек.

Пресс управляется электропневматической аппаратурой.

Рассмотрим, как производится налаживание узла матрицы и пуансона прессы для вытяжки цинковых стаканов из ронделлей.



Рис. 114. Колено-рычажный пресс для вытяжки цилиндрических цинковых стаканов:

1 — питатель ронделлей, 2 — двигатель, 3 — станина

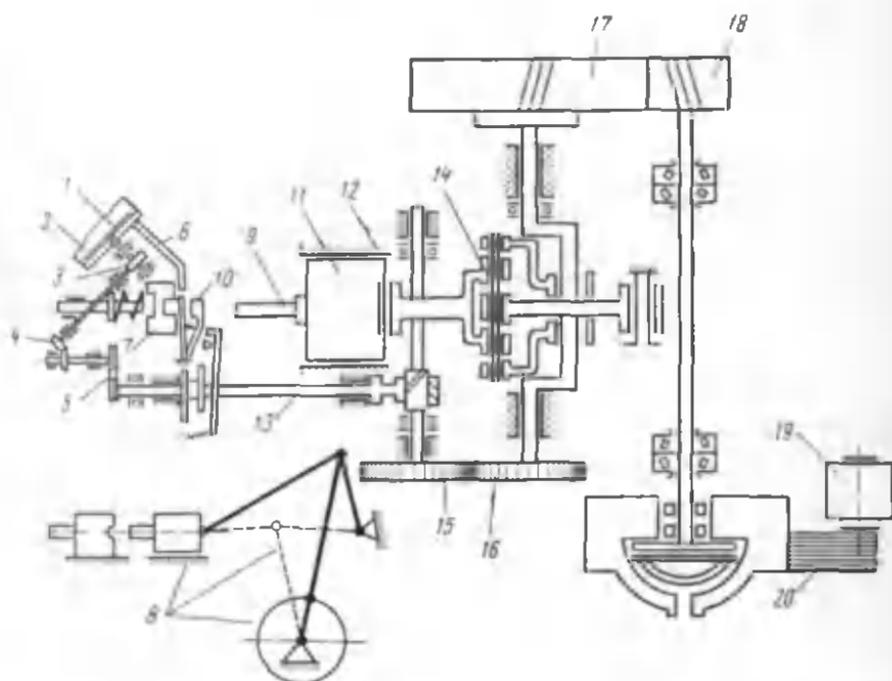


Рис. 115. Кинематическая схема колено-рычажного пресса для вытяжки цилиндрических цинковых стаканов:

1 — вращающийся диск ронделлей, 2 — бункер, 3 — червячная передача, 4 — конические колеса, 5, 20 — клиноременные передачи, 6 — питатель ронделлей, 7 — подушка матрицы, 8 — колено-рычажный механизм, 9 — пуансон, 10 — механизм подачи ронделлей, 11 — ползуны, 12 — направляющая, 13 — распределительный вал, 14 — шарнир, 15, 16, 17, 18 — шестерни, 19 — электродвигатель

Этот узел включает в себя детали для крепления матрицы у пуансона и съемник. Матрица крепится на подушку 7 к станине с помощью конусных сухарей и болтов. Плавающая конструкция матрицы дает возможность осуществлять регулировку ее относительно пуансона во всех направлениях. Пуансон крепится посредством цанги и гайки к стояку, который установлен в расточке корпуса ползуна 11 и закреплен в нем болтами. Плита съемника установлена на штангах, закрепленных в кронштейнах. Кронштейны смонтированы в боковых стенках станины. Плита съемника за счет сжатия пружины имеет возможность перемещаться вперед. Удаление электродов осуществляется разрезным кольцом, состоящим из трех секторов, стягиваемых кольцевой пружиной. На плите съемника закреплена колодка, через отверстия которой подается воздух для охлаждения пуансона.

При налаживании матрица вставляется в гнезда переходного стакана, закрепленного в станине, и предварительно слегка закрепляется сухарями с помощью винтов. Пуансон с помощью цанги и гайки закрепляется в стакане, расположенном в корпусе ползуна. С помощью щупа производится центрирование матрицы по пуансону. Пуансон подводится к матрице и вводится в гнездо матрицы, причем регулировкой сухарями необходимо добиться такого положения, чтобы зазор между пуансоном и матрицей по всей окружности был одинаков. После этого матрица окончательно закрепляется поперечным затягиванием каждого из четырех болтов. Необходимая толщина доннышка цинкового электрода устанавливается специальным клином.

Рассмотрим работу загрузочного устройства.

При непрерывной работе пресса ронделли поступают к механизму подачи с помощью загрузочного бункера 2. Ронделли засыпаются в бункер на наклонно расположенный вращающийся диск 1, с помощью которого подаются в питатель 6. Диск вращается от распределительного вала 13 через клиноременную передачу 5, пару конических колес 4 и червячную пару 3. Регулировка клиноременной передачи производится натяжным роликом. Диск 1, имеющий на периферии 20 вырезов, делает 3 оборота в минуту. Таким образом, бункер может подавать в питатель 60 заготовок в минуту и обеспечивать бесперебойность работы пресса. Загрузка заготовок может осуществляться непосредственно в питатель 6 вручную.

Налаживание бункера заключается в установке питателя таким образом, чтобы, во-первых, ронделль свободно попадала в гнездо улавливателя ронделли, когда улавливатель находится в крайнем левом положении, а, во-вторых, рычаг с улавливателем ронделлей свободно без заеданий переносил ронделль, отсекая все остающиеся в питателе заготовки.

Рассмотрим работу механизма подачи ронделли 10 от питателя бункера к матрице и укладки ее в гнезда матрицы.

Механизм приводится в действие от кулачков, закрепленных на налке. Все детали смонтированы на оси, укрепленной в станине. Механизм позволяет осуществлять регулировку улавливателя ронделлей относительно гнезда матрицы в горизонтальном и вертикальном направлениях. Регулировка в горизонтальном направлении осуществляется горизонтальными винтами, закрепленными в рычаге. Регулировка в вертикальном направлении осуществляется эксцентриковой втулкой с помощью вертикальных винтов, которые упираются в борт эксцентриковой втулки. При поворачивании втулки с помощью винтов обеспечиваются подъем или опускание оси улавливателя ронделлей. Посредством регулировочных винтов добиваются совмещения гнезда улавливателя ронделлей с гнездом матрицы в горизонтальном и вертикальном направлениях, при этом обеспечивается свободное поступление ронделли в матрицу. Ронделль непосредственно укладывается в гнездо улавливателя ронделлей. Величина хода специального молоточка, обеспечивающего надежную посадку ронделли в гнездо матрицы, регулируется винтом.

Вся работа по налаживанию, регулировке и ремонту пресса производится квалифицированным рабочим при отключенном рубильнике на электрическом щите.

§ 48. Обрезание кромок цилиндрических цинковых электродов

Полученные экструзионным способом цилиндрические цинковые электроды имеют неровные края и разную высоту. Это объясняется тем, что зазор между телом матрицы и венчиком пуансона (рис. 113) имеет некоторый допуск, из-за которого цинковые стаканы немного различаются толщиной стенок. Однако эта разница невелика и находится в допустимых пределах, соответствуя чертежу цинкового электрода.

Цинковые стаканы с более толстыми стенками будут значительно короче, чем стаканчики с более тонкими стенками. Высота стаканов, полученных из ронделлей одинаковых габаритов, немного различается, поэтому для получения требуемой высоты необходимо дополнительное обрезание кромки электродов. Эта операция производится автоматом — обрезной машиной. На рис. 116 приведена кинематическая схема обрезной машины для отрицательных электродов элементов № 373. Рассмотрим принцип работы и конструкцию этой машины.

Обрезная машина ОМ-2 приводится в действие электродвигателем 30. Электродвигатель ременной передачей 29 и парами цилиндрических передач 27 приводит во вращение распределительный вал 17, а тремя парами цилиндрических передач 25, 26 — рабочие узлы машины. От вала 17 через кулаки 13, 22, цилиндрическую передачу 5, коническую передачу 1, цепную передачу 2, шестерни 6 и кулак 4 получают движение рабочие узлы

обрезной машины. Цинковые электроды засыпаются в бункер 12 и из него поступают в периодически поворачивающийся на $\frac{1}{8}$ оборота барабан 11, на котором в определенные промежутки времени зажимы барабана освобождают электрод с помощью разжимного устройства 16. Разжимное устройство приводится в движение от кулака 22.

Операция обрезания кромок цинкового стакана начинается с момента подачи электрода барабаном 11 к вращающемуся штоку 21 с наконечником и малым обрезным ножом. Шток 20 приводится в возвратно-поступательное движение от кулака 22 с помощью подвижной шестерни 23, неподвижной и подвижной реек 24, 28 и заходит во внутреннюю полость цинкового стакана. Затем шток досылает электрод до упора 8 в тот момент, когда разжимное устройство 16 раскрывает зажимы барабана 11. В это время дисковый нож 10 вращается с помощью шестерни 6, цепной передачи 2 и цилиндрической передачи 7 от вала 17 и движется системой рычагов 14 от кулака 13. Ножом 10 производится обрезание кромок электрода по требуемому размеру. Затем обрезанный цинковый стакан подается к месту последующей обработки, где в него входит наконечник штока 21, который приводится в движение с помощью цилиндрической передачи 26. Шток движется возвратно-поступательно от кулака 22 через неподвижную рейку 24, шестерню 23, подвижную рейку 28 и досылает цинковый электрод до неподвижного упора 9. Одновременно барабан 19 приходит в движение с помощью кулака 22 и производит обкатку (сглаживание) электрода. После этого барабан 11 подает обработанный цинковый стакан к месту выдачи. Разжимное устройство 16 освобождает электрод от зажимов барабана 11. Готовый электрод падает в лоток 18 и скатывается в приемный ящик.

Рассмотрим, как осуществляется настройка и проверяется работа обрезной машины. При настройке машины добиваются точной работы и взаимодействия всех узлов и деталей. Проверка работы и настройка узлов производятся только с использованием ручного привода. Регулировка узла обрезания цинковых стаканов производится гайкой на рычаге 14. Регулировка барабана 19 производится поворотом рычага с роликом, перекатывающимся по кулаку 22, относительно оси вращения с последующим креплением его болтом.

При правильном взаимодействии деталей обрезание цинкового стакана и обкатка происходят в тот момент, когда наконечники штоков 21 находятся в левом (рабочем) положении и зафиксированы фиксатором 15, зажимы барабана раскрыты, а барабан неподвижен.

Поворот барабана в отрегулированной машине происходит тогда, когда наконечники 21 в правом положении, обрезание и обкатка прекращены, упоры 8 смещены влево, фиксатор открыт.

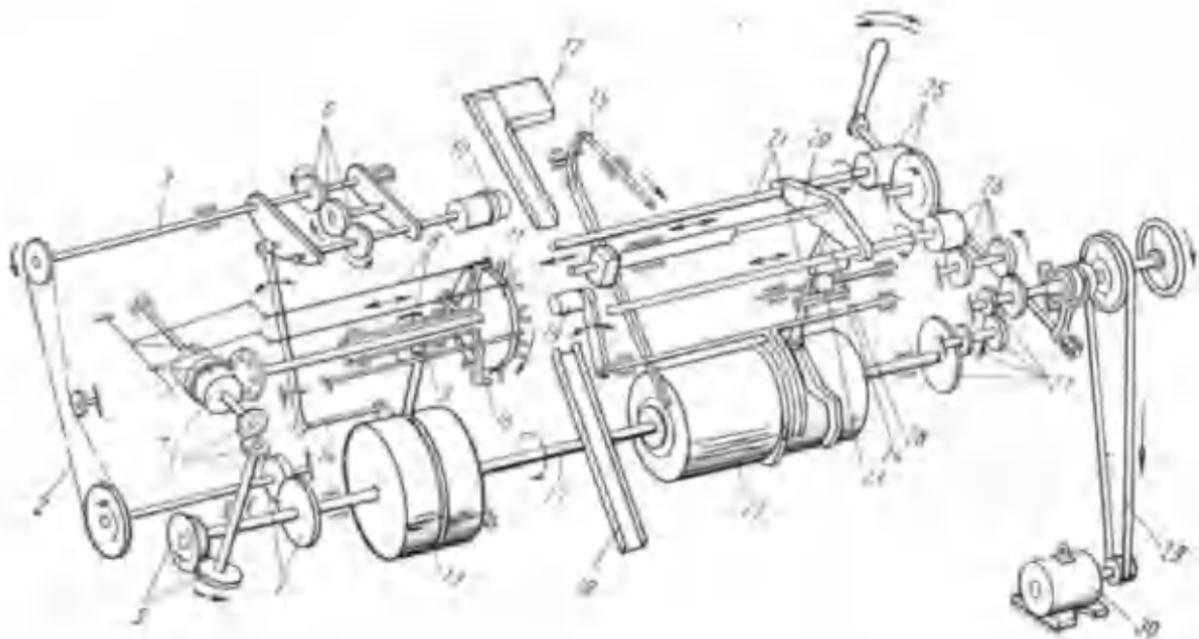


Рис. 116. Кинематическая схема машины для обрезания цинковых стаканов элементов № 373:

1 — коническая передача, 2 — цепная передача, 3, 17 — валы, 4, 13, 22 — кулаки, 5, 7, 25, 26, 27 — цилиндрические передачи, 6, 23 — шестерни, 8 — упор, 9 — неподвижный упор, 10 — дисковый нож, 11, 19 — барабаны, 12 — бункер, 14 — система рычагов, 15 — фиксатор, 16 — разжимное устройство, 18 — лоток, 20 — шток, 21 — шток с наконечником, 24 — неподвижная рейка, 28 — подвижная рейка, 29 — ременная передача, 30 — электродвигатель

Ежедневно после окончания работы обрезной машины проводят профилактические мероприятия. Снимают ограждения, обрезную машину чистят и промывают от грязи и обрезков цинковых электродов, а затем протирают ветошью. Движущиеся, вращающиеся и трущиеся детали смазывают маслом.

Обрезную машину обслуживает один человек, который должен быть ознакомлен с правилами техники безопасности и технич. мумом.

Правилами техники безопасности отмечается обязательное заземление машины. Не разрешается работать при снятых ограждениях, производить налаживание, чистку и протирку работающей машины. При налаживании и проверке следует пользоваться только ручным приводом. После включения обрезной машины нельзя исправлять положение цинкового стакана, удалять испорченные электроды и обрезки цинка.

Обрезанные цинковые электроды должны иметь ровную кромку без заусенцев, а на стенках электродов не должно быть вмятин. Заусенцы могут вызвать появление коротких межэлектродных замыканий во время сборки элемента. Вмятины на боковых поверхностях стакана приводят к изменению расстояния между положительным и отрицательным электродами элемента и к неравномерности растворения цинка при разряде.

Поверхность цинка должна быть чистой, без следов грязи, масла и продуктов коррозии.

Готовые цинковые электроды после проверки укладываются в деревянные ящики доньшками вниз. Ящики с электродами направляются на участок сборки элементов.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ МАРГАНЦЕВО-ВОЗДУШНО-ЦИНКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

§ 49. Разрезание цинковых листов на полосы и заготовки

Цинковые отрицательные электроды разного размера для элементов стаканчиковой конструкции имеют как цилиндрическую, так и прямоугольную форму с круглым или квадратным дном.

Электроды прямоугольной формы изготавливают из листового цинка толщиной 0,5—1 мм. Толщина применяемого цинкового листа зависит от размера электрода.

Цинковые листы разрезаются рольными ножницами на длинные полосы заданной ширины.

На рис. 117 показана схема работы рольных ножниц, которые используются для разрезания листов на полосы и полос на прямоугольные заготовки. На плите 2 стола рольных ножниц помещаются стопки цинковых листов. Листы вручную закладывают между подающими роликами 5. Ролики вращаются навстречу друг другу, как показано на рис. 117 стрелками, и захваты-

вают цинковый лист, направляя с определенным усилием под лезвия дисковых ножей 4. Дисковые ножи укреплены на валках 7, вращающихся навстречу друг другу. Ширина цинковых полос определяется расстоянием между режущими дисковыми ножами 4. Разрезанные цинковые полосы захватываются прижимающими роликами 3. В конце операции разрезания цинковый лист уже не удерживается подающими роликами.

При работе на рольных ножницах рабочий, прижимая боковую сторону листа к направляющей линейке, подает цинковый лист к валкам с ножами и разрезает лист на полосы.

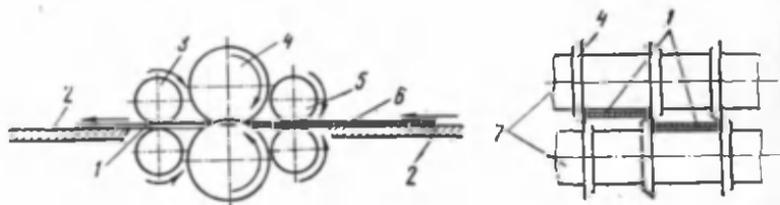


Рис. 117. Рольные ножницы для разрезания цинковых листов:

1 — цинковые заготовки, 2 — плита стола, 3 — прижимающие ролики, 4 — дисковые ножи, 5 — подающие ролики, 6 — цинковый лист, 7 — валки дисковых ножей

Каждая из полученных полос разрезается ножницами на несколько заготовок определенных габаритов. Заготовки для элементов 1,30-НВМЦ-150 имеют размер 285×140 мм в случае паяных электродов, для клепаных электродов — 293×140 мм и для сварных — 287×140 мм. Для 1,35-ТВМЦ-150 применяются заготовки размером 200×112 мм. Все заготовки должны быть прямоугольной формы и должны иметь минимальное количество заусенцев. Заусенцы длиной более 0,15 мм не допускаются. Соответствие размеров заготовок техническим требованиям периодически проверяется линейкой и угольником.

§ 50. Сгибание цинковых заготовок

Цинковые заготовки помещают в термостат и подогревают при температуре $30-60^\circ \text{C}$ в течение 20—30 мин. После прогревания заготовки вынимают из термостата и складывают на деревянную подставку, расположенную около пресса для сгибания заготовок. Для того чтобы не загромождать рабочее место и обеспечить технику безопасности, следует размещать непосредственно около пресса количество заготовок, необходимое только для 15—30-минутной работы. По мере изготовления электродов запас заготовок около пресса пополняется. Сгибание заготовок производится на эксцентриковом 25-тонном прессе. На прессе устанав-

ливают штамп-шаблон, предназначенный для сгибания заготовок.

На рис. 118 в двух проекциях показана схема работы штампа-шаблона для сгибания цинковых заготовок электрода прямоугольной формы.

Пуансон 5 штампа имеет хвостовик, предназначенный для крепления пуансона в ползуне пресса. Ширина пуансона соответствует внутреннему размеру цинкового прямоугольного стакана. Матрица 2 имеет паз с прижимом 6

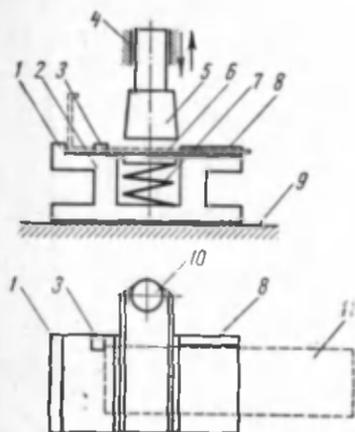


Рис. 118. Штамп-шаблон для сгибания цинковых заготовок прямоугольных отрицательных электродов стаканчиковых элементов:

1 — упор для второй операции, 2 — матрица, 3 — упор для первой операции, 4 — ползун пресса, 5 — пуансон, 6 — прижим, 7 — пружина, 8 — направляющая, 9 — стол пресса, 10 — хвостовик пуансона, 11 — цинковая заготовка

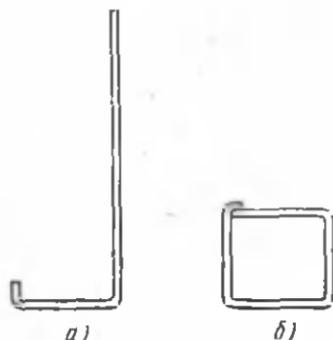


Рис. 119. Согнутые цинковые заготовки для прямоугольных отрицательных электродов стаканчиковых элементов (показано сечение):

а — после первой операции, б — после второй операции

и устанавливается на столе пресса 9. Зазор между матрицей и пуансоном достаточно велик, а профиль пуансона позволяет сгибать цинковую заготовку с определенным радиусом на месте сгиба. Сгибание заготовки производится двумя операциями.

При первой операции заготовка в виде прямоугольной цинковой карточки укладывается на матрицу штампа, как показано на второй проекции на рис. 118. Положение заготовки ограничивается на матрице штампа направляющей 8 и упором 3. При движении пуансона вниз заготовка прижимается пуансоном 5 и прижимом 6. Дальнейшее передвижение пуансона вниз приводит к тому, что прижим утапливается в матрице 2, сжимая от движения пуансона пружину 7. В этот момент заготовка принимает форму, показанную на рис. 119, а. Затем при движении пуансона

вниз согнутая заготовка выталкивается из паза матрицы пружинной 7 (см. рис. 118). На этом заканчивается первая операция.

При второй операции заготовка вручную перемещается до упора 1, как показано на первой проекции рис. 118. При повторном рабочем ходе ползуна пресса штамп сгибает заготовку, которая приобретает квадратную в сечении форму (рис. 119, б).

Пресс включается на рабочий ход с помощью педали. При работе на прессе, особенно в случае отсутствия автоматической блокировки, рабочий должен быть внимательным во избежание травм. При включенном прессе нельзя производить механические ремонтные работы.

Согнутые заготовки направляются на операции склепывания или пайки электрода.

§ 51. Склепывание и пайка цинковых электродов марганцево-воздушно-цинковых элементов

Склепывание цинковых электродов для элементов батарей «Девиз» и «Экран» производится на склеп-машине. Эта машина имеет «хобот», на который до упора плотно надевается цинковая заготовка. Склепываемые части заготовки прижимаются к специальным ножам, которые при нажатии на педаль машины производят изготовление шовного замка (рис. 120), обладающего достаточной герметичностью. Вместо склепывания на склеп-машине можно пользоваться электро-сварочным аппаратом и получать сварные швы.

Цинковые прямоугольные электроды для элементов 1,35-ТВМЦ-50, 1,30-НВМЦ-150, батарей «Прибой» и «Волна» изготавливаются с помощью пайки бокового шва согнутых заготовок и припайки цинковых донышек. Согнутые заготовки перед пайкой кантуются. Кантовка заключается в выравнивании и подгибании боковых сторон для того, чтобы придать заготовке правильную геометрическую форму, соответствующую форме готового электрода. Эта операция производится вручную на деревянной или текстолитовой оправке, показанной на рис. 121. Затем в корпус вставляется донышко (рис. 122). Деревянной палочкой или кисточкой места пайки смазываются жидким флюсом, представляющим собой водный раствор хлористого цинка. Пайка производится электрическим паяльником большой мощности.

Паяльник перед началом работы должен быть прогрет в течение 10—15 мин. Окислы, появляющиеся на жале паяльника при его нагревании, снимают механическим драчевым напильником, а также погружением жала в твердый хлористый аммоний.



Рис. 120. Форма шовного замка цинкового прямоугольного электрода

Жало готового к работе паяльника должно быть равномерно залужено применяемым для пайки припоем ПОС-30 (ГОСТ 1499—56). Правильно подготовленный к работе паяльник имеет блестящее жало без черных участков окислов. Паяльником набирается припой. Пайка бокового шва и донышка производится

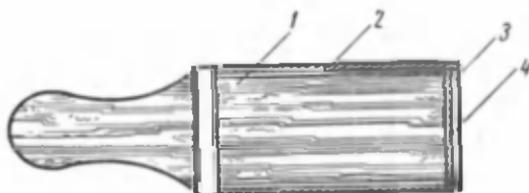


Рис. 121. Оправка для кантовки и пайки цинковых прямоугольных электродов:
1 — оправка, 2 — корпус электрода, 3 — паяный шов, 4 — донышко электрода

при вращении вокруг своей оси оправки с надетой согнутой заготовкой и вставленным донышком. Нельзя пользоваться во время пайки оправками, изготовленными из железа, меди и их сплавов, так как в случае протекания оловянно-свинцового припоя на внутреннюю поверхность спаиваемого цинкового стакана возможно прочное соединение материала оправки с цинковым электродом. На рис. 123 изображены места пайки швов цинковых стаканов.

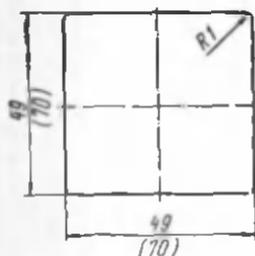


Рис. 122. Дно цинкового электрода элемента 1,35-ТВМЦ-50 (в скобках указаны размеры дна электрода элемента 1,30-НВМЦ-150)

Швы после пайки должны быть герметичными и механически прочными. При небольшом усилии швы не должны расходиться. Качество швов проверяется работницей, производящей пайку. Герметичность всех корпусов проверяется работницей косвенным способом — просмотром на свету и выборочно представителем отдела технического контроля три раза в смену на 5—10 изделиях. В случае отдельных прожогов и незапаянных участков возможно исправление

брака. В местах пайки не должны быть наросты и выступы припоя, а внутри цинкового стакана — крошки припоя. Внутренняя поверхность электрода имеет блестящий вид без следов окисления. Размеры спаянных цинковых электродов проверяются штангенциркулем или специально предназначенным шаблоном. Проверка производится три раза в смену на 3—5 электродах.

К спаянным электродам привариваются токоотводы. На рис. 124 показан цинковый электрод элемента 1,35-ТВМЦ-50 с

токоотводом. Токоотводы изготавливают из проводов ПБВ, ПРБ или МГВ толщиной 0,35—0,75 мм. Резка проводов осуществляется на специальной машине, которая автоматически отмеряет заданный размер провода, производит его обрезку и зачистку концов. Приваривание токоотводов с помощью точечной сварки

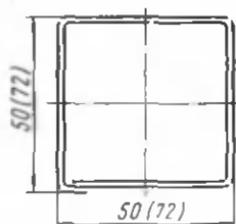
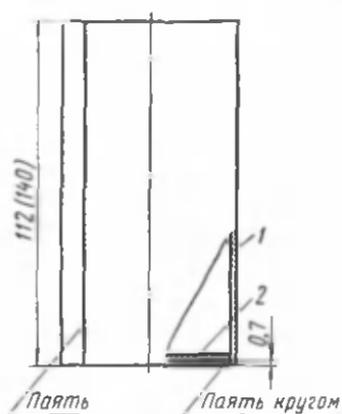


Рис. 123. Спаянный отрицательный электрод элемента 1,35-ТВМЦ-50:

1 — цинковый корпус, 2 — дношко. (В скобках указаны размеры деталей элемента 1,30-НВМЦ-150)

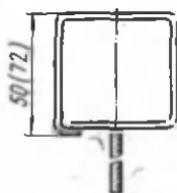
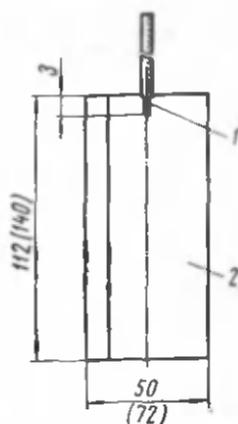


Рис. 124. Отрицательный электрод элемента 1,35-ТВМЦ-50 с припаянным токоотводом:

1 — провод МГВ-0,35 в синей изоляции, 2 — электрод. (В скобках указаны размеры для деталей элемента 1,30-НВМЦ-150)

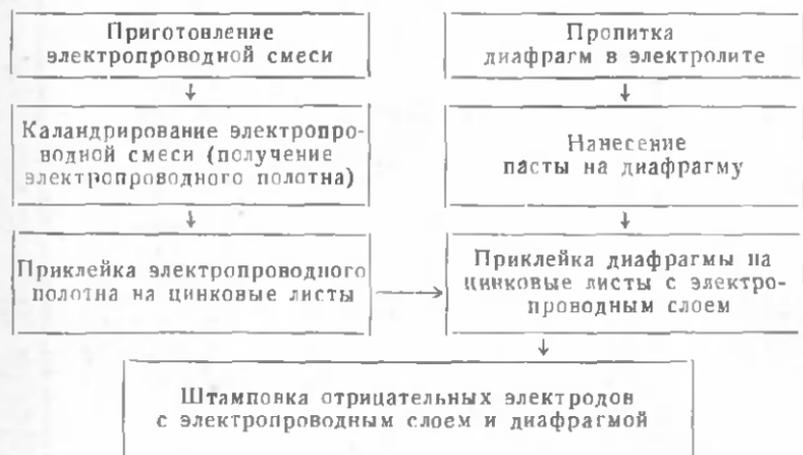
производят сварочным аппаратом с угольными или медными электродами. На цинковый электрод накладывается каретка и нажатием на сварочный электрод производится сварка. Сварочный аппарат конструктивно соединен с понижающим трансформатором большой мощности. Вторичная обмотка такого трансформатора выполняется толстым медным проводом или лентой и выдерживает режим непродолжительного короткого замыкания. Ко вторичной обмотке присоединяются сварочные электроды. Сварка происходит при замыкании электродов через свариваемый участок изготавливаемого цинкового электрода.

Качество сварки проверяется попыткой оторвать токоотвод при небольшом усилии. Токоотводы должны быть механически прочно приварены к цинковому стакану.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ГАЛЕТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ПРОИЗВОДСТВО ДИАФРАГМ МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Отрицательный электрод галетного элемента состоит из цинковой пластины с нанесенным на нее с одной стороны электропроводным¹ слоем. С другой стороны на электроде располагается диафрагма. Диафрагма помещается на электрод не при сборке элемента, а во время изготовления цинкового электрода, поэтому изготовление и нанесение диафрагмы технологически связаны с операциями изготовления отрицательного электрода.

В схеме представлен технологический процесс производства диафрагм и цинковых электродов галетных элементов из листов с нанесенным электропроводным слоем.



Все операции заключаются в изготовлении и нанесении электропроводного слоя на цинковые листы, изготовлении диафрагмы со слоем загущенного электролита, приклеивании диафрагм к цинковым листам и штамповке электродов из цинковых листов, покрытых электропроводным слоем и материалом диафрагм.

¹ Правильнее следовало бы этот слой называть электропроводным, но термин «электропроводный слой» широко встречается в литературе по химическим источникам тока и является общепринятым.

§ 52. Изготовление электропроводного полотна для отрицательных электродов галетных элементов

Для производства электропроводного полотна применяется смесь бутилкаучука или полиизобутилена с элементным графитом ЭЗ-К или ЭЗ-М (ГОСТ 7478—55) и ацетиленовой элементной сажой. Вместо ацетиленовой сажи возможно применение ламповой сажи (ГОСТ 7585—56).

Бутилкаучук и полиизобутилен обеспечивают эластичность электропроводного полотна и являются механической основой, скрепляющей частицы графита и сажи. Графит и сажа, обладающие электронной проводимостью, придают электропроводные свойства. При работе элемента через электропроводное полотно легко проходят электроны, но ионы не могут проникать через него.

Электропроводная смесь содержит по весу 1 часть бутилкаучука, 0,1 части сажи и 5 частей графита. При большем количестве графита возрастает электропроводность, но снижается эластичность и появляются трещины на изгибе, снижается механическая прочность. При увеличении количества бутилкаучука увеличиваются сопротивление и эластичность.

Компоненты смеси равномерно перемешиваются между собой до однородной по внешнему виду массы, не содержащей посторонних включений. Смешивание производится на смесительных вальцах.

На рис. 125 схематично показаны устройство и работа смесительных вальцев. Вальцы имеют два валка 1 и 3, вращающихся с разной скоростью. Электрический двигатель, приводящий в движение валки, имеет мощность 45—50 квт. Валки обогреваются с помощью пара или электричества до температуры 100—120° С, достаточной для размягчения бутилкаучука.

Смешивание происходит вследствие разницы скоростей вращения валков относительно друг друга. Валок 3 вращается со скоростью 12 об/мин, а валок 1—10 об/мин. Обычно выбирается соотношение скоростей 1:1,20. Оба валка имеют одинаковый диаметр 500 мм и длину 1,5 м. При одинаковых диаметрах валков и разной скорости их вращения линейная скорость на поверхности одного валка отличается от линейной скорости на поверхности другого валка.

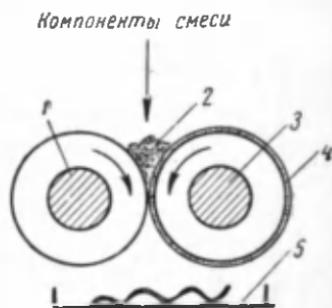


Рис. 125. Схема работы смесительных вальцев:

1 — валок, вращающийся с меньшей скоростью, 2 — компоненты смеси, 3 — валок, вращающийся с большей скоростью, 4 — электропроводный слой, 5 — противень (стрелкой указано направление загрузки компонентов электропроводного слоя).

Компоненты электропроводной смеси 2 подаются в пространство между валками, как показано на рисунке стрелкой. На линии соприкосновения валки с большим усилием сдавливают электропроводную смесь, а вследствие разных скоростей вращения валков происходит смещение слоев смеси относительно друг друга. Таким образом происходит перемешивание компонентов.

Во время вальцевания на валке, имеющем большую скорость вращения, образуется «чехол» 4 из электропроводной смеси. Вальцевание начинается после введения первого компонента — бутилкаучука. После образования «чехла» засыпается в половинном количестве графит. Смесь вальцуется 1—2 мин. Потом вводится сажа и оставшееся количество графита. В течение 5—7 мин все введенные компоненты перемешиваются и перетираются на смесительных вальцах. В процессе перемешивания электропроводная смесь слоем толщиной 2—3 мм покрывает валок.

После окончания перемешивания «чехол» осторожно надрезается и в виде электропроводного полотна попадает в противень 5, а затем опять подается в загрузочное пространство между валками. После 3-кратной загрузки электропроводное полотно окончательно снимается с поверхности валка.

Электропроводное полотно разрезают на листы длиной 400—500 мм и шириной 200—400 мм. После охлаждения листы поступают на операцию каландрирования.

§ 53. Каландрирование, обрезание электропроводного полотна и нанесение электропроводного слоя на цинковые листы

Операция каландрирования заключается в прокатывании электропроводных листов до требуемой толщины с помощью каландров. В галетных элементах разных размеров используются электропроводные листы толщины от 0,07 до 0,35 мм. Для галетных элементов малогабаритных батарей используются тонкие листы, для крупногабаритных источников тока — толстые листы.

Схема работы каландров показана на рис. 126. Электропроводные листы 2 кладутся на стол каландров 3 и пропускаются между валками 1 и 4. Валки вращаются навстречу друг друга с одинаковой линейной и угловой скоростью.

Прокаландрированные электропроводные листы имеют неровные края и надрывы. Листы укладываются стопкой толщиной 30—50 см и обрезаются с помощью специальных ножниц по размеру, превышающему размер цинковых листов-заготовок на 7—10 мм.

На рис. 127 показана схема работы ножниц при обрезании стопки электропроводных листов. На стол 2 ножниц помещаются сложенные друг на друга прокаландрированные листы так, чтобы края листов приблизительно совпали друг с другом. Стопку электропроводных листов 3 сдвигают под лезвие ножниц так, чтобы неровные участки и надрывы на краях листов были полностью обрезаны. Верхний нож 1 ножниц движется под углом к горизонтальной плоскости. После обрезания листов с одной стороны стопки верхний нож поднимается и операция повторяется для обрезания остальных сторон листов, находящихся в стопке.

Обрезанные электропроводные листы не должны иметь надрывов, неровностей, дырок и посторонних включений на поверхности. Электрическое сопротивление контролируется приспособлением. В этом приспособлении с помощью омметра измеряется сопротивление диска из электропроводного листа диаметром 32 мм. Диск зажимается с помощью пружины между двумя металлическими дисками такого же диаметра. Диски присоединены к омметру. Электропроводные листы считаются пригодными, если сопротивление не превышает 0,6 ом.

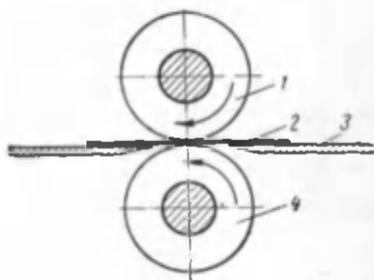


Рис. 126. Схема работы каландров:

1 — верхний валец, 2 — электропроводное полотно, 3 — стол, 4 — нижний валец

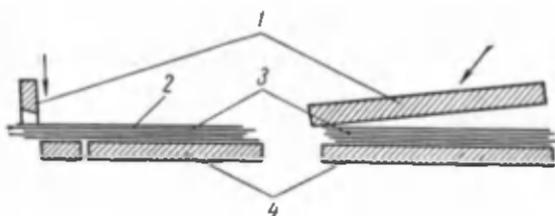


Рис. 127. Схема работы ножниц для обрезания краев стопок электропроводного полотна:

1 — верхний нож, 2 — стол ножниц, 3 — стопка электропроводных полотен, 4 — нижний нож

При непрерывном процессе производства электропроводные листы после обрезания кромок приклеиваются к цинковым листам. Склейвание листов производится клеем, представляющим собой раствор бутилкаучука в бензине 1 : 20. Бутилкаучук разрезается на мелкие куски, помещается в большой стеклянный ста-

кан и заливается требуемым количеством бензина. Для ускорения растворения смесь перемешивается небольшой механической мешалкой лабораторного типа. После растворения бутилкаучука в клей добавляют пятую часть электропроводной смеси и вновь перемешивают до образования однородного раствора.

Цинковый лист смазывают бутилкаучуковым клеем с помощью волосяной щетки. После полного подсыхания клея на цинковый лист вручную укладывают и разравнивают электропроводный лист, который должен плотно, без воздушных пузырей прилегать к поверхности цинка. Затем сверху на электропроводный слой помещают лист картона ЭВ толщиной 1 мм и вся система пропускается через прокатные вальцы.

Принцип работы прокатных вальцев аналогичен принципу работы каландров. При прокатывании электропроводный лист нижней поверхностью склеивается с верхней поверхностью цинкового листа, на который был нанесен тонкий слой бутилкаучукового клея. Таким образом, получается цинковый лист с нанесенным на него электропроводным слоем. Кромки электропроводного слоя, выступающие за края цинкового листа, обрезаются ножом по периметру.

Если поврежден участок поверхности электропроводного слоя на цинковом листе, то вырезается лоскут электропроводного листа и накладывается в виде заплаты на поврежденные места. После наложения заплаты производится вальцевание. Отремонтированный цинковый лист не должен иметь отверстий, борозд, трещин на поверхности электропроводного слоя. Заплата должна быть приклеена всей своей поверхностью к цинковому листу.

Электропроводный слой непроницаем для электролита. Проверка на непроницаемость производится электролитическим методом.

На электропроводный слой цинкового листа устанавливается торцевой частью стеклянная трубка длиной 45—55 мм и внутренним диаметром 25—30 мм, герметично закрепляется изолирующей композицией и заполняется электролитом. В трубку опускается угольный стержень диаметром 6 мм и длиной 55 мм. К колпачку угольного стержня припаивается проводник, соединенный с положительным токоотводом вспомогательного гальванического элемента. Поверхность цинка проводником соединяется с отрицательным токоотводом элемента. Через 48 ч схема разбирается и цинковый лист нагревается до 60—70° С. После размягчения электропроводного слоя он снимается шпателем с поверхности цинка. Поверхность цинка промывается бензином до удаления остатков бутилкаучука и графита. Если электропроводный слой непроницаем для электролита, то поверхность цинка, находившаяся под этим слоем, не имеет следов коррозии. В случае заметных следов коррозии партия цинковых листов с электропроводным слоем бракуется.

§ 54. Виды сепараторов и способы изготовления диафрагм

Межэлектродное пространство в марганцево-цинковых и марганцево-воздушно-цинковых элементах заполняется чаще всего загущенным электролитом, имеющим в готовом элементе консистенцию студня. Однако электролит не может в полной мере предотвратить возникновение внутренних коротких замыканий в элементе, так как механически не разделяет электроды, материал которых имеет электронную проводимость. Для механического разделения электродов используются сепараторы. Сепараторы, которые удерживают значительную часть электролита, являются как бы запасными контейнерами электролита и называются диафрагмами.

Существуют три типа сепараторов для марганцево-цинковых и марганцево-воздушно-цинковых элементов и, соответственно, три технологии их изготовления.

Пастовые диафрагмы представляют собой кабельную бумагу, пропитанную электролитом и покрытую с одной стороны слоем загущенного электролита (пасты). Пастовая диафрагма используется обычно как отдельные детали элемента и вкладывается в цинковый стаканчиковый электрод при сборке элемента.

Технология получения таких диафрагм состоит из пропитки кабельной бумаги в электролите, нанесении слоя загущенного электролита и разрезания на карточки требуемого размера. По такой технологии изготавливаются диафрагмы для большинства цилиндрических набивных элементов (например, № 373).

Диафрагмы из фильтровального картона или бумаги пропитываются электролитом и приклеиваются специальным клеем к поверхности цинковых листов, из которых изготавливают электроды. Такая технология применяется при производстве диафрагм для марганцево-цинковых элементов галетной конструкции.

Сепараторы из миткалевой ткани удерживают незначительное количество электролита. Основное количество электролита вводится в элемент отдельно во время сборки. Миткалевые сепараторы изготавливают разрезанием ткани на карточки требуемого размера. Такие карточки-сепараторы обертываются вокруг положительного электрода и приклеиваются к нему клеем или обвязываются нитками. Технология изготовления миткалевых карточек проста и не требует отдельного рассмотрения. Миткалевые сепараторы применяют в элементах № 336, батареях КВС-Л-0,50 и в некоторых марганцево-воздушно-цинковых элементах.

§ 55. Изготовление пастовых диафрагм для стаканчиковых элементов

Рассмотрим технологический процесс изготовления пастовых диафрагм на примере диафрагм элемента № 373 («Марс»).

Изготовление диафрагм состоит из пропитки кабельной бумаги в электролите, нанесения слоя загущенного электролита на поверхность бумаги и разрезания бумаги на карточки требуемого размера.

На рис. 128 показана схема работы пастовой машины для пропитки кабельной бумаги и нанесения пасты.

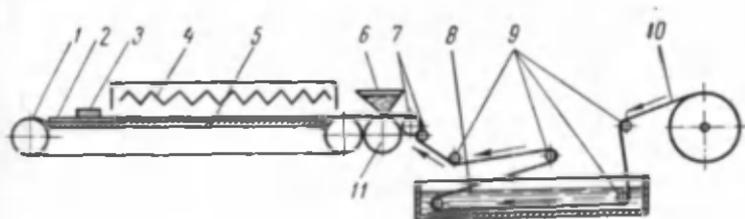


Рис. 128. Схема работы пастовой машины:

1 — ленточный транспортер, 2 — кабельная бумага с пастовым слоем, 3 — щетка, 4 — нагреватель, 5 — плита транспортера, 6 — ванна с «болтушкой», 7 — ролики, отжимающие электролит, 8 — ванна с электролитом, 9 — натягивающие ролики, 10 — левая кабельная бумага, 11 — ролик регулировки зазора

Кабельная бумага 10 разматывается из рулона, насаженного на бобину, и поступает в ванну 8, заполненную электролитом № 19. С помощью натягивающих роликов 9 бумага находится в слабо натянутом состоянии, предотвращающем образование складок. Скорость движения бумаги равна 15 м/мин. Длительность пребывания бумаги в ванне достаточна для полного пропитывания кабельной бумаги в электролите. Избыток электролита удаляется отжимающими роликами 7. Отжатая от избытка электролита кабельная бумага проходит под ванной 6, которая наполняется самозагустевающим электролитом «болтушкой».

Самозагустевающий электролит 32—2 готовится смешиванием равных объемов электролита 20—3 и загустителя 20—5 с введением 245 г/л крахмала. Приготовление «болтушки» 32—2 производится непосредственно около пастовой машины. Перед смешиванием растворов производится их охлаждение до 14—16°С с помощью льда. При более высокой температуре происходит слишком быстрое загустевание «болтушки». В этом случае «болтушка» налипает на стенки ванны 6 и не позволяет получить пастовую диафрагму с равномерным по толщине слоем пасты. При низкой температуре из-за слабой вязкости раствора наблюдается стекание пасты с поверхности кабельной бумаги, появление подтеков и наплывов. Приготовление «болтушки» произво-

дится при непрерывном перемешивании механическим или ручным способом. В ванне 6 электролит вручную периодически размешивается для предотвращения образования отдельных сгустков вследствие некоторой неравномерности самозагустевания.

Ванна 6 напоминает по внешнему виду желоб с щелью на дне. Через эту щель паста выливается и попадает на верхнюю по-

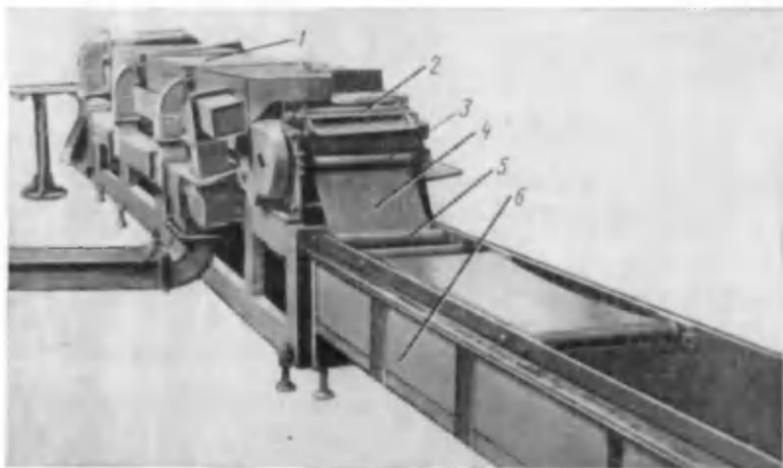


Рис. 129. Нанесение пасты на бумажную ленту:

1 — зона нагрева, 2 — ванна с «болтушкой», 3 — ролики, отжимающие электролит, 4 — лента кабельной бумаги, 5 — натягивающие ролики, 6 — ванна с электролитом

верхность кабельной бумаги. Между направляющими роликами 11 и щелью ванны 6 имеется зазор. Величина зазора регулируется в зависимости от требуемой толщины пасты на поверхности кабельной бумаги. Обычно зазор равен 0,5—0,7 мм. Кабельная бумага с нанесенным слоем пасты поступает в зону нагрева. С помощью электрического нагревателя 4 в зоне поддерживается температура 90° С. При этой температуре происходит загустевание («созревание») пасты.

В зоне нагрева кабельная бумага со слоем пасты передвигается с помощью транспортера 1. Транспортерная шлифованная лента движется по плите 5, изготовленной из толстого стекла. Для предотвращения образования подтеков пасты транспортер и плита устанавливаются в строго горизонтальном положении. Шлифованием транспортерной ленты, горизонтальной установкой плиты 5 обеспечивается получение постоянной толщины пастового слоя на кабельной бумаге. Передвижение кабельной бумаги в пастовой машине, в том числе разматывание рулона с бумагой,

происходит вследствие движения транспортной ленты, к поверхности которой плотно прижимается смоченная в электролите бумага.

На выходе зоны нагрева наружная поверхность пастового слоя припудривается крахмалом, предварительно подсушенным в термостате при температуре 50—55° С. Припудриванием уменьшаются липкие свойства поверхности пасты. Излишнее количество крахмала сметается с поверхности пастового слоя волосяной щеткой 3. В конце транспортера 1 лента пастовой диафрагмы разрезается на листы размером 350×700 мм.

На рис. 129 показан внешний вид пастовой машины для пропитки бумаги и нанесения пасты.

Разрезанные листы пастовой диафрагмы выдерживаются при температуре 25—29° С в течение 20—60 мин для дополнительного слабого подсыхания поверхности пасты. Этой операцией предотвращается дальнейшее слипание листов, которые укладываются в стопки. Каждая стопка содержит 50—100 листов пастовой диафрагмы.

Для предотвращения высыхания стопки из листов пастовых диафрагм помещаются в полиэтиленовые мешки, края которых подгибаются для уменьшения потерь влаги. В течение последующих суток происходит окончательное «созревание» пасты. Затем листы разрезаются на полосы шириной 99—101 мм, а эти полосы разрезаются на карточки длиной 61—66 мм. Вес таких карточек-диафрагм для элемента № 373 равен 4—5,2 г.

§ 56. Производство диафрагм для галетных элементов

Рассмотрим особенности технологии изготовления диафрагм для некоторых элементов галетной конструкции. На кабельную бумагу наносится с помощью пастовой машины самозагустевающий электролит-паста, состав которой немного отличается от состава паст для диафрагм цилиндрических элементов. На выходе из зоны нагрева пастовой машины вместо припудривания пасты производится наклеивание пастового слоя кабельной бумаги к цинковым листам. Липкая, не припудренная крахмалом поверхность пастового слоя хорошо прилипает к поверхности цинка. Бумага с пастой обрезается по размерам цинкового листа. После суточного вылеживания цинковых листов с приклеенной диафрагмой производится штамповка отрицательных электродов требуемого размера в виде карточек.

Рассмотрим подробнее изготовление диафрагм для галетных элементов батарей «Энергия». Фильтровальный картон № 275 (ГОСТ 6722—65) разрезается на листы размером 487×660 мм. Картонные листы замачивают в ванне в течение 5—15 мин в подогретом до 30—40° С электролите № 18—1. Ванна снабжается электрическим нагревателем малой мощности, позволяющим под-

держивать заданную температуру на постоянном уровне. После окончания пропитки листы картона вынимают из ванн, дают возможность стечь излишнему количеству электролита и перекладывают сухими листами картона. Сухим картоном поглощается часть электролита. После подсушивания пропитанные листы выборочно взвешивают. Партия листов считается пригодной для изготовления диафрагм, если выборочно проверенные листы имеют вес не менее 280 и не более 375 г.

На поверхности листов не должно быть следов выкристаллизовавшихся солей и сухих участков. Замоченные в электролите листы картона могут храниться стопками не более суток.

Пропитанный электролитом фильтровальный картон приклеивается специальным клеем-пастой к металлической поверхности цинковых листов, на одну сторону которых был предварительно нанесен электропроводный слой. Клей-паста готовится из раствора, содержащего 28% хлористого аммония, 30% хлористого цинка и 1,5% хлористого кальция. К раствору перед началом работы добавляют 20 г/л сулемы и 90—100 г/л крахмала. Паста-клей самозагустевает, для предотвращения слишком быстрого загустевания пасту хранят при температуре не выше 16° С. Обычно рекомендуется пользоваться пастой, имеющей температуру не ниже 12° С.

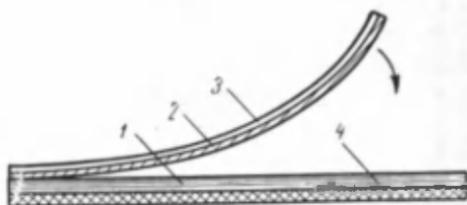


Рис. 130. Приклеивание цинкового листа с электропроводным слоем на картон:

1 — слой электролита-пасты, 2 — цинковый лист, 3 — электропроводный слой, 4 — картон

К раствору перед началом работы добавляют 20 г/л сулемы и 90—100 г/л крахмала. Паста-клей самозагустевает, для предотвращения слишком быстрого загустевания пасту хранят при температуре не выше 16° С. Обычно рекомендуется пользоваться пастой, имеющей температуру не ниже 12° С.

На поверхность листа картона, замоченного в электролите, с помощью волосяной щетки вручную наносят и размазывают клей-пасту. На один лист расходуется 95—105 г клея-пасты, который разравнивается вдоль и поперек длины листа. Затем на смазанный клеем картон накладывают цинковый лист электропроводным слоем вверх и приглаживают со стороны электропроводного слоя. Для того чтобы избежать появления воздушных пузырьков между картоном и поверхностью цинка, цинковый лист накладывается постепенно, как показано на рис. 130.

Цинковые листы с электропроводным слоем и приклеенным картоном укладывают стопками в деревянный ящик так, чтобы картон одного листа соприкасался с картоном другого. Таким образом, предотвращается загрязнение электропроводного слоя пастой. При загрязнении электропроводного слоя его поверхность протирается влажной чистой марлей.

Для подсыхания клея-пасты стопки листов выдерживают в

ящиках не менее 8 ч, а затем передаются в отделение штамповки для изготовления карточек по размеру элемента.

Элементы батареи «Энергия» содержат четыре картонные диафрагмы. Одна из них приклеена к цинковому электроду. Три других диафрагмы изготавливаются пропиткой предварительно отштампованных из картонных лент карточек в электролите. Карточки собирают в стопки, сшивают и укладывают в специальные «пеналы», которые опускают в ванну с электролитом. Для пропитки карточек-диафрагм применяется электролит № 17. Пропитанные в электролите диафрагмы подаются в отделение сборки элементов и батарей.

§ 57. Штамповка отрицательных электродов галетных батарей

Из цинковых листов с нанесенной пастовой диафрагмой и электропроводным слоем штампуют карточки в соответствии с размером галетного элемента. Таким образом, отштампованные карточки представляют собой комбинированные электроды, состоящие из цинка, диафрагмы и электропроводного слоя.

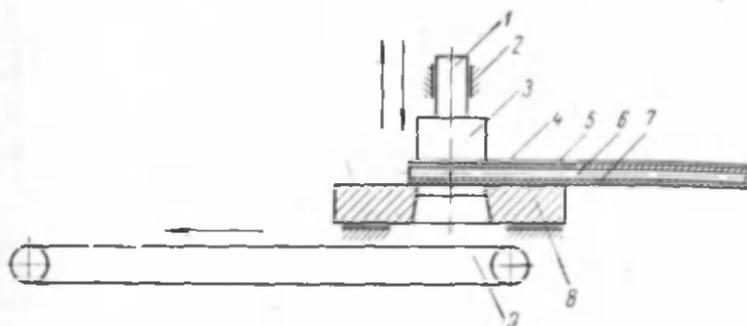


Рис. 131. Схема работы штампа при изготовлении цинковых электродов галетных элементов:

1 — хвостовик пуансона, 2 — ползун пресса, 3 — пуансон, 4 — электропроводный слой, 5 — цинковый лист, 6 — паста, 7 — бумажная диафрагма, 8 — матрица, 9 — конвейерная лента

Схема работы штампа показана на рис. 131.

Многослойные листы укладываются диафрагмой к матрице 8 штампа. Хвостовик 1 пуансона 3 укреплен в ползуне пресса 2. При движении ползуна вниз происходит вырубка цинкового листа и диафрагмы. Ползун пресса делает 150 возвратно-поступательных движений в минуту.

Отштампованные карточки попадают в ящик, расположенный под матрицей штампа, или на конвейерную ленту 9. Конвейер применяется на производствах при большом количестве выпус-

каемых источников тока галетной конструкции. Длина конвейера около 1,5 м. За конвейером находится рабочее место сортировщика, который оставляет на конвейере бракованные электроды, а хорошие электроды укладывает в специальную тару-пеналы.

Штамповка производится на эксцентриковых прессах, показанных на рис. 132. На таких же прессах изготавливаются картонные карточки-диафрагмы для элементов батарей «Энергия».

Электроды бракуются по внешнему виду. Готовые отрицательные электроды с диафрагмой и электропроводным слоем не должны иметь срезаемых углов, повреждений электропроводного слоя, а диафрагма не должна иметь гофров, складок и не должна быть смещена относительно цинковой пластины.

Бракованные электроды и так называемая «вырубка», т. е. остатки цинкового листа, из которого штамповались карточки, с конвейера сбрасываются в ящик для отходов.

Готовые электроды укладывают в «пеналы» или ящики и подают в отделение сборки элементов.

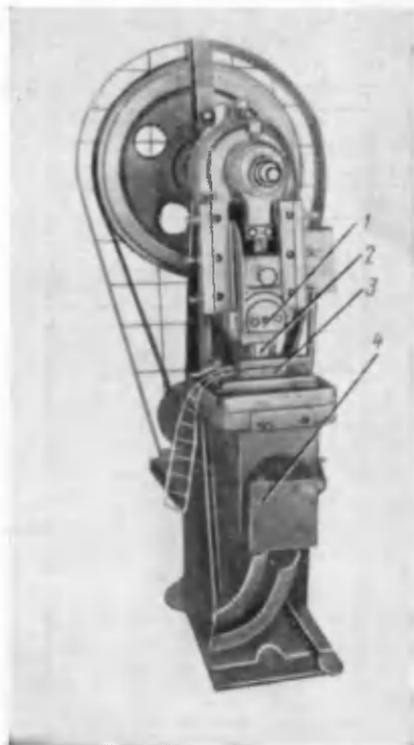


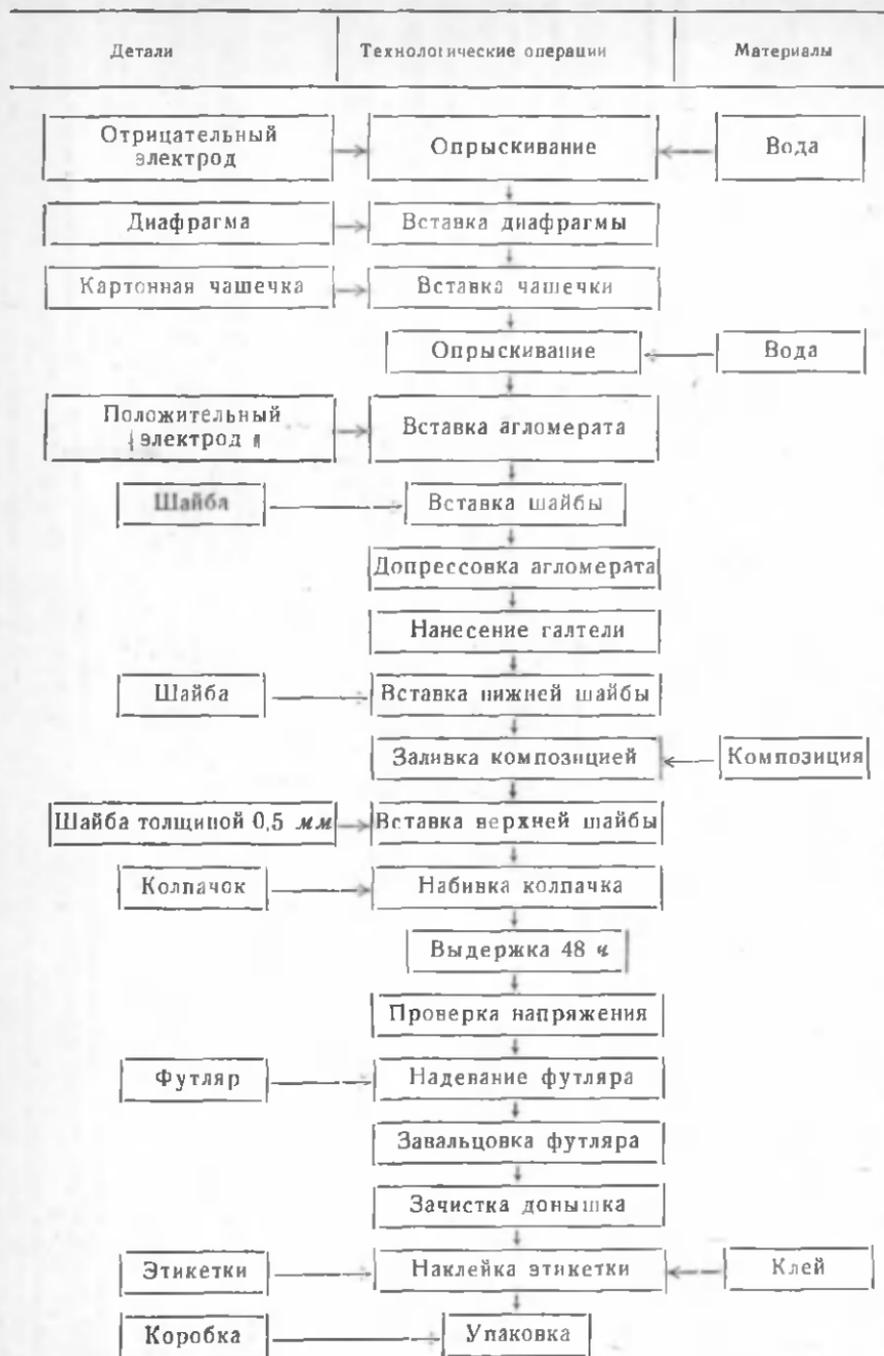
Рис. 132. Эксцентриковый пресс для штамповки цинковых электродов и диафрагм галетных элементов:

1 — ползун пресса, 2 — хвостовик пуансона, 3 — матрица штампа, 4 — ящик для отштампованных электродов

СБОРКА СТАКАНЧИКОВЫХ МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ № 373 („МАРС“)

Сборка элементов стаканчиковой конструкции заключается в соединении деталей элемента — цинкового и двуокисно-марганцевого электродов, пастовой диафрагмы, центрирующих шайб в единую конструкцию, герметизации элемента и оформлении внешнего вида.

На схеме показана последовательность отдельных операций при сборке стаканчиковых элементов № 373 («Марс»).



§ 58. Опрыскивание цинковых электродов и сборка [деталей элементов № 373

Отрицательные цинковые электроды, которые поступают в сборочное отделение в деревянных ящиках, вынимают и направляют на операцию опрыскивания водой внутренней поверхности цинковых стаканов. Опрыскивание производится для лучшего прилипания крахмала пастового слоя диафрагмы к внутренней

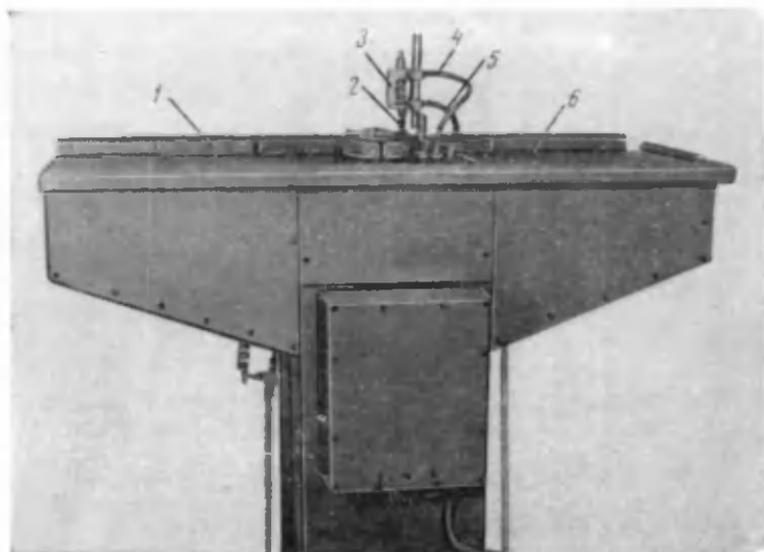


Рис. 133. Машина для опрыскивания цинкового электрода элемента № 373:

1 — направляющая, 2 — сопло опрыскивателя, 3 — опрыскиватель, 4 — шланг, подводящий воду, 5 — шланг, подводящий воздух, 6 — конвейер

поверхности цинкового электрода при последующих операциях. Эта операция осуществляется на опрыскивающей машине (рис. 133).

Основным узлом машины является опрыскиватель 3, к которому по шлангам 4 и 5 подаются вода и воздух. Электроды помещаются в вертикальном положении на конвейерную ленту 6. Перемещаясь по конвейерной ленте, электроды попадают под сопло 2 опрыскивателя, орошаются водой, затем конвейерной лентой уносятся к направляющей 1 и поступают на последующую операцию.

Для того чтобы обеспечить равномерное распределение влаги в диафрагме элементов, необходимо равномерное опрыскивание

поверхности цинка, капли воды не должны стекать на дно цинкового стакана. Равномерность смачивания поверхности цинка зависит от чистоты внутренней поверхности стенок стакана и от регулировки сопла опрыскивателя. При регулировке сопла добиваются такого положения деталей сопла, при котором вода в нем разбивается на мельчайшие капли и наносится на внутреннюю поверхность стакана ровным сплошным слоем. Попадание воды на наружную поверхность приводит к загрязнению поверхности при последующих операциях сборки и к ухудшению внешнего вида элементов; поэтому сопло регулируется так, чтобы цинковые стаканы имели сухую наружную поверхность.

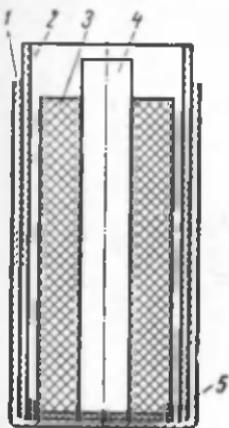


Рис. 134. Элемент № 373 после вставки агломерата, диафрагмы и изолирующей чашечки:

1 — цинковый корпус,
2 — пастовая диафрагма, 3 — агломерат,
4 — угольный стержень, 5 — картонная чашечка

Пастовые диафрагмы вставляются в цинковые стаканы так, чтобы пастовый слой диафрагмы был плотно прижат по внутренней, смоченной водой поверхности цинкового электрода. Края диафрагмы вдоль цилиндрической части электрода располагаются «внакладку» (см. рис. 36) для предотвращения возможности межэлектродных замыканий. Нижний край диафрагмы по всей окружности соприкасается с доннышком цинкового стакана. В цинковый стакан с диафрагмой вставляется картонная изолирующая чашка. После того как диафрагма и картонная изолирующая чашка находятся внутри цинкового стакана, производится вторичное опрыскивание. При вторичном опрыскивании увлажняется поверхность кабельной бумаги диафрагмы. Положительный электрод вставляется в цинковый стакан. На рис. 134 показан элемент после операций опрыскивания и вставки деталей элемента. Агломерат 3 отделяется от стенок цинкового стакана диафрагмой 2, а от дна — картонной чашечкой 5. Верхний край диафрагмы 2 выступает из цинкового корпуса 1.

Далее элементы поступают на технологические операции подвертывания верхних кромок диафрагм, вставки шайб и подпрессовки агломерата.

§ 59. Подвертывание кромок диафрагм, вставка шайб и подпрессовка агломератов элементов № 373

Подвертывание верхних кромок диафрагм, вставка шайб и подпрессовка агломерата выполняются роторной машиной. Рассмотрим принцип работы роторного автомата. Роторная машина

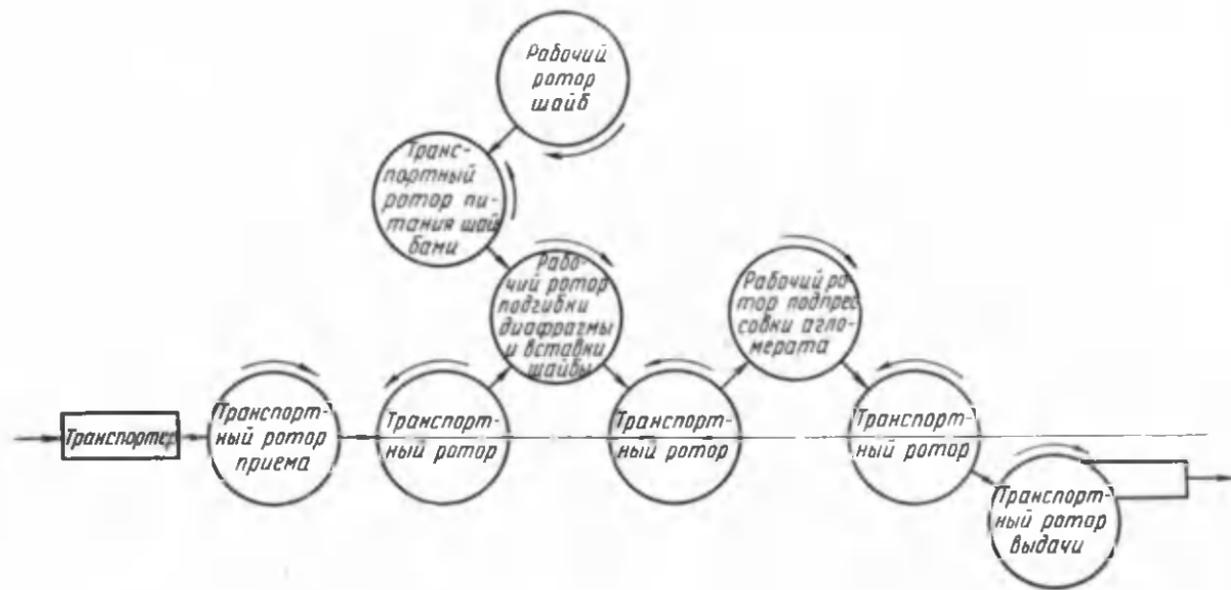


Рис. 135. Схема узлов роторной машины для подгибания края диафрагмы, надевания шайбы и подпрессовки агломератов элементов № 373

состоит из транспортных роторов, передающих элемент с одной операции на другую, и рабочих роторов, которыми непосредственно производится операция сборки (рис. 135).

На рис. 136 показан внешний вид роторной машины.

Элементы по транспортеру 1 поступают к транспортному приемному ротору 2, затем через транспортный ротор поступают к рабочему ротору подгибки диафрагм и вставки шайб. Шайбы толщиной 1,5 мм вставляются на стержень питателя, расположенный на рабочем роторе шайб 3. Шайбы по одной подаются через транспортный ротор питания шайбами в рабочий ротор подгибки диафрагм и вставки шайб.

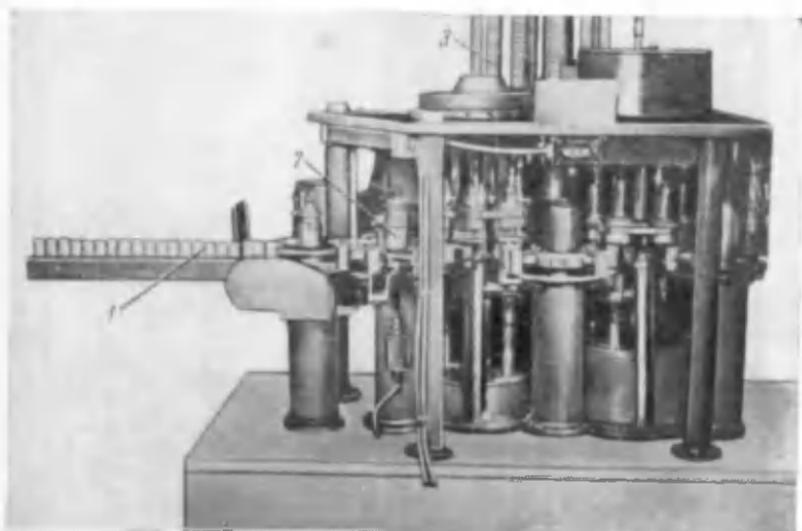


Рис. 136. Роторная машина для подвертывания кромок диафрагмы, вставки шайб и подпрессовки агломератов элементов № 373:

1 — транспортер, 2 — транспортный ротор, 3 — шайбы на рабочем роторе шайб

На рис. 137, а изображены операции подгибания края диафрагмы и надевания шайбы. Элемент находится в обойме ротора 2 с подпятником 5.

Выступающая из цинкового стакана часть диафрагмы подгибается разрезными цангами, которые смонтированы в рабочем роторе. После того как края диафрагмы завернуты на плечики агломерата, пуансоном 1 блока осадки шайб осаживается шайба 3. Пуансон имеет цилиндрическую форму. При опускании пуансона угольный стержень агломерата входит в отверстие пуан-

сона 1. После надевания шайбы элемент транспортным ротором (рис. 135) передается на рабочий ротор подпрессовки.

На рис. 137, б показана схема операции подпрессовки агломерата пуансоном 1 блока подпрессовки роторной машины. Агломерат осаживается пуансоном, становится короче, агломератная смесь заполняет небольшой зазор, который был между диафрагмой и агломератом. Происходит «набивание» агломератной смеси в цинковый стакан. Технология сборки с подпрессовкой агломерата получила название «набивной» технологии. Для того чтобы избежать разрывов цинкового электрода во время подпрессовки, операция производится в обойме 2 с подпятником 5.

После подпрессовки элемент транспортным ротором передается на транспортный ротор выдачи (см. рис. 135) и выходит из машины.

Роторная машина приводится в движение электрическим двигателем. Через червячный редуктор движение передается рабочему ротору подпрессовки. Цилиндрическими зубчатыми колесами двигатель соединяется с транспортными роторами и рабочим ротором вставки диафрагм.

Перед пуском роторных машин производится осмотр всех наружных узлов, проверяется надежность их крепления, чистота, наличие смазки. После ручного поворачивания узлов, убедившись в отсутствии заклиненных деталей, на одну-две минуты пробно включается двигатель роторной машины. Затем двигатель отключается. Стержень с шайбами надевается на рабочий ротор шайб, элементы ставятся на приемный транспортер и машина включается на рабочий ход. Во время работы рабочий следит за своевременным поступлением элементов и шайб к роторной машине.

После выхода из транспортного ротора выдачи элементы направляются в другую роторную машину, выполняющую операцию нанесения на цинковый электрод кольцевой канавки-галтели и надевания второй шайбы.

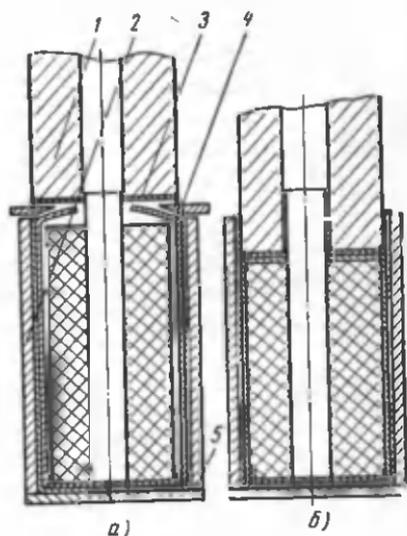


Рис. 137. Подгибание диафрагм и надевание шайбы при сборке элемента № 373:

а — подгибание диафрагмы и надевание шайбы, б — подпрессовка агломерата;

1 — пуансон, 2 — обойма ротора, 3 — шайба, 4 — разрезная цапга, 5 — подпятник ротора

§ 60. Нанесение галтели, надевание шайбы и набивка колпачков на угольные стержни, оформление внешнего вида элементов № 373

На рис. 138 показана роторная машина, выполняющая операции нанесения галтели и надевания второй шайбы. Принцип ее действия аналогичен работе первой роторной машины. Галтель

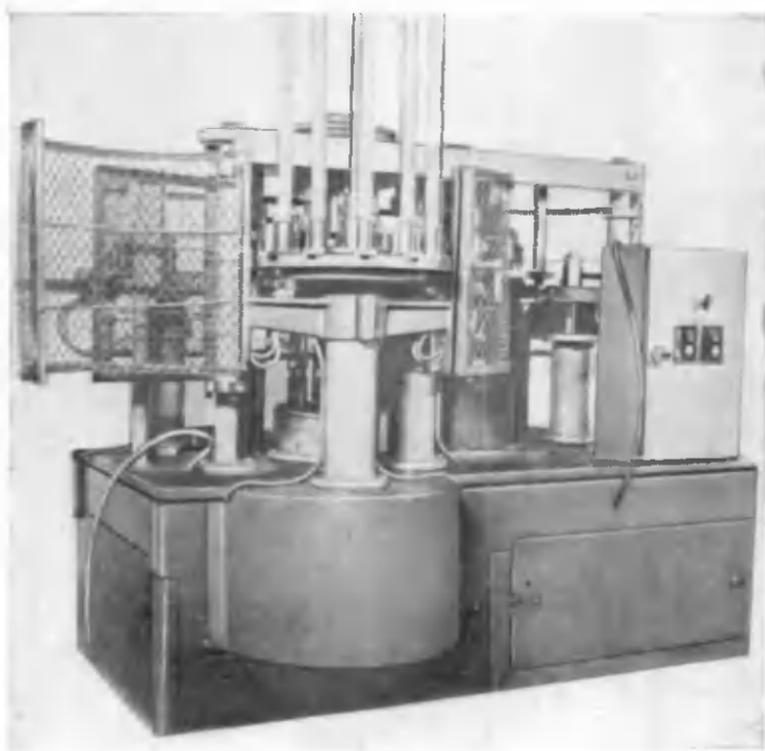


Рис. 138. Роторная машина нанесения галтели на отрицательный электрод элемента № 373 и вставки нижней шайбы

наносится с помощью роликов. Затем роторной машиной надевается и осаживается на галтель вторая шайба. Шайбы поступают в рабочий ротор из питателя ротора шайб.

Заливка битумной композицией и надевание первой верхней шайбы и футляра осуществляются третьей роторной машиной, изображенной на рис. 139. В бак 3 роторной машины заливается композиция. Бак имеет электрический нагреватель для поддержания композиции в расплавленном состоянии. Транспортным ротором 2 элементы подаются в рабочий ротор заливки компози-



Рис. 139. Роторная машина заливки изолирующей композиции, вставки верхней шайбы, надевания и завальцовки футляра элемента № 373:

1 — элементы перед поступлением в роторную машину, 2 — транспортный ротор подачи элементов в рабочий ротор заливки композицией, 3 — бак с композицией, 4 — рабочий ротор шайб, 5 — транспортный ротор

цией. В этом роторе элемент вращается вокруг своей оси, струя расплавленной композиции попадает на вторую шайбу и растекается ровным слоем до краев цинкового электрода. С помощью транспортного ротора 5 элемент передается на ротор надевания верхней третьей шайбы. Шайбы поступают из рабочего ротора шайб 4.

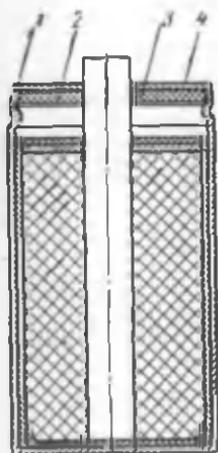


Рис. 140. Элемент № 373 после надевания верхней шайбы:

1 — галтель, 2 — вторая шайба, 3 — битумная композиция, 4 — верхняя шайба

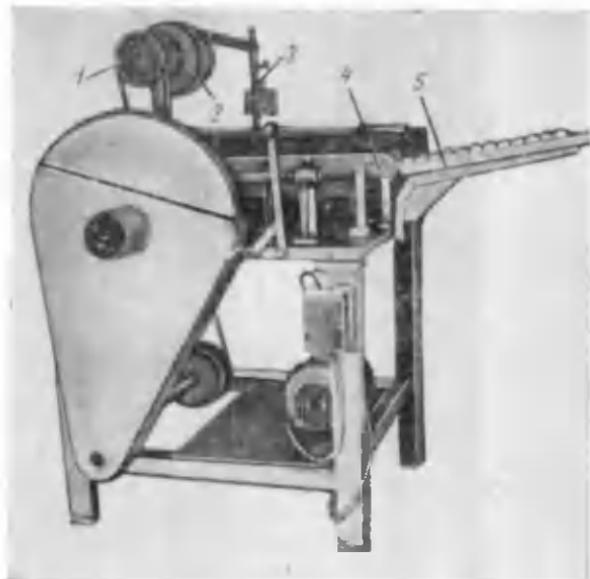


Рис. 141. Машина для набивки колпачков на угольные стержни элементов № 373:

1 — шкив, 2 — бункер колпачков, 3 — течка для колпачков, 4 — транспортер периодического действия, 5 — наклонный желоб

На рис. 140 показан элемент № 373 после заливки композиции и надевания шайбы. Элементы с надетыми шайбами поступают на операцию набивки колпачков.

Набивка латунных колпачков на угольные стержни осуществляется машиной, показанной на рис. 141. Элементы укладываются на наклонный желоб 5, по которому скатываются на транспортер периодического действия 4. В бункер машины 2 засыпаются колпачки, при вращении ориентирующего устройства бункера с помощью шкива 1 колпачки ориентируются и по течке 3 направляются в зону набивки.

После набивки колпачков на элементы надевается футляр-гильза.

На рис. 142, а показан элемент после операции надевания футляра. Верхние кромки футляра 4 завальцовываются фигурным пуансоном 3, как показано на рис. 142, б. Эти операции производятся на роторной машине, аналогичной по принципу работы роторному автомату, изображенному на рис. 136.

Наружная сторона доньшка цинкового электрода при эксплуатации элемента является токоотводом отрицательного электрода. Для того чтобы обеспечить хороший контакт поверхности цинка с внешней цепью, необходимо зачистить эту поверхность, снять следы масла, грязи и окислов.

Для операции зачистки доньшка применяется машина, показанная на рис. 143. Элементы укладываются в направляющую 3, откуда попадают на конвейер 2 прерывистого действия, который транспортирует элементы под крацевальную щетку 1, изготовленную из стальной проволоки. Элементы с зачищенными доньшками далее направляются на оклейку этикетками.

Машина оклейки элементов этикетками показана на рис. 144.

Элементы ставятся на ленточный конвейер 2, с помощью которого они перемещаются в шнековый конвейер 2, и уже шнековым конвейером элементы подаются в зону наклейки 3, где элемент, вращаясь вокруг своей оси, наматывает на себя этикетку с нанесенным клеем.

Через двое суток после изготовления элементы контролируются по напряжению. К каждому элементу № 373 присоединяется нагрузочное сопротивление 10 ом и вольтметром М-106, имеющим шкалу 0—3 в, измеряется начальное напряжение на элементе. При измерениях устанавливается разброс по напряжению для 100 элементов партии. Этот разброс не должен превышать 0,04—0,06 в. Минимально допустимое напряжение элементов № 373 при такой проверке должно быть 1,60 в. Элементы с более низким напряжением бракуются. В случае, когда партия содержит много элементов с пониженным напряжением, производится браковка всей партии источников тока.

За это время выявляются некоторые дефекты, вызванные не-

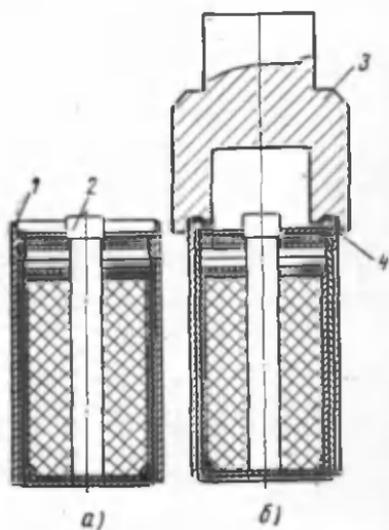


Рис. 142. Элемент № 373 после надевания и завальцовки гильзы-футляра:

а — элемент с надетым футляром, б — завальцовка футляра;
1 — гильза-футляр, 2 — колпачок, 3 — пуансон ротора завальцовки, 4 — узел завальцовки футляра



Рис. 143. Машина для зачистки доньшка цинкового электрода элемента № 373:

1 — крацевальная щетка, 2 — конвейер, 3 — направляющая



Рис. 144. Машина для наклейки этикеток элементов № 373:

1 — ленточный конвейер, 2 — шнековый конвейер, 3 — узел наклейки этикеток

правильно проведенными операциями сборки или использованием бракованных деталей элементов. Трещины в угольных стержнях собранных элементов, разрывы пастовой диафрагмы, отсутствие изолирующей чашечки на дне цинкового стакана нельзя обнаружить визуально. Через 48 ч саморазряжаются элементы, в которых возникли замыкания из-за образования мостиков активной массы вследствие повреждения диафрагмы, смещения или отсутствия изолирующей чашечки.

В свежизготовленных элементах наблюдается некоторая неоднородность распределения влаги из-за неравномерности опрыскивания. Такие элементы имеют разброс в величине э. д. с. и напряжения. За 48 ч концентрация электролита в элементе успевает выравниваться за счет диффузионных процессов. Разброс в величинах э. д. с. и напряжения значительно уменьшается. Неисправные элементы можно через 48 ч отбраковывать по величине э. д. с. и напряжению. В случае внутренних коротких замыканий э. д. с. и напряжение снижаются на 0,1—1,0 в, что является браковочным признаком. Если э. д. с. находится в допустимых пределах, а напряжение мало, то это указывает на трещины в угольном стержне или на плохой контакт колпачков со стержнями. Существуют автоматические устройства, которые отбраковывают элементы с чрезмерно низкой э. д. с. и напряжением относительно средней величины и предела разброса. В некоторых технологиях предусмотрена проверка напряжения до надевания футляров на элемент.

После проверки напряжения хорошие элементы упаковываются в картонные коробки по 25 шт. в каждую. Упаковочная коробка показана на рис. 145. Элементы устанавливаются в ней в вертикальном положении по 5 шт. в каждом ряду.

СБОРКА СТАКАНЧИКОВЫХ МАРГАНЦЕВО-ВОЗДУШНО-ЦИНКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И БАТАРЕЙ

§ 61. Вставка цинковых электродов в футляры

Футляры элементов 1,35-ТВМЦ-50 и 1,30-НВМЦ-150 изготавливаются из картона. Батареи «Волна» и «Прибой» состоят из трех элементов.

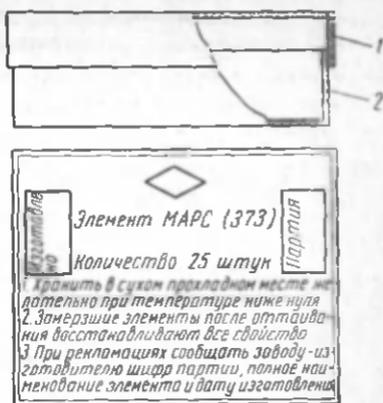


Рис. 145. Коробка для упаковки элементов № 373 «Марс»:

1 — крышка с «этикеткой», 2 — коробка

В левой части картонного футляра этих батарей располагается электрод, к которому припаян провод, предназначенный для присоединения к выводной клемме, имеющей знак (—). Футляр батареи «Экран» рассчитан на четыре элемента. Расположение цинкового электрода с токоотводом относительно клеммы со знаком (—) такое же, как в случае батарей «Волна» и «Прибой».

В футляр батарей «Экран» с помощью железного корца (ковша) вручную заливается 140—160 мл битумной композиции, подогретой до 160—190°С. Объем заливочного корца около 0,5 л. Композиция подогревается до требуемой температуры в котлах с электроподогревом.

После заливки композицией футляр поворачивается с легким наклоном во все стороны для равномерного распределения композиции по дну футляра и по боковым стенкам на высоту 10—15 мм от дна.

Цинковые электроды без металлических донышек вставляются в футляр, так, чтобы между нижними ребрами электрода и дном футляра имелся слой битума 0,5—1,5 мм. Затем, медленно поворачивая и одновременно наклоняя футляр, заливают в цинковые электроды битумную композицию так, чтобы высота дна, образованного слоем битума, была 2,5—10 мм. После равномерного распределения и остывания композиции образуется донная часть.

На донной части не должно быть сквозных трещин, пузырей и наплывов.

Для элементов и батарей с отрицательными электродами, имеющими цинковое донышко, достаточно только однократная заливка в футляр битумной композиции.

При изготовлении батареи «Девиз», в которой элементы соединены параллельно, после заливки композиции и установки в футляре цинковых электродов производится точечная сварка соседних стенок элементов. Работница снимает с конвейера футляры с цинковыми электродами, вставляет соседние стенки этих электродов между электродами сварочного аппарата и приваривает стенки цинковых стаканов друг с другом. Во время сварочных работ вентилями включаются воздушное и водяное охлаждения.

Качество всех футляров со вставленными цинковыми стаканами проверяется работницей. Представители отдела технического контроля 5 раз в смену выборочно проверяют 10—15 футляров.

Готовые футляры со вставленными цинковыми электродами могут храниться до 7 суток, однако обычно при производстве они непосредственно используются для изготовления элементов и батарей.

§ 62. Заливка „болтушки“ и вставка агломератов

На дно цинковых стаканов, установленных внутри картонных футляров, укладываются парафинированные картонные прокладки толщиной 0,7 мм. Они предназначаются для предотвращения замыкания положительного электрода с отрицательным в нижней части элемента.

«Болтушка» № 45 готовится из электролита № 43 и загустителя № 44. Электролиты № 43 и 44 электролитным и пастовым насосами перекачиваются в баки, расположенные непосредственно у линии сборки элементов. Из этих баков электролиты при открытых вентилях поступают в дозирующие бачки. После смешения равных объемов обоих электролитов получается «болтушка» № 45. «Болтушкой» № 45 заполняется дозировочная машина, состоящая из механического смесителя и пульта управления. В летнее время температура «болтушки» должна быть в пределе 25—32° С, зимой — 28—35° С. При более низкой температуре раствора загустевание («созревание») «болтушки» происходит медленно, что приводит к нарушению технологического режима сборки. Поэтому при необходимости производят подогрев электролита № 43 так, чтобы «болтушка» после смешения растворов имела температуру, предусмотренную технологией. Электролит № 44 подогревать нельзя, так как возможно его загустевание. Это повлечет за собой появление комков и плохое перемешивание «болтушки» № 45 при ее изготовлении.

Футляры с цинковыми электродами вставляются в гнезда дозировочной машины. После включения машины на рабочий ход производится заливка «болтушкой» элементов 1,30-НВМЦ-150, батарей «Девиз» и «Экран». В случае элемента 1,35-ТВМЦ-50 и батареи «Прибой» заливку производят вручную мерной кружкой, имеющей отметку, соответствующую объему 90 мл и заполненной «болтушкой» № 45.

Центрирующие донные прокладки из коробчатого картона размером 90×90 мм замачивают в воде, налитой в эмалированную ванну. На деревянную решетку ванны загружают в специальных винипластовых кассетах центрирующие донные прокладки. После полного промокания картона воду из ванны спускают, а прокладки складывают в пластмассовую тару. Эти прокладки помещают на цинковый электрод так, чтобы углы прокладок находились в середине сторон электрода. Затем, взяв агломерат рукой за конец угольного стержня, ставят его на прокладку и медленно осаживают до дна цинкового электрода. Обращается внимание на то, чтобы отверстия для гильз соответствовали отверстиям на этикетках готового изделия. При несоблюдении этого правила нельзя будет обеспечить требуемый для нормальной работы элемента доступ кислорода воздуха к агломератной активной массе. После того как положительный электрод вставлен

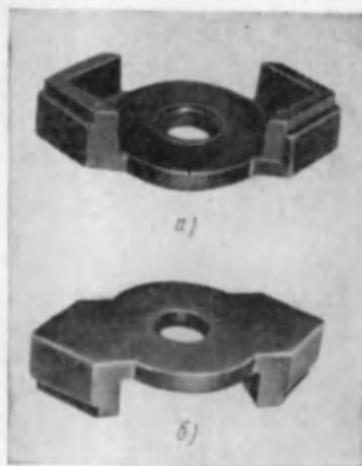


Рис. 146. Центраторы для элементов 1,30-НВМЦ-150:
 а — вид снизу, б — вид сверху

в элемент, производится с помощью резиновой груши отсос или доливка «болтушки» № 45 так, чтобы уровень электролита был ниже края цинкового электрода не более 5 мм для элементов 1,30-НВМЦ-150 и 15 мм для элементов 1,35-ТВМЦ-50. Корректировка уровня производится вручную электролитом, имеющим температуру не ниже 27°С.

Для того чтобы предотвратить перекосы положительного электрода относительно цинкового стакана, на угольный стержень надеваются пластмассовые центраторы (рис. 146). Центраторы осаживаются на положительный электрод так, чтобы нижняя выступающая часть центратора находилась между углами цинкового стакана и гранями агломерата. После установки центраторов элементы и батареи по кон-

вейеру пропускаются через тоннельную печь с электрическим обогревом. Температура в печи 70—150°С. Эта операция предназначена для «созревания болтушки», превращающейся в пастообразную массу. После «созревания болтушки» необходимость в центраторах отпадает, так как пастообразный электролит достаточно плотно удерживает агломерат, расположение которого относительно цинкового электрода было задано центратором. Центраторы снимаются и промываются в теплой воде, нагретой до 40—60°С, для удаления следов «болтушки» на их поверхности. Промытые центраторы вновь возвращаются на сборку.

После «созревания» паста должна иметь консистенцию густой сметаны. На ее поверхности не должно быть слоя жидкого электролита, отслаивающегося от остальной пасты. Уровень загустевшего электролита должен быть на 3—8 мм ниже края цинкового стакана элементов 1,30-НВМЦ-150 и батарей «Волна», «Экран», «Девиз». В случае элемента 1,35-ТВМЦ-50 и батареи «Прибой» уровень должен быть равен 14—19 мм.

Колпачки угольных стержней обычно бывают чистыми. Если на них имеются следы электролита, необходимо тщательно их удалить тряпкой. Оставшийся на колпачках электролит вызывает коррозию металла, из которого изготовлен колпачок, потерю контакта и преждевременный выход батареи из строя. На рис. 147 показаны элементы 1,35-ТВМЦ-50 и 1,30-НВМЦ-150 после операции заполнения источника тока пастой.

Представитель отдела технического контроля три раза в смену выборочно контролирует объем «болтушки», заливаемой в цинковый электрод, и внешний вид залитых электролитом элементов.

Элементы и батареи после заливки электролита не хранятся, а передаются на следующую операцию.

Марганцево-цинковые элементы № 336, батареи КБС-Л-0,50 и КБС-Х-0,70 имеют агломераты, завернутые в миткалевые сепараторы. Сборка этих элементов принципиально не отличается от сборки элементов 1,35-ТВМЦ-50 и 1,30-НВМЦ-150. На рис. 148 показан цинковый электрод элемента № 336 после вставки донной центрирующей прокладки («звездочки») и двуокисномарганцевого электрода.

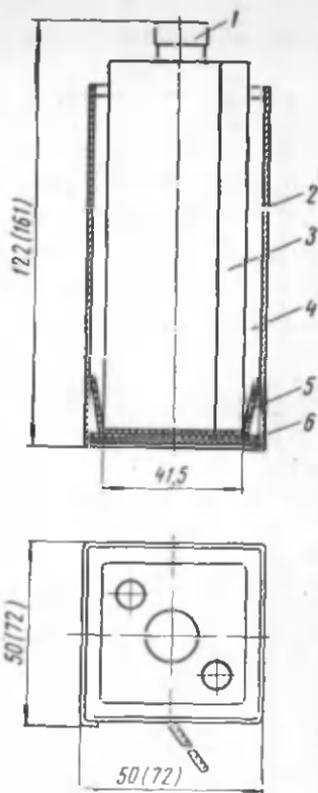


Рис. 147. Элемент 1,35-ТВМЦ-50 после заполнения «болтушкой»:

1 — колпачок, 2 — отрицательный электрод, 3 — положительный электрод, 4 — «болтушка», 5 — центрирующая донная прокладка, 6 — картонная прокладка (в скобках указаны размеры деталей элемента 1,30-НВМЦ-150)

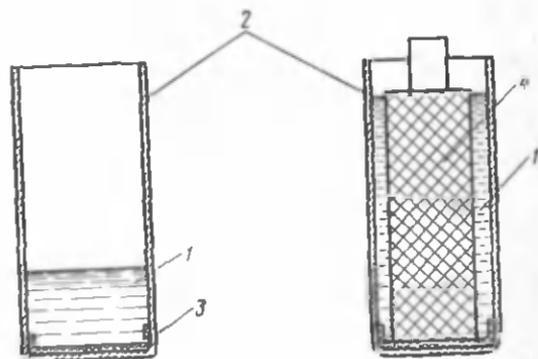


Рис. 148. Сборка элемента № 336:

1 — «болтушка», 2 — цинковый электрод, 3 — изолирующая центрирующая прокладка, 4 — агломерат с миткалевым сепаратором

§ 63. Пайка клемм и токоотводов положительных электродов

Пайка клемм и токоотводов положительных электродов батарей осуществляется согласно схеме соединения элементов в батареи.

Нагретый электрический паяльник опускают для зачистки жала от окислов в ванночку с твердым хлористым аммонием. Колпачки угольных стержней смазывают спирто-канифольным флюсом. Такой флюс готовится растворением канифоли в спирте. В отличие от флюсов, содержащих хлориды цинка и аммония, он не вызывает коррозии латуни и жести.

В батарее «Девиз» колпачки всех четырех элементов спаиваются медной луженой проволокой. К колпачку положительного электрода крайнего элемента припаивается провод ПРБ-0,35. Пайка производится таким образом, чтобы этот провод был направлен по центру батареи к ее лицевой стороне. Операция пайки осуществляется непосредственно при передвижении батарей на конвейере.

При производстве батарей «Экран» перед пайкой в специально предназначенные отверстия картонного футляра вставляются клеммы, к которым при работе батареи подключается нагрузка. С левой стороны вставляется клемма диаметром 4 мм, с правой стороны — клемма диаметром 3 мм. Места будущей пайки на клеммах смазываются спирто-канифольным флюсом. Отрицательный токоотвод в виде провода ПРБ припаивается к клемме большего диаметра. Медной луженой проволокой колпачки положительных электродов спаиваются вместе, что обеспечивает, также как и в батарее «Девиз», параллельное соединение элементов. Положительный токоотвод, выполненный проводом ПРБ, припаивается к угловому лепестку и клемме диаметром 3 мм.

Аналогично производится пайка батарей «Волна» и «Прибой» и элементов 1,35-ТВМЦ-50 и 1,30-НВМЦ-150. Концы проводов и места их соединений с электродом и клеммой должны быть аккуратно залиты припоем. Медная луженая проволока должна быть припаяна к колпачкам так, чтобы не было натягов и прогибов проволоки более 3 мм. Это необходимо для того, чтобы не появились разрывы и не образовывались петли, которые могли бы привести к короткому замыканию внутри батареи.

§ 64. Заливка элементов и батарей битумной композицией

Битумная композиция разогревается до температуры 140—160°С в ванне с электрообогревом. Перед заливкой композицией на верхнюю часть батарей «Девиз», «Экран», «Волна» надеваются металлические формы, предохраняющие боковые поверхности от попадания композиции и позволяющие получить правильную геометрическую форму после заливки.

В отверстия картонных шайб положительных электродов плотно вставляются картонные гильзы, по которым обеспечи-

вается проход воздуха к агломерату. На рис. 149 показаны гильзы элементов 1,35-ТВМЦ-50 и 1,30-НВМЦ-150. Нижний острый конец гильзы не должен касаться агломерата. Заливочная металлическая кружка объемом 0,75 л заполняется разогретой композицией. Элементы и батареи заливаются так, чтобы колпачки и поверхность картонных шайб были равномерно и полностью покрыты слоем битума. При заливке батарей слой битума должен быть 10—20 мм, поэтому заливку повторяют до получения слоя требуемой толщины. В случае, когда клеммы и некоторые участки соединительных проводов не покрылись композицией, кисточкой на них наносится разогретый битум. Крупные пузыри удаляются с поверхности незастывшей композиции с помощью деревянной палочки. При заливке следует обращать внимание на то, чтобы композиция не попадала в гильзы. Попадание битума в гильзы приводит к загрязнению отверстия или полностью прекращению доступа воздуха к агломерату и резкому снижению электрических характеристик источника тока.

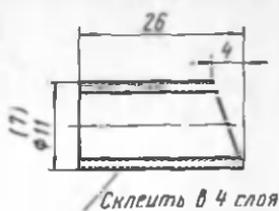


Рис. 149. Гильза из кабельной бумаги для элемента 1,30-НВМЦ-150 (в скобках указаны размеры гильзы элемента 1,35-ТВМЦ-50)

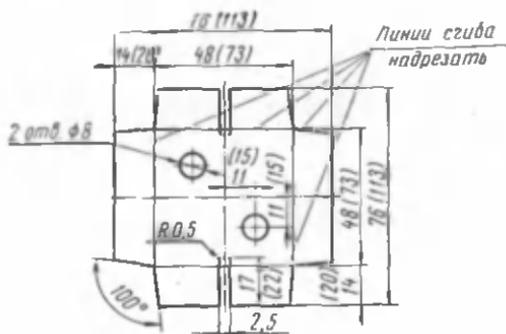


Рис. 150. Крышка элемента 1,35-ТВМЦ-50 из коробчатого картона, пропитанная парафиновой композицией (в скобках указаны размеры крышки элемента 1,30-НВМЦ-150)

После заливки батареи закрываются картонными крышками так, чтобы борта крышки вошли в футляр батареи. Крышки осаживаются до уровня стенок футляра. При надевании крышек работница должна обращать внимание на совпадение отверстий в крышках с отверстиями гильз и при необходимости поправлять гильзы.

На рис. 150 показаны крышки элементов 1,35-ТВМЦ-50 и 1,30-НВМЦ-150.

С залитых композицией элементов батарей снимаются металлические формы и передаются на заливку следующих источников тока.

Батарея должна иметь правильную геометрическую форму. Подтеки битума по поверхности футляров не допускаются.

Обычно операции: заливка «болтушкой», вставка агломерата, пайка и заливка композицией следуют одна за другой. В исключительных случаях по технологическим причинам допускается хранение изделий между этими операциями. Общая длительность такого хранения не должна превышать трех суток. Залитые композицией батареи можно хранить перед следующей операцией значительно дольше — до 10 дней. Батареи, предназначенные для хранения, складываются штабелями, но так, чтобы по высоте находилось не более 8 батарей. Это требование обусловлено необходимостью предупредить механическую деформацию батарей, находящихся в нижних рядах.

§ 65. Оклейка корпусов элементов и батарей

На корпуса собранных элементов и батарей наклеивается декоративная этикетка и инструкция (рис. 151, 152). Этикетка намазывается клеем и кладется сверху элемента так, чтобы напечатанные на ней места для будущих отверстий совпали с отверстиями верхней крышки элемента, а провода находились в прорезях этикетки. Полярность токоотводов должна соответствовать обозначениям на этикетке.

Батареи оклеиваются на оклеивающей машине. В бачок машины наливается клей, после открывания крана подачи клея на латунные валки регулируется скорость вытекания клея, чтобы предотвратить его переливание. После такой регулировки оклеивающая машина и конвейер включаются на холостой ход. В зависимости от вязкости клея и качества бумаги, применяемой для оклейки батарей, требуется выбрать то или иное расстояние между съемными ножами машины и установить необходимую толщину намазки. Между валками для намазывания клеем обратной стороной вверх пропускаются верхние этикетки, этикетки с обозначением названия батареи и цветная писчая бумага. Для батарей «Экран» и «Девиз», кроме того, пропускается инструкция по эксплуатации батарей, которая так же, как и этикетки, приклеивается на футляр батарей. Оклеенные батареи пропускаются через сушильную печь для окончательного высыхания клея при температуре 60—70° С.

Батареи «Прибой» и «Волна» после оклейки и сушки опускаются в изолирующую композицию. Изолирующая композиция находится в ванне с электрическим обогревом, который обеспе-

чивает поддержание температуры в пределах 110—130° С. Качество оклейки и обработки изолирующей композицией определяет внешний вид элементов и батарей. Этикетки должны быть нак-



Рис. 151. Этикетка-инструкция элемента 1,35-TBMЦ-50

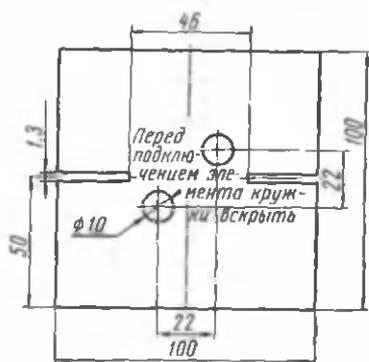


Рис. 152. Этикетка элемента 1,35-TBMЦ-50 с указателем расположения отверстий гильз

леены без морщин и рваных краев. Под бумагой не должны находиться пузыри воздуха. Поверхность оклеенного футляра должна иметь чистый вид, без наплывов изолирующей композиции и следов клея.

Все операции изготовления марганцево-воздушно-цинковых элементов и батарей производятся на поточной линии.

§ 66. Контроль качества и хранение готовых изделий

Готовые батареи контролируются по напряжению и разбраковываются. Напряжение измеряется вольтметром, имеющим шкалу на 2—3 в. Сопротивление внешней цепи выбирается в зависимости от типа батареи или элемента.

В табл. 27 приведены условия проверки готовых изделий по напряжению.

Таблица 27

Контроль напряжения готовых изделий

Тип изделия	Сопротивление внешней цепи, Ом	Напряжение не ниже, в
1,30-НВМЦ-150	5	1,32
1,35-ТВМЦ-50	10	1,35
«Волна»	4,5	1,3
«Прибой»	4,5	1,3
«Экран»	2	1,28
«Девиз»	2	1,28

Готовые изделия поступают на склад и находятся на хранении до момента сдачи. Длительность хранения не превышает 15 суток. Источники тока хранят сложенными в вертикальном положении. Каждый ряд отделяется от соседнего листовой фанерой или картоном. Количество рядов в штабеле батарей «Прибой» и элементов 1,35-ТВМЦ-50 не более 15, в случае остальных марганцево-воздушно-цинковых источников тока число рядов не превышает десяти.

СБОРКА ГАЛЕТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И БАТАРЕЙ

§ 67. Сборка элементов на автоматах АЗЭП

Галетные марганцево-цинковые элементы собираются на поточной линии, оснащенной высокопроизводительными автоматами. Миниатюрные галетные элементы изготавливаются вручную с помощью приспособлений. Эти приспособления выполняют те же функции, что и рабочие узлы автоматов. Ручная сборка миниатюрных элементов применяется из-за малых размеров (5×10 мм) галет и слабой механической прочности отдельных деталей элементов.

Автомат сборки элементов АЗЭП имеет название по начальным буквам последней технологической операции, производимой

этой машиной (Автомат Затяжки Элементов в Пленку) Автоматы АЗЭП предназначаются для сборки элементов определенных габаритов, поэтому при выпуске элементов для разных галетных источников тока устанавливается несколько типов автоматов, которые имеют одинаковый принцип работы основных узлов машины. На рис. 153 показаны технологические операции сборки элементов на автоматах АЗЭП.

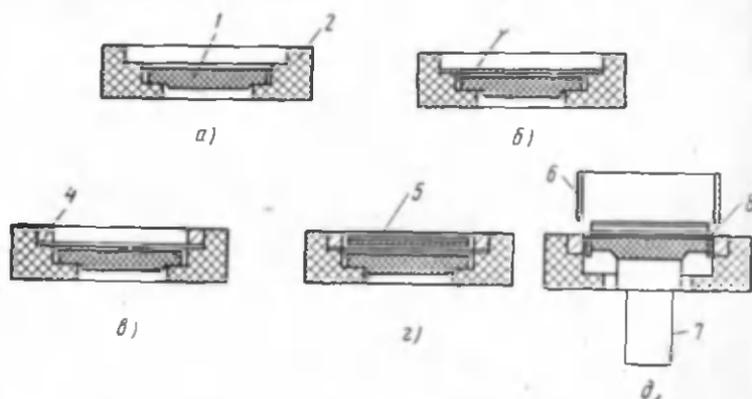


Рис. 153. Технологические операции сборки галетных элементов: а — укладывание агломерата в кассету, б — укладывание афишной бумаги, в — вставка прижимной рамки, г — вставка отрицательного электрода. д — обертывание агломерата афишной бумагой и надевание полихлорвинилового кольца на элемент; 1 — агломерат, 2 — кассета, 3 — афишная бумага, 4 — прижимная рамка, 5 — отрицательный электрод с диафрагмой и электропроводным слоем, 6 — полихлорвиниловое кольцо, 7 — выталкиватель, 8 — место подгибания афишной бумаги

В карболитовую кассету 2 агломератным узлом АЗЭПа укладывается двуокисномарганцевый электрод, имеющий форму галеты. Агломерат располагается в кассете выступом вниз, как показано на рис. 153, а. Затем кассета с помощью шибера перемещается по направлению к узлу резки и укладки бумажной диафрагмы. На рис. 153, б показана кассета с агломератом и бумажной диафрагмой 3. Кассета направляется к узлу укладывания бумажной диафрагмы (рис. 153, в) металлическими прижимными рамками 4, а затем под узел укладки отрицательного электрода. Отрицательный цинковый электрод с нанесенной пастовой диафрагмой и электропроводным слоем помещается в прижимную рамку. Пастовая диафрагма отрицательного электрода при этом прижимается непосредственно к бумажной диафрагме.

Цинковый электрод находится в таком положении, при котором электропроводный слой располагается, как показано на рис. 153, г, выше цинковой пластины. Все детали, помещенные в кассету, образуют галетный элемент, подготовленный к операции затяжки в полихлорвиниловую пленку.

Кассета с элементом перемещается автоматом под узел затяжки пленкой. Спиральная растяжная головка растягивает предварительно нагретое кольцо из полихлорвиниловой трубки *б*, придавая ему форму, соответствующую периметру агломерата. С помощью выталкивателя *7* элемент подается из кассеты вверх внутрь полихлорвинилового кольца *б*, которое вследствие своей

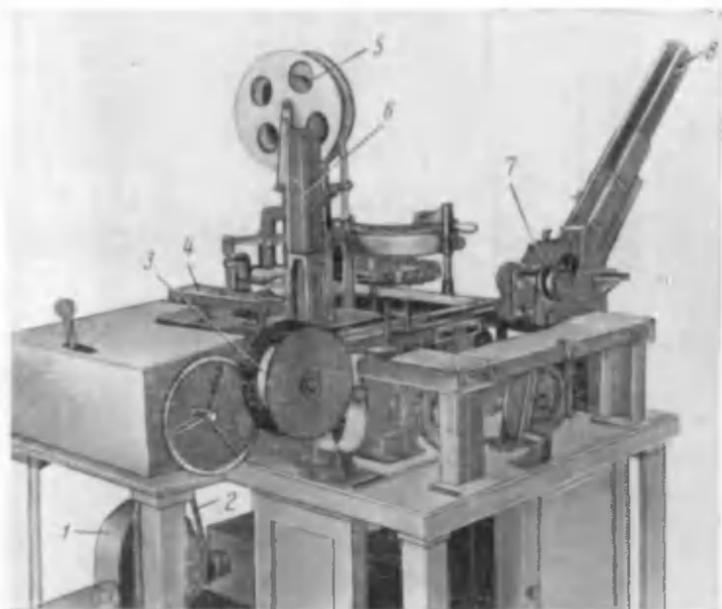


Рис. 154. Внешний вид автомата сборки галетных элементов (АЗЭП):

1 — цепная передача, 2 — редуктор, 3 — бобина с кабельной бумагой, 4 — транспортер собранных элементов, 5 — бобина с полихлорвиниловой трубкой, 6 — пенал для цинковых электродов, 7 — агломератный узел, 8 — пенал для агломератов

эластичности плотно стягивает детали элемента (рис. 153, *д*). При выталкивании элемента из кассеты бумажная диафрагма выходит из-под прижимной рамки и заворачивается по боковым стенкам агломерата, тогда как хлорвиниловое кольцо, сжимаясь вокруг элемента, прижимает бумажную диафрагму на плечики агломерата со стороны выступа.

Все эти операции, показанные на рис. 153, производит автомат АЗЭП. На рис. 154 показан внешний вид автомата для сборки элементов батареи «Энергия», а на рис. 155 — кинематическая схема взаимодействия узлов машины.

Рассмотрим по кинематической схеме устройство и принцип работы АЗЭПа. Автомат приводится в действие электродвигате-

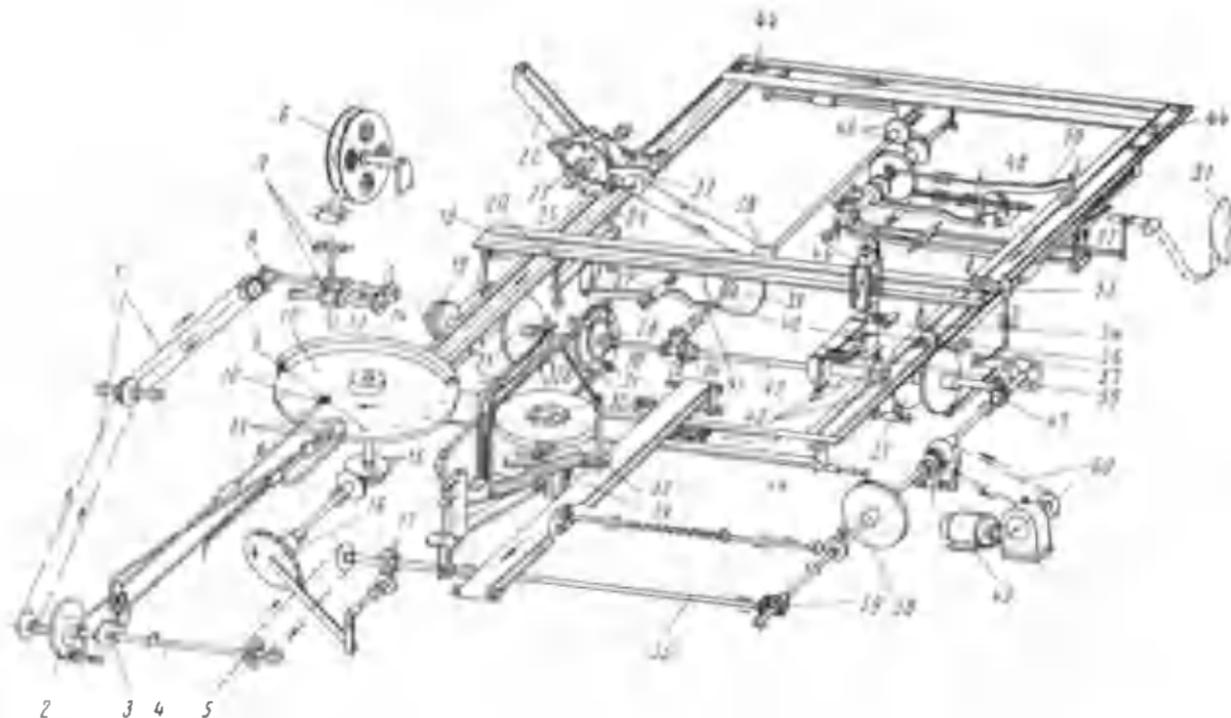


Рис. 155. Кинематическая схема автомата для сборки галетных элементов (АЗЭП):

1, 5, 38, 60 — цепная передача, 2, 3, 19, 21, 28, 29, 39, 43, 59 — кулаки, 4 — рабочий вал, 6, 51 — бобины, 7 — ролики, 8, 25 — мальтийский крест, 9 — штыри, 10 — нож, 11 — прижимы, 12 — поворотный диск, 13 — подвеска, 14 — нагревательная камера, 15, 36, 45, 47 — зубчатая передача, 16 — храповой механизм, 17 — зубчатые колеса, 18, 44, 56 — шиберы, 20 — выталкиватель рамок, 22, 46 — пенал, 23 — агломератный узел, 24 — узел опускания агломератов, 26 — сбрасыватель, 27 — направляющие, 30 — опускающее устройство, 31 — растяжка, 32 — выталкиватель, 33 — съемник, 34 — транспортер, 35, 41, 42 — валы, 37 — водило, 40 — рычаг, 48 — клещи, 49 — электродвигатель, 50, 53 — укладчики, 52 — ножницы, 54 — зажимы, 55 — копии, 57 — толкатель, 58 — муфта включения

лем 49 через редуктор, цепную передачу 60 и муфту включения 58.

От ведущего вала через конические зубчатые передачи 15 и 36 вращаются валы 35, 41, 42, передающие движение рабочим узлам автомата.

Детали элемента — агломерат, бумажная прокладка и цинковый электрод с диафрагмой собираются в кассеты, движущиеся в направляющих по замкнутому прямоугольнику.

В автомате устанавливается 30 кассет. Кассеты перемещаются при помощи шиберов 44 от кулаков 21. Кассета имеет гнездо для агломерата, гнездо для бумажной карточки и прижимную рамку.

Рабочий процесс сборки начинается укладкой агломерата в кассету. Агломераты поступают на участок сборки галетных элементов в виде стопок, уложенных в ящики. Цепная передача 38 через валик с водилом 37 и мальтийский крест 25 приводит в действие барабан агломератного узла 23, имеющий на поверхности гнезда, в которые поступают агломераты из питателя. Агломераты подаются к питателю в пеналах 22. Барабан подает агломераты к узлу опускания агломератов 24, работающему от кулака 39 и укладываемому агломерат в кассету. Прижимные рамки, находящиеся в кассетах, перед укладкой агломерата удаляются выталкивателем рамок 20, движущимся также с помощью кулака 39. Это объясняется тем, что узел опускания агломерата и выталкиватель рамок смонтированы в одном узле и имеют общий рычаг 40. Прижимные рамки, удаленные из кассет, подаются шибером 18, работающим от кулака 19, в направляющие переброски рамок 27. Кассеты с уложенными в них агломератами по направляющим подаются к узлу резки и укладки бумаги. Бумага подается к узлу в рулонах. С бобины 51 бумага протягивается клещами 48 на нужную длину, отрезается ножницами 52 и затем укладчиком 50 досылается в кассету. Узел приводится в движение цилиндрической зубчатой передачей 45. Далее кассеты поступают к месту укладки прижимных рамок, которые перед поступлением агломерата в кассету были удалены и поданы в направляющие переброски рамок. Из этих направляющих прижимные рамки опускаются в кассеты укладчиком 53. Затем кассеты подаются к узлу укладки цинковых электродов. Цинковые карточки подаются к узлу так же, как и агломераты, в пеналах 46. Из пенала по вертикальному подвижному бункеру карточки поступают к верхним и нижним зажимам 54, работающим по копирам 55. Нижние зажимы захватывают один нижний электрод, верхние зажимы — некоторое количество остальных цинковых карточек, которые затем приподнимаются вместе с бункером. Отделенный нижний электрод освобождается от зажимов и шибером 56 подается из-под бункера в плавающие направляющие, установленные над кассетой, откуда толкателем 57 укладывается

в кассету. Узел приводится в действие от кулаков 43. На этом процесс сборки элементов в кассеты заканчивается.

Собранные в кассетах детали подаются под головку изоляции элементов полихлорвиниловой пленкой. Полихлорвиниловая трубка подается в рулонах к узлу резки. С бобины 6 эта трубка периодически протягивается на нужную длину роликами 7, работающими от мальтийского креста 8 и цепной передачи 1.

Для придания трубке сечения круглой формы она пропускается через подвеску 13 и насаживается на штыри 9 поворотного диска 12. Затем трубка зажимается на штыре прижимами 11, работающими от кулака 3, и полихлорвиниловое кольцо отрезается ножом 10, который приводится в возвратно-поступательное движение от кулака 2. Рабочий вал 4 узла резки трубки приводится в движение цепной передачей 5.

Насаженные на штыри диска полихлорвиниловые кольца проходят нагревательную камеру 14. Диск приводится в движение конической зубчатой передачей 15 через храповой механизм 16 и зубчатые колеса 17. Подогретые полихлорвиниловые кольца переносятся к головке изоляции элементов и с помощью опускающегося устройства 30, работающего от кулака 28, надеваются на растяжки 31. Растяжки растягивают полихлорвиниловое кольцо в прямоугольник, оставляя сверху кромку. В эту растянутую пленку выталкивателем 32, работающим от кулака 29, подается снизу (из кассеты) собранный элемент, который, снимая пленку с растяжки, обтягивается ею. Затем элемент с помощью съемника 33 подается к транспортеру 34 и опускается на ленту сбрасывателем 26. С транспортной ленты затянутые в полихлорвиниловую пленку элементы направляются на участок сборки галетных секций.

Качество затянутых в полихлорвиниловую пленку галетных элементов контролируется по внешнему виду. Подвернутые на плечики агломерата и на электропроводный слой цинкового электрода участки полихлорвиниловой пленки должны не менее чем на 3 мм с каждой стороны заходить на поверхность электродов. Выступ агломерата не должен перекрываться пленкой.

Пригодные к сборке секций элементы имеют ровные без гофров края пленки. Пленка не имеет разрывов, отверстия в электропроводном слое отсутствуют. В хороших элементах нет сколов по углам выступа агломерата и вмятин на поверхности электропроводного слоя и двуокисномарганцевого электрода, бумажная подвернутая диафрагма обертывает положительный электрод равномерно со всех боковых сторон и не менее чем на половину высоты агломерата.

Элементы с поврежденным электропроводным слоем или полихлорвиниловой пленкой бракуются. Повреждение пленки приводит к негерметичности элемента, вытеканию или высыханию электролита. Отверстия в электропроводном слое являются при-

чиной быстрого саморазряда элемента из-за появления короткозамкнутых участков, образованных двуокисью марганца одного галетного элемента и цинком соседнего элемента. При трещинах и вмятинах на поверхности электродов возможно нарушение герметичности элемента и снижение качества контактов между электродами соседних последовательно соединенных элементов. Элементы с механически поврежденными деталями бракуются.

§ 68. Сборка и бандажирование секций галетных батарей

Сборка секций галетных батарей заключается в последовательном соединении элементов, при котором выступ агломерата элемента соприкасается с электропроводным слоем соседнего элемента. Таким образом, собранная секция имеет на одном конце выступ агломерата положительного электрода, а на другом — цинковый электрод последнего элемента.

Со стороны агломерата первого элемента помещается крайняя цинковая карточка с электропроводным слоем, касающимся агломерата. Крайняя карточка имеет сферические выступы, обеспечивающие надежный контакт с поверхностью выступа агломерата. На крайнюю карточку положительного электрода помещается картонная прокладка с двумя овальными отверстиями для проволочных токоотводов, припаиваемых к цинку для соединения секций в батарею.

Последний элемент секции содержит отрицательный электрод без электропроводного слоя. К этому электроду прикладывается картонная прокладка с отверстиями для проводов. В комбинированных секциях, имеющих токоотводы от средних элементов, в качестве токоотводов используются цинковые карточки с припаянными проводами. Следует обращать внимание на то, чтобы карточка с токоотводом всегда располагалась в середине секции электропроводным слоем к агломерату.

Сборка и стягивание секций галетных элементов бандажом из трех или четырех слоев ленты кабельной бумаги производится ручной бумагообвязывающей машиной. Операция стягивания и обертывания секций лентой называется бандажированием.

На рис. 156 показана кинематическая схема, поясняющая принцип работы бумагообвязывающей машины. Машина предназначена для обвязывания секций батареи «Энергия».

Секция галетных элементов собирается в сборочных щехах 5 и 6. С помощью штока 13 пневмоцилиндра 15, который включает пневмоклапан 14, секция сжимается и фиксируется в сжатом положении защелками 2 и 3. В пневмоклапан подается сжатый воздух из магистрали. Лента кабельной бумаги протягивается с бобины 11 через ванну 10 и закрепляется на секции. В ванне находится подогретая битумная композиция. Ванна подогревается нихромовой спиралью, включенной в электрическую сеть.

При вращении рукоятки 4 движение передается на ось 1 через систему зубчатых передач 7, 8, 9 и 12. На оси находятся два рычага включения защелок, которые отключают защелки 2 и 3 через каждые три оборота секции. За эти три оборота происходит обертывание сжатой секции бумажной лентой.

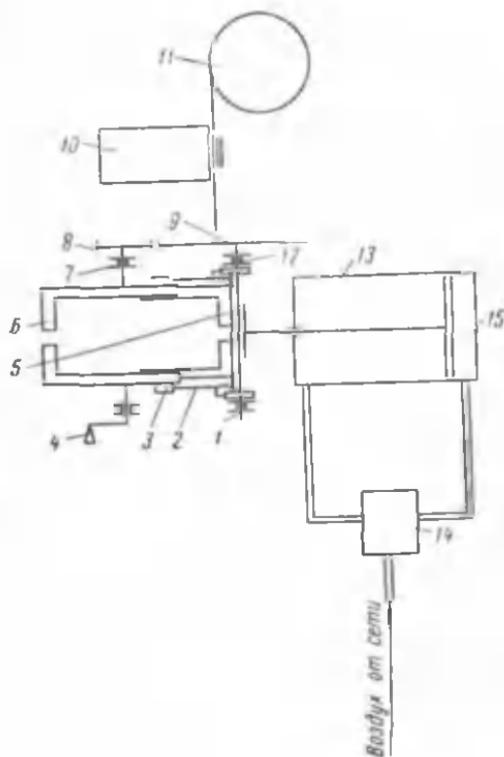


Рис. 156. Кинематическая схема ручной бумагообвязывающей машины для бандажирования секций галетных элементов: 1 — ось, 2, 3 — защелки, 4 — рукоятка, 5, 6 — сборочные щетки, 7, 8, 9, 12 — система зубчатых передач, 10 — ванна с композицией, 11 — бобина с рулоном кабельной бумаги, 13 — шток пневмоцилиндра, 14 — пневмоклапан, 15 — пневмоцилиндр

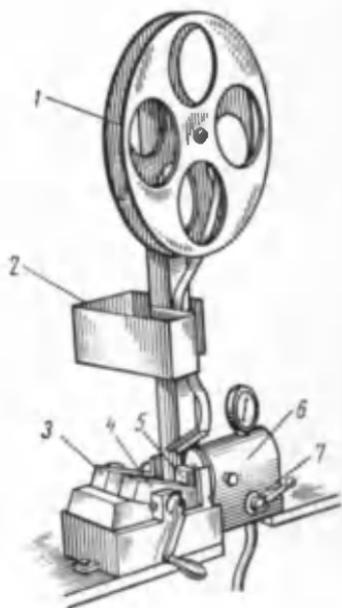


Рис. 157. Машина для стягивания и бандажирования секций галетных элементов: 1 — бобина с полихлорвиниловой трубкой, 2 — ванночка с композицией, 3, 4 — сборочные щетки, 5 — шток, 6 — пневматический цилиндр, 7 — пневмоклапан

На рис. 157 показан внешний вид бумагообвязывающей машины.

Перед началом работы на бумагообвязывающей машине рабочий включает электрический нагреватель ванны. В разъемные диски бумажного узла вставляется рулон кабельной бумаги. Конец бумажной ленты заправляется в приемное окно ванны. Рабочий собирает на щетках секцию галетных элементов, протягивает бумажную ленту и закрепляет ее на секции. Затем при поворачивании влево рукоятки пневмоклапана производится сжатие

секции галетных элементов. С помощью рукоятки сжатая секция поворачивается по часовой стрелке до упора. При вращении секция обматывается тремя-четырьмя слоями кабельной бумаги, пропитанной в клееподобной композиции. Затянутая и заклеенная бумажным бандажом секция вынимается из бумагообвязывающей машины.

В затянутой бандажом секции проверяется количество элементов и их взаимное расположение. Элементы должны быть стянуты без перекосов. Бандажированием секции обеспечивается необходимая степень сжатия секции для хорошего контакта между соседними элементами.

§ 69. Парафинирование секций галетных элементов

После бандажирования секции направляются в парафинировочную машину для окончательной герметизации с помощью

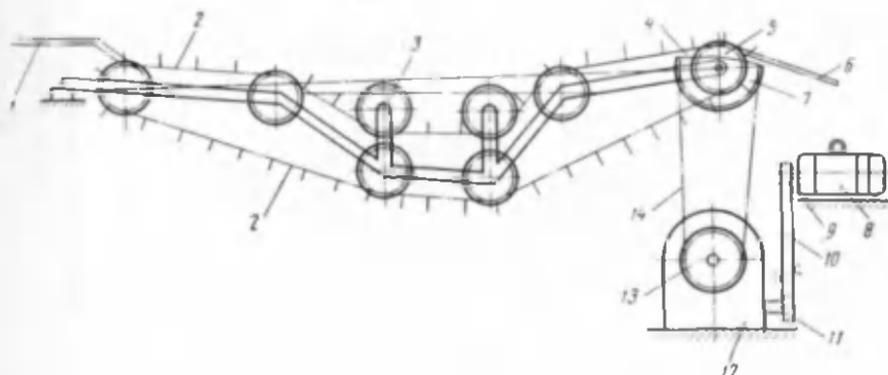


Рис. 158. Кинематическая схема парафинировочной машины для пропитывания секций галетных батарей:

1 — приемное устройство, 2 — цепной конвейер, 3, 5, 7, 13 — звездочки, 4 — вал, 6 — съемник, 8 — двигатель, 9, 11 — шкивы, 10 — клиноременная передача, 12 — червячный редуктор, 14 — втулочно-роликовая цепь

пропитки их в изолирующей парафино-канифольной композиции.

На рис. 158 приведена кинематическая схема взаимодействия узлов парафинировочной машины.

С приемного устройства 1 парафинировочной машины галетные секции поступают по одной штуке в каждый отсек цепного конвейера 2. С помощью конвейера секции перемещаются через расплавленную и нагретую до 90—120° С парафино-канифольную композицию, которая находится в рабочей ванне. Ванна подогревается электрическим нагревателем, расположенным под корпусом ванны, и имеет термоизоляционную прокладку. В ванне секции покрываются герметизирующим слоем композиции. Покрываемые слоем композиции секции галетных элементов с помощью

конвейера удаляются из ванны. Съемником 6 секции снимаются с конвейера парафинировочной машины и затем направляются на конвейер сборки батарей.

В парафинировочной машине имеется двигатель 8. Через клиноремennую передачу 10 и шкивы 9, 11 вращательное движение передается червячному редуктору 12. С помощью редуктора 12

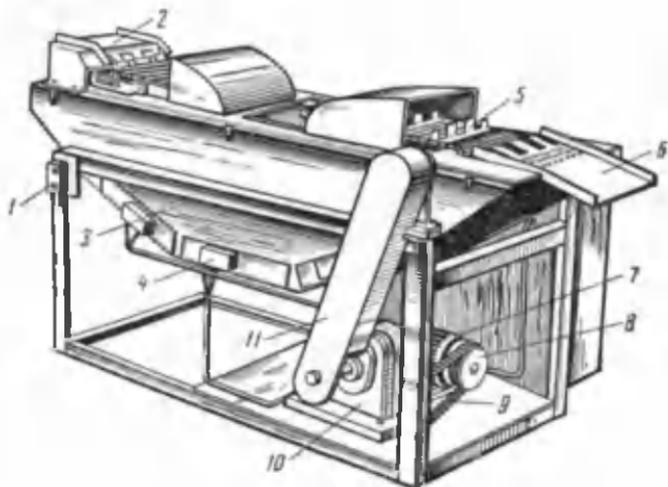


Рис. 159. Машина для парафинирования секций галетных элементов:

1 — кнопки включения и отключения двигателя, 2 — приемное устройство, 3 — ванна, заполненная композицией, 4 — электрический нагреватель, 5 — конвейер с отсеками для секций, 6 — съемник, 7 — двигатель, 8 — шкив, 9 — клиноремennая передача, 10 — червячный редуктор, 11 — втулочно-роликовая цепь, закрытая защитным ограждением

через звездочку 13, втулочно-роликовую цепь 14 и звездочку 5 приводится в движение вал с закрепленными на нем звездочками 3. Цепной конвейер вращается звездочками. Положение конвейерной цепи в ванне устанавливается звездочками, подвешенными к раме.

На рис. 159 показан общий вид парафинировочной машины.

Рабочий, обслуживающий парафинировочную машину, включает ее только после расплавления композиции в рабочей ванне. В случае включения кнопки «Пуск» при нерасплавленной композиции может перегореть электрический двигатель и нарушиться клиноремennая передача. Проверка и регулировка температуры композиции в ванне производятся при отключенном двигателе. Во избежание несчастных случаев рабочий не должен вручную снимать секции с конвейера при включенном двигателе. Парафинирование секций галетных элементов на неисправной машине и при снятых защитных ограждениях не допускается.

Пропитанные в парафиновой композиции секции галетных элементов контролируются по внешнему виду: на поверхности секции не должно быть участков, не покрытых парафином, толстых наплывов композиции.

§ 70. Сборка галетных батарей

Из галетных секций на конвейере вручную собираются блоки батарей. Блоки представляют собой несколько секций.

На рис. 160 показан блок батареи «Энергия», состоящий из двух анодных и одной анодно-сеточной секции. Секции соединяются друг с другом проводками, которые припаиваются оловянно-свинцовым припоем ПОС-30 (ГОСТ 1999—54). В качестве флюса применяется раствор канифоли в спирте. Жидкий флюс кисточкой наносят на спаиваемые детали. Токоотводы батареи расплаивают на колодку согласно электрической схеме батареи. Обычно положительный полюс батареи соединяется с колодкой проводом в красной изоляции, а отрицательный — проводом в синей изоляции.

Спаянный блок батареи «Энергия» помещают в картонный футляр и надевают крышку (рис. 161). Этикетку-

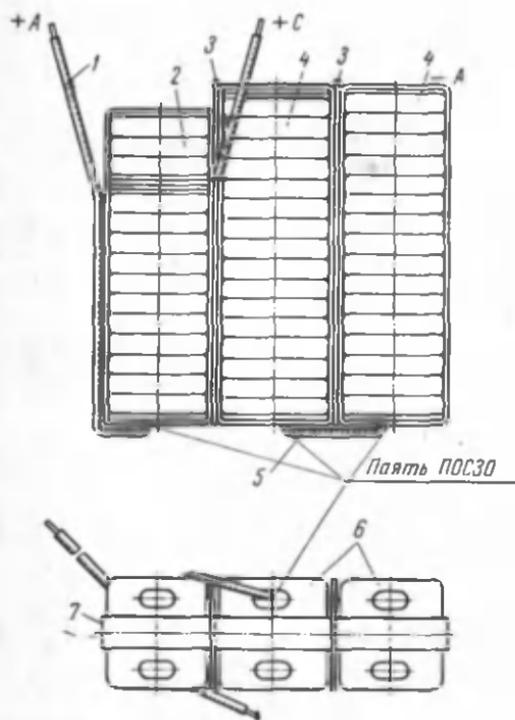


Рис. 160. Блок батареи «Энергия»:

1, 5 — провода МГВ-0,35, 2 — анодно-сеточная секция, 3 — прокладки из изорбчатого картона, пропитанные в парафиновой композиции, 4 — анодные секции, 6 — картонные карточки с отверстиями, 7 — бандаж из кабельной бумаги

оклейку и этикетку с инструкцией наклеивают на крышку и футляр.

Батарея после приклеивания бумажных этикеток поступает в сушильную туннельную печь. На рис. 162 показана схема туннельной печи. Батареи 2 с подающего устройства 1 перемещаются по конвейерной ленте 6 и поступают в зону подогрева, где с

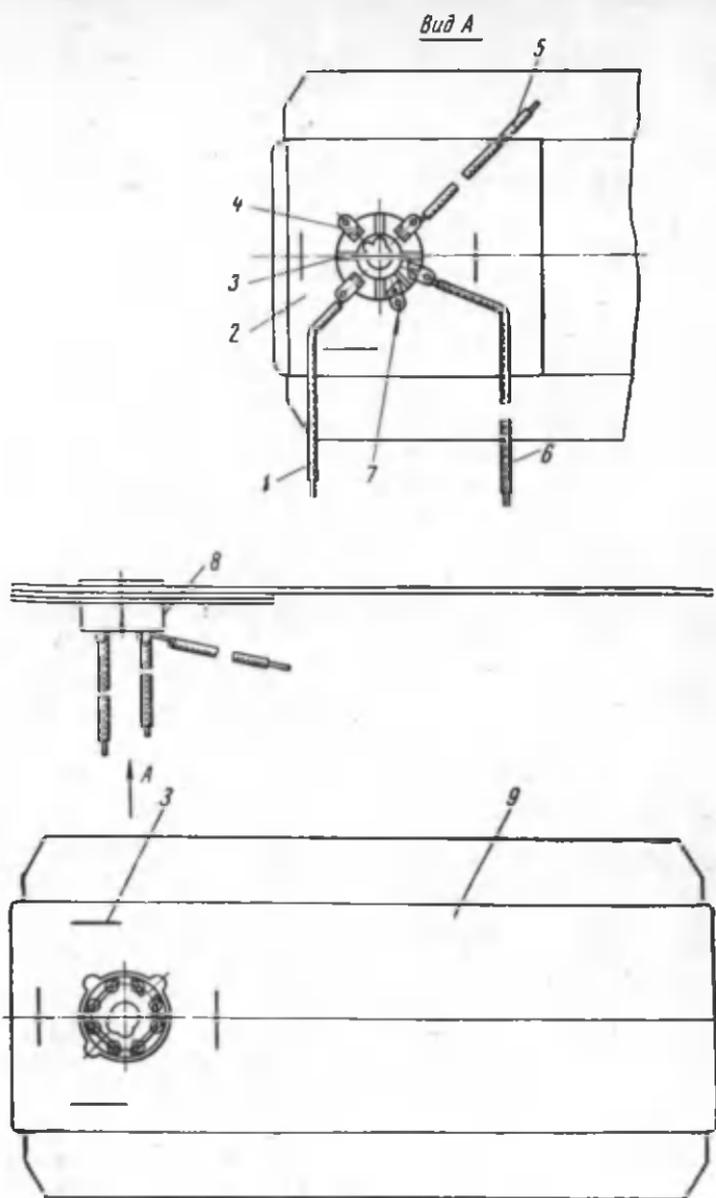


Рис. 161. Крышка батарей «Энергия»:

1, 5, 6 — провода МГВ, 2 — прокладка из картона, 3 — проволочные скрепки, 4, 7 — контакты октальной колодки, 8 — октальная колодка, 9 — картонная крышка

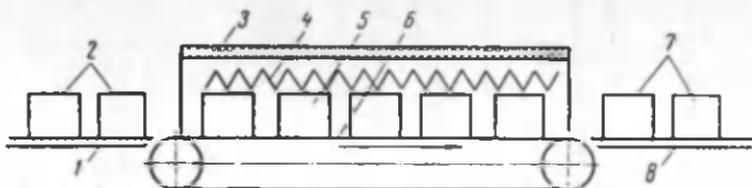


Рис. 162. Схема туннельной печи для сушки батарей:

1 — подводящее устройство, 2 — батареи перед сушкой, 3 — теплоизоляционный слой, 4 — электрический нагреватель, 5 — батареи в печи, 6 — конвейерная лента, 7 — подсушенные батареи, 8 — съемное устройство

помощью электронагревателя 4 поддерживается температура $100-105^{\circ}\text{C}$.

Батареи с подсушенными этикетками выходят из зоны нагрева и снимаются на приемный стол 8. Для полной просушки батареи, снятые с приемного стола, вручную укладываются в штабеля с промежутками в 2—3 см между рядами. В каждом ряду укладывается по высоте не более 5 батарей. После окончательного высыхания наружных бумажных и картонных деталей батареи контролируются по напряжению и э. д. с., как стаканчиковые элементы, и затем поступают на склад готовой продукции.

Рассмотрим особенности сборки галетной батареи «Крона-1Л». В основном сборка элементов и секций этой батареи аналогична сборке элементов и секций батареи «Энергия» и производится на однотипном оборудовании меньшего размера. Изготовление футляра и клемм батареи «Крона-1Л» специфично. Заготовки для футляров батареи «Крона-1Л» штампуют из белой жести, сгибают по шаблону, а затем соединяют в «замок» так же, как в случае изготовления прямоугольных отрицательных электродов стаканчиковых элементов. Футляр имеет выступы по торцовым частям, которые после сборки батареи завальцовываются на донышко в

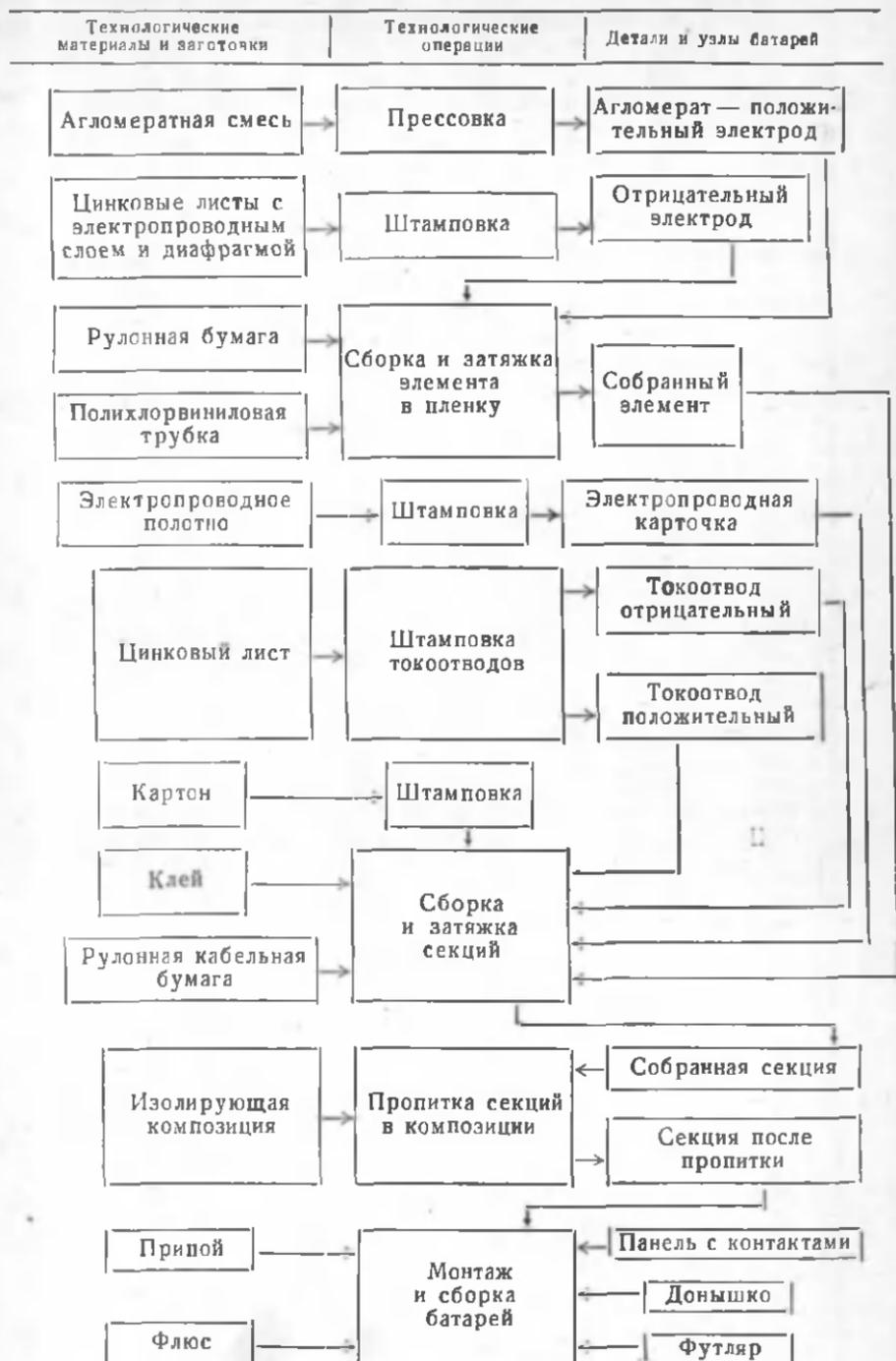
нижней части и на контактную колодку в верхней части батареи. На рис. 163 показано приспособление для завальцовки выступов футляра батареи «Крона-1Л».

Шток 2 приспособления приводится в движение рукояткой 4 и может опускаться или подниматься. Футляр со вставленной



Рис. 163. Приспособление для завальцовки футляров батарей «Крона-1Л»:

1 — корпус батареи, 2 — шток, 3 — пружина, 4 — рукоятка, 5 — фиксатор



секцией и припаянными к клеммам контактной колодки проводами помещается под шток 2 и закрепляется в определенном положении фиксатором 5. При повороте рукоятки шток опускается вниз и загибает выступы на торцовых частях футляра. После проведения завальцовки пружина 3 поднимает шток и поворачивает рукоятку в исходное положение.

На готовую батарею наклеивается этикетка, и батарея упаковывается в полиэтиленовый чехол. Упаковка предотвращает попадание кислорода воздуха в батарею и увеличивает срок сохранности источника тока. Полиэтиленовый чехол изготавливают из пленки, швы чехла свариваются с помощью нагретого паяльника. Батареи «Крона-1Л» в полиэтиленовых чехлах направляются на склад готовой продукции.

Технологическую схему изготовления батареи «Крона-1Л» см. на стр. 227.

Изготовление электродов и сборка батарей проводятся на поточных линиях. На этих линиях технологическое оборудование располагается таким образом, чтобы в начале линии находились бы участки изготовления деталей элемента, а в конце — участок сборки батарей. Все участки связаны между собой транспортной подвесной люлечной дорогой, по которой детали и узлы гальванических элементов и батарей подаются от одной машины к другой.

Контрольные вопросы

1. Рассказать о сушке и размоле двуокиси марганца.
 2. Как производится смешивание компонентов агломератной смеси?
 3. Зачем проводят уплотнение агломератной смеси?
 4. Для чего парафинируются угольные стержни?
 5. Рассказать об изготовлении цинковых электродов стаканчиковых элементов.
 6. Рассказать об изготовлении цинковых электродов галетных элементов.
 7. Рассказать о сборке стаканчиковых элементов.
 8. Рассказать о сборке галетных элементов.
-

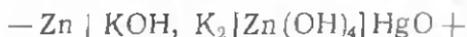
ГЛАВА IV.

РТУТНО-ЦИНКОВЫЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И БАТАРЕИ

Ртутно-цинковые элементы и батареи по сравнению с источниками тока марганцево-цинковой электрохимической системы имеют много преимуществ. Наиболее важные из них — стабильность э. д. с., высокая удельная энергия $300 \text{ вт} \cdot \text{ч/л}$ и $100 \text{ вт} \cdot \text{ч/кг}$, малый саморазряд и длительная сохранность, высокая степень герметичности. Однако они обладают более высокой стоимостью и поэтому во многих случаях не могут заменить марганцево-цинковые элементы. Кроме того, запасы соединений ртути в природе по сравнению с двуокисью марганца ограничены. Тем не менее ртутно-цинковые элементы и батареи, малогабаритные источники питания со стабильными свойствами все более и более находят применение и вытесняют элементы других электрохимических систем.

§ 71. Процессы, протекающие при разряде ртутно-цинковых элементов

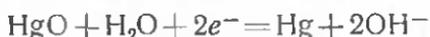
В основе ртутно-цинковых элементов лежит электрохимическая система



Положительный электрод ртутно-цинкового элемента состоит из окиси ртути, а отрицательный — из металлического цинка. Электролит представляет собой водный раствор едкого калия, содержащий цинкат калия. Цинкат калия образуется при растворении в щелочи окиси цинка в процессе приготовления электролита.

В отличие от марганцево-цинковых элементов процессы в ртутно-цинковых элементах значительно проще и поэтому лучше исследованы.

На положительном электроде при разряде происходит восстановление красной окиси ртути до металлической ртути. Этот процесс протекает через раствор вследствие некоторой растворимости окиси ртути в растворе щелочи и соответствует уравнению

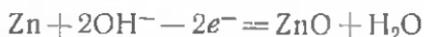


Стандартный потенциал окиснортутного электрода в щелочной среде относительно стандартного потенциала водородного

электрода равен $+0,1$ в. При разряде окиснортутного электрода в течение долей секунды наблюдается поляризация, которая объясняется затруднениями при образовании первых капель металлической ртути. Обычно этот участок составляет такую малую долю от общей длительности разряда, что улавливается лишь при точных исследованиях.

В уравнение Нернста для окиснортутного электрода входит член, характеризующий зависимость равновесного потенциала от концентрации ионов OH^- . При больших плотностях разрядного тока необходимо, чтобы ионы OH^- успевали уходить от поверхности электрода.

На отрицательном электроде в условиях насыщенного цинкатом калия электролита происходит окисление цинка до окиси цинка



Потенциал цинка в щелочной среде, насыщенной окисью цинка, равен $-1,25$ в относительно стандартного потенциала водородного электрода. Как видно из приведенного уравнения, в уравнение Нернста для равновесного потенциала так же, как и для окисно-ртутного электрода, должен входить член, характеризующий влияние ионов OH^- на величину потенциала.

Образование окиси цинка в виде отдельной фазы — нерастворимых кристаллов — происходит по мере того, как насыщенный раствор цинката калия пополняется образующейся при разряде окисью цинка. Сначала при разряде окись цинка еще растворяется в электролите, образуя пересыщенный раствор, из которого только после некоторого времени выпадают первые кристаллы окиси. При больших плотностях разрядного тока около цинкового электрода возможно повышение концентрации цинката калия и выпадение окиси цинка на электроде. При медленных и прерывистых разрядах за счет диффузии концентрация раствора остается почти одинаковой во всем элементе. Поэтому кристаллы окиси цинка могут выпадать в любом месте, в том числе внутри пор диафрагм. Известно, что в ряде случаев окись цинка обладает небольшой электронной проводимостью. Это является причиной возникновения внутренних замыканий в элементе при длительном режиме разряда.

Обычно свежизготовленные элементы имеют пониженное напряжение из-за затруднений при образовании новой фазы металлической ртути. Поэтому такие элементы обычно замыкают на $2-3$ сек, после чего напряжение на них повышается до обычной величины.

Суммарный процесс в элементе выражается уравнением



Таким образом, весь процесс при разряде элемента сводится к восстановлению окиси ртути за счет металлического цинка. Из приведенных уравнений видно, что электролит принимает участие в обоих электродных процессах так, что изменение его состава на одном электроде компенсируется противоположным изменением на другом электроде. Действительно, в уравнениях Нернста для обоих электродов член, определяющий роль ионов OH^- , должен входить с разными знаками, так как в уравнениях для обоих электродных процессов ионы OH^- находятся в противоположных частях. В целом состав электролита в элементе не меняется, поэтому уравнение Нернста для суммарного процесса определяется разностью стандартных потенциалов обоих электродов

$$E = \varphi_{0(+)} - \varphi_{0(-)} = +0,1 - (-1,25 \text{ в}) = +1,36 \text{ в.}$$

Ртутно-цинковые элементы обычно содержат очень малое количество электролита — 1 см^3 на $1 \text{ а} \cdot \text{ч}$ отдаваемой емкости, что объясняется отсутствием изменения его состава при разряде.

При глубоком разряде при полном израсходовании окиси ртути на положительном электроде возможно выделение водорода. Для предотвращения этого явления, которое нарушает герметичность элемента, предусмотрено использование избыточного по отношению к цинку количества окиси ртути. В связи с этим в реальных элементах коэффициент использования окиси ртути немного менее 100%, а теоретическая емкость определяется заложенным количеством цинка.

§ 72. Обозначение ртутно-цинковых элементов

Обозначение ртутно-цинковых элементов составляется из буквенного и цифрового шифра.

Буквенный шифр в обозначении — РЦ — характеризует электрохимическую систему. За буквенным шифром через знак тире ставится условный размер. Первая цифра характеризует диаметр элемента, вторая — его высоту. Элементы с первой цифрой 5 имеют диаметр 15,6 мм, с цифрой 6—21 мм, с цифрой 7—25,5 мм, с цифрой 8—30,1 мм. Вторая цифра 5 обозначает большую высоту, чем цифра 3. Примеры обозначения: РЦ—85, РЦ—83, РЦ—63, РЦ—65.

Элементы летнего типа предназначаются для эксплуатации при температурах $0 \div +50^\circ \text{С}$. Индекс летнего температурного режима в обозначении не ставится. Элементы с индексом «У» в конце шифра относятся к универсальным источникам тока, работоспособным при температурах от -30 до $+50^\circ \text{С}$. Термостойкие элементы имеют индекс «Т» и предназначаются для питания аппаратуры при температурах от 0 до $+70^\circ \text{С}$. Например, РЦ—85У, РЦ—85Т.

Последовательно соединенные элементы образуют секции. В обозначении секции впереди шифра элемента ставится число элементов в секции. Например, секций из элементов РЦ—63 (батарея «Крона-РЦ») обозначается 6РЦ—63. Батареи собираются обычно из секций, состоящих из 2—10 элементов. Часто используется параллельное соединение элементов или секций в батареях. В этом случае шифр элемента или секции ставится в скобках, а после скобки — количество параллельно соединенных элементов или секций, например (3РЦ—85) 4.

§ 73. Эксплуатационные характеристики ртутно-цинковых гальванических элементов

Ртутно-цинковые элементы характеризуются стабильностью э. д. с., малым изменением напряжения в ходе разряда. Это одна из самых ценных особенностей ртутно-цинковых элементов. Э. д. с. равна 1,350—1,354 в и практически не зависит от степени разряженности. Наибольшая стабильность э. д. с. наблюдается после предварительного подзаряда элемента на 20% номинальной емкости плотностью тока 40 ма/см^2 и трехдневного отдыха. В течение года изменение величины э. д. с. не превышает 0,2%. Температурный коэффициент э. д. с., показывающий, на сколько процентов изменяется величина э. д. с. от изменения температуры на 1°, составляет всего 0,004% в интервале температур 0° ÷ +50° С. На рис. 164—169 приведены универсальные разрядные кривые элементов. На оси y отложены величины напряжений в едином масштабе для всех типов ртутно-цинковых элементов. По оси x располагаются величины емкости в своем масштабе для каждого типа элемента. Универсальность таких графиков в том, что они характеризуют одновременно несколько типов элементов.

Из этих кривых видно, что напряжение при малых токах изменяется в процессе разряда очень незначительно. Так, например, при токе 2 ма для элемента РЦ—63 напряжение в начале разряда равно 1,30 в, а в конце — 1,27 в. Разница этих величин составляет всего 2,3% от начального напряжения. Далее напряжение резко уменьшается. При меньших токах напряжение элементов еще стабильнее. При увеличении плотности тока разряда снижается среднее напряжение и увеличивается разница между начальным и конечным напряжениями. Кроме того, при этом снижается величина отдаваемой элементами емкости до момента резкого снижения напряжения.

На рис. 170—173 представлены универсальные вольтамперные кривые разряда элементов при разных температурах и при разной степени разряженности. Рис. 170, 171 относятся к элементам, предварительно разряженным на 20% их номинальной емкости, а рис. 172, 173 — к элементам, разряженным на 50%.

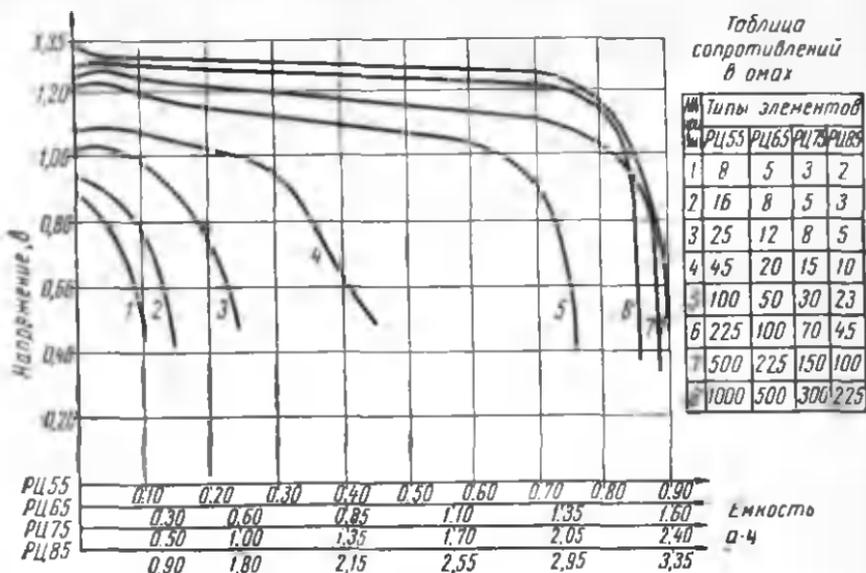


Рис. 164. Универсальные разрядные кривые элементов RC-55, RC-65, RC-75 и RC-85 при +20° С

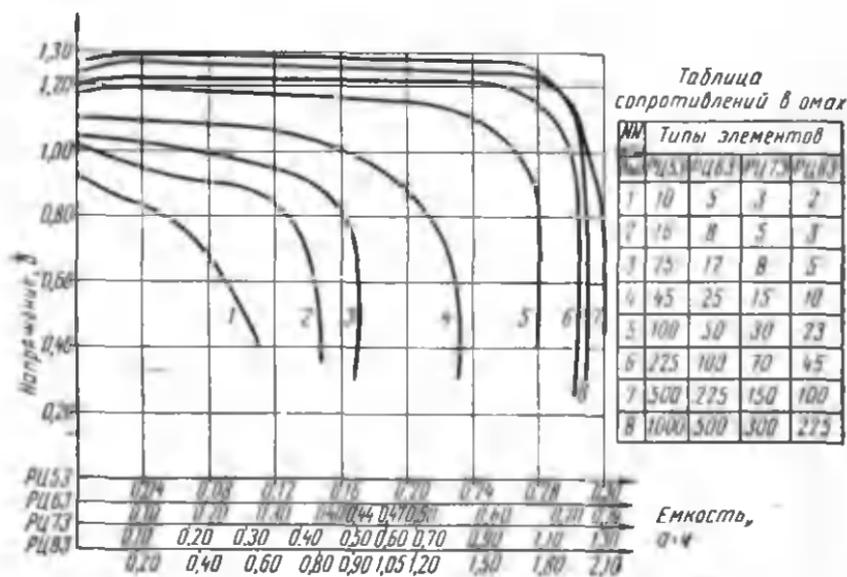


Рис. 165. Универсальные разрядные кривые элементов RC-53, RC-63, RC-73 и RC-83 при +20° С

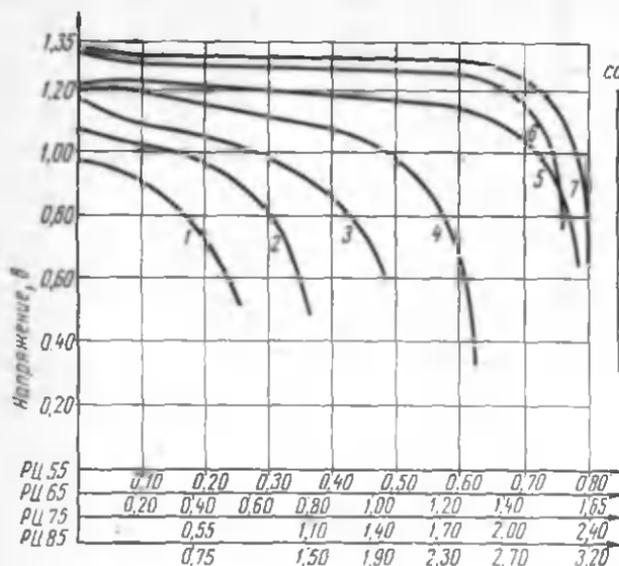


Таблица сопротивлений в омах

NN крат. быт	Типы элементов			
	RC55	RC65	RC75	RC85
1	10	5	3	2
2	16	8	5	3
3	25	12	8	5
4	45	20	15	10
5	100	50	30	23
6	225	100	70	45
7	500	225	150	100

Рис. 166. Универсальные разрядные кривые элементов RC-55, RC-65, RC-75 и RC-85 при +50°С

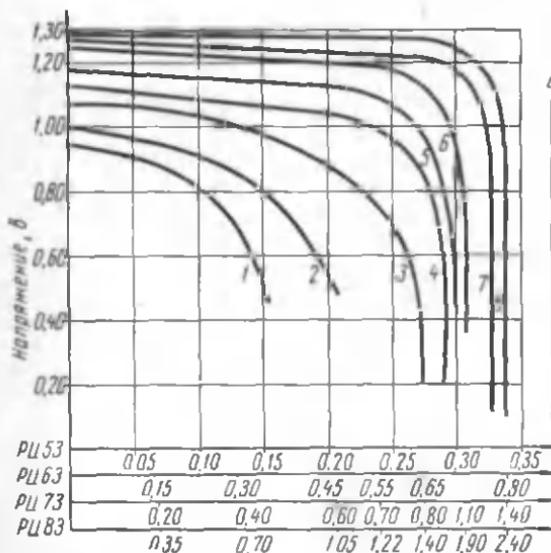


Таблица сопротивлений в омах

NN крат. быт	Типы элементов			
	RC53	RC63	RC73	RC83
1	5	3	2	1
2	10	5	3	2
3	16	8	5	3
4	25	12	8	5
5	45	20	15	10
6	100	50	30	23
7	225	100	70	45
8	450	225	150	100

Рис. 167. Универсальные разрядные кривые элементов RC-53, RC-63, RC-73 и RC-83 при +50°С

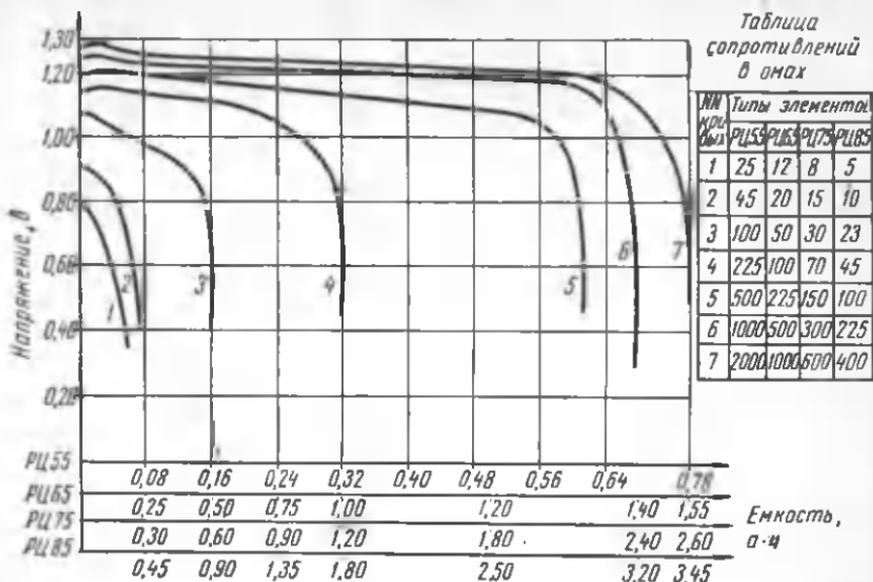


Рис. 168. Универсальные разрядные кривые элементов РЦ-55, РЦ-65, РЦ-75 и РЦ-85 при 0°С

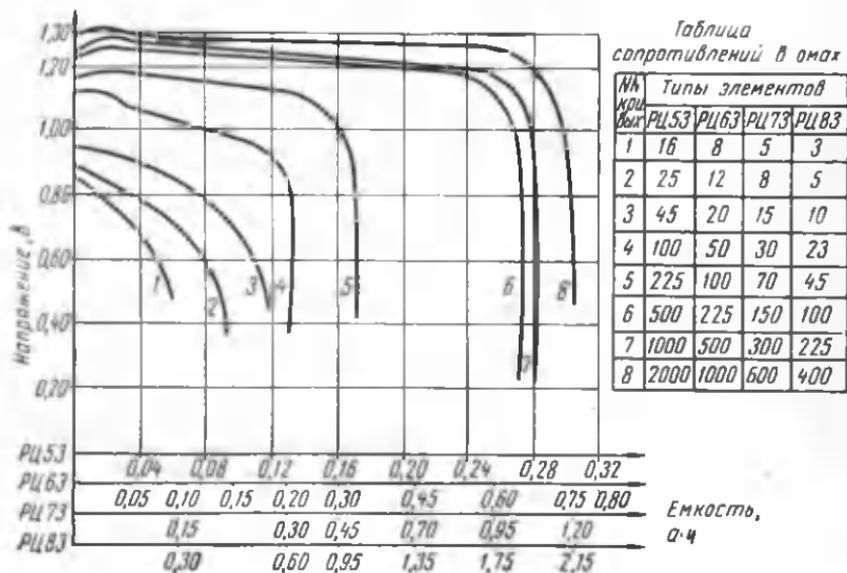


Рис. 169. Универсальные разрядные кривые элементов РЦ-53, РЦ-63, РЦ-73 и РЦ-83 при 0°С

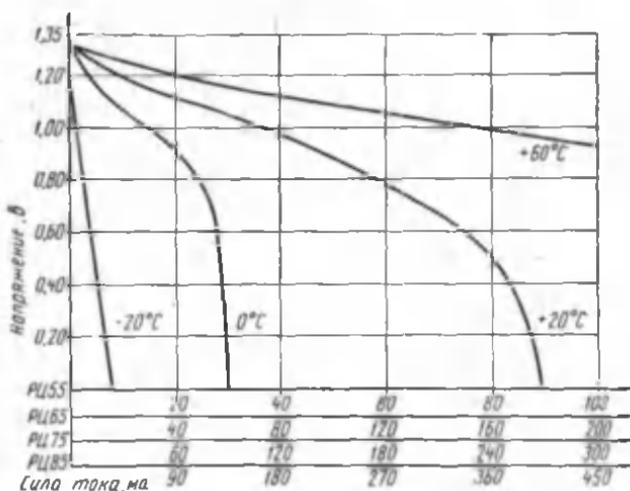


Рис. 170. Вольтамперные кривые элементов РЦ-55, РЦ-65, РЦ-75 и РЦ-85, разряженных на 20% номинальной емкости

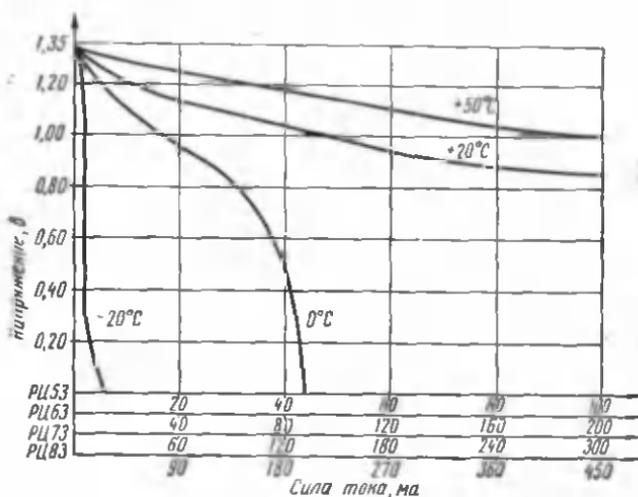


Рис. 171. Вольтамперные кривые элементов РЦ-53, РЦ-63, РЦ-73 и РЦ-83, подзаряженных на 20% номинальной емкости

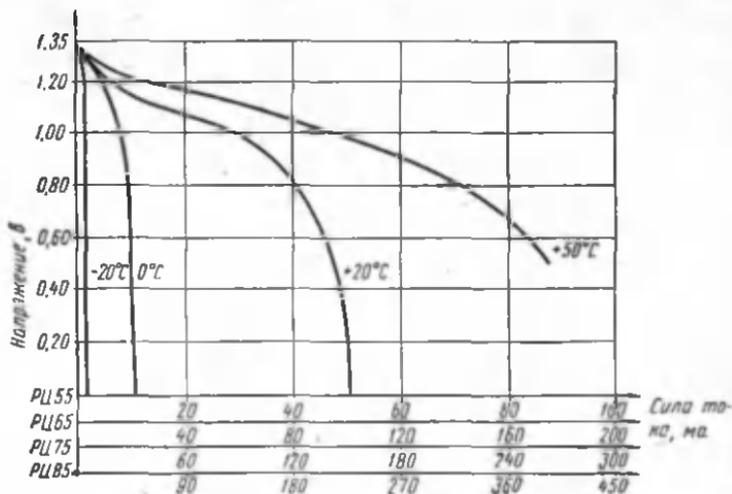


Рис. 172. Вольтамперные кривые элементов PC-55, PC-65, PC-75 и PC-85, подзаряженных на 50% номинальной емкости

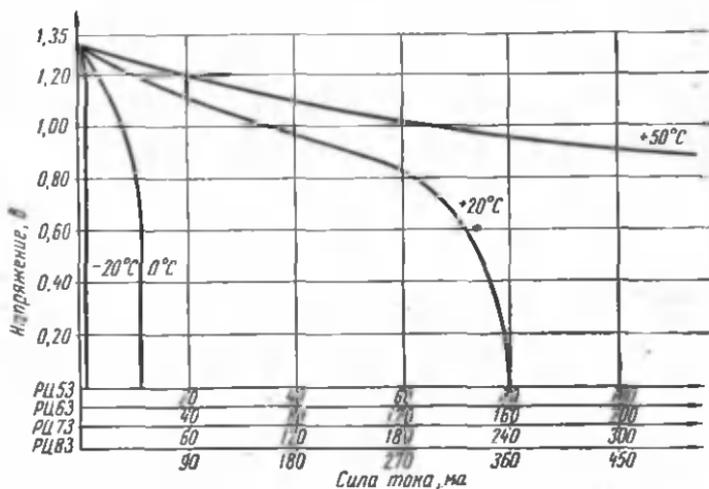


Рис. 173. Вольтамперные кривые элементов PC-53, PC-63, PC-73 и PC-83, подзаряженных на 50% номинальной емкости

При 0 и -20°C разрядные кривые имеют «падающую» форму. При $+20$ и $+50^{\circ}\text{C}$ в области малых токов наклон кривых по мере увеличения тока постепенно уменьшается, т. е. происходит уменьшение внутреннего сопротивления элементов. В области средних токов внутреннее сопротивление приблизительно постоянно. Величины внутреннего сопротивления элементов приведены в табл. 28.

Таблица 28

Внутреннее сопротивление ртутно-цинковых элементов при разной степени разряженности

Степень разряженности	Внутреннее сопротивление (ом) для элементов							
	PC-55	PC-65	PC-75	PC-85	PC-53	PC-63	PC-73	PC-83
20%	8,0	4,0	2,5	1,8	3,4	1,8	1,1	0,8
50%	10,0	5,0	3,4	2,3	7,2	3,6	2,4	1,7

При увеличении температуры по сравнению с комнатной внутреннее сопротивление элементов снижается, а при уменьшении температуры — увеличивается. В области больших токов при большой степени разряженности происходит резкий изгиб вольт-амперных кривых со снижением напряжения до нуля. Этот изгиб соответствует резкому увеличению внутреннего сопротивления при увеличении разрядного тока. Приведенные вольтамперные кривые соответствуют статическому изменению нагрузки в разрядной цепи. При быстрых изменениях нагрузки величина внутреннего сопротивления оказывается меньше, чем указано в таблице.

На рис. 174, 175 приведены универсальные кривые зависимости емкости от сопротивления нагрузки при разряде ртутно-цинковых элементов для разных температур и при конечном напряжении 0,9 в. В области больших сопротивлений емкость элементов при температурах выше 0°C близка к теоретическому значению и практически не зависит от величины нагрузки. В этой области коэффициент использования активных материалов при температуре разряда $+50^{\circ}\text{C}$ составляет 100%, при $+20^{\circ}\text{C}$ — 87%, при 0°C — 80%.

Начиная с некоторой нагрузки, наблюдается значительная зависимость отдаваемой емкости от величины нагрузки. При уменьшении температуры резкое уменьшение емкости начинается при меньших токах разряда, т. е. при больших сопротивлениях нагрузки. Так, например, номинальную емкость 0,5 а·ч элемент PC-63 отдает при температуре $+50^{\circ}\text{C}$ и токе разряда 100 ма. При 20°C максимальный разрядный ток при отдаче номинальной емкости ниже и составляет 45 ма, а при 0°C — всего 8 ма. Номинальную емкость 1,0 а·ч элемент PC-65 отдает при тем-

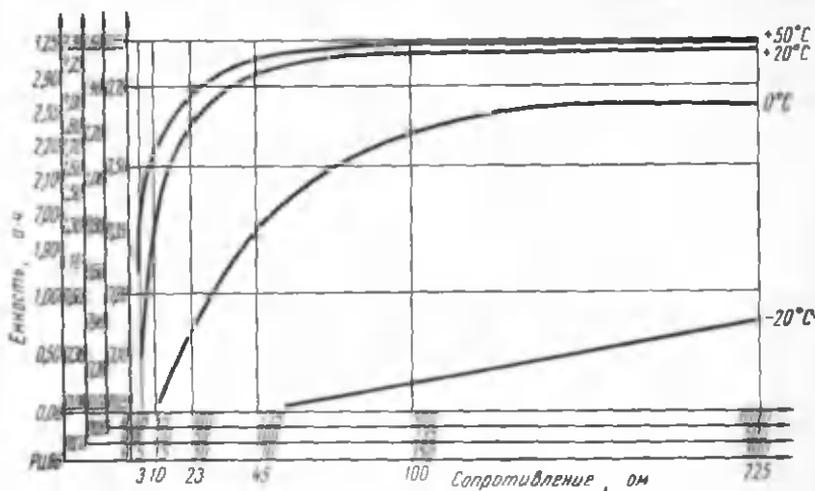


Рис. 174. Емкость ртутно-цинковых элементов РЦ-55, РЦ-65, РЦ-75 и РЦ-85 при разных температурах и сопротивлениях нагрузки

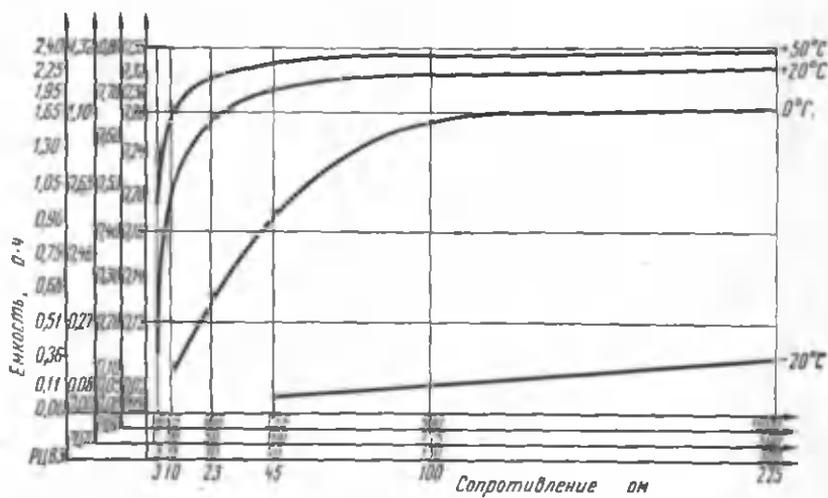


Рис. 175. Емкость ртутно-цинковых элементов РЦ-53, РЦ-63, РЦ-73 и РЦ-83 при разных температурах и сопротивлениях нагрузки

пературе 50°C и токе 30 ма . Разряжая элемент при 0°C , можно получить ту же емкость при токах не выше 6 ма .

Как видно из этих данных, а также величин внутренних сопротивлений, элементы с цифрой 3 на конце обозначения (РЦ—63, РЦ—73 и др.) лучше работают на больших плотностях тока, чем элементы с цифрой 5 в конце обозначения (РЦ—65, РЦ—75 и др.).

В условиях отрицательных температур электрические характеристики элементов, как видно из рис. 175, 176, оказываются удовлетворительными. Указанные характеристики и приведенные разрядные кривые относятся к непрерывному режиму разряда. В прерывистых режимах разряда предел токов, при которых элементы отдают номинальную емкость, расширяется. Это особенно заметно при температурах разряда ниже 0°C .

Ртутно-цинковые элементы имеют малый саморазряд. Предпочтительно их хранить при 0°C . В среднем при хранении в области температур $-20\div+30^{\circ}\text{C}$ при влажности воздуха 85% элементы без отдельных выпадов хранятся в течение 1—2,5 лет. Саморазряд не превышает 1% в год. При температурах -40 и $+50^{\circ}\text{C}$ допускается хранение в течение трех месяцев. По сохранности ртутно-цинковые элементы значительно превосходят источники тока марганцево-цинковой электрической системы.

§ 74. Конструкция пуговичных и цилиндрических ртутно-цинковых элементов и секций

На рис. 176 показаны ртутно-цинковые элементы РЦ—85, РЦ—83, РЦ—75, РЦ—73, РЦ—65, РЦ—63, РЦ—55, РЦ—53,

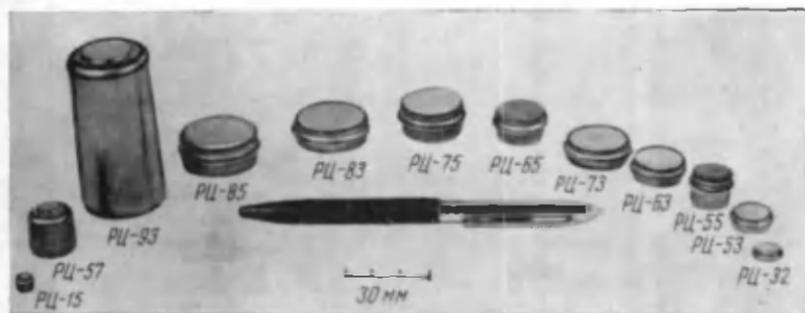


Рис. 176. Ртутно-цинковые элементы

РЦ—32, имеющие пуговичную конструкцию. У большинства элементов пуговичной конструкции, как видно на рис. 176, высота значительно меньше диаметра, элементы по внешнему виду напо-

минают пуговицы. Образцы РЦ—93, РЦ—59 и РЦ—57 относятся к цилиндрической конструкции. У большинства этих элементов цилиндрической конструкции высота больше диаметра.

Характерной конструктивной особенностью ртутно-цинковых элементов является герметичность. Элементы содержат внутри себя кроме твердых и жидкие вещества, которые не должны вытекать во время работы и хранения элементов, поэтому герметизации элементов придается большое значение, так как качество этих источников тока в основном определяется тем, как хорошо их внутренние компоненты изолированы от окружающей среды.

В табл. 29, 30 приведены габариты и вес некоторых пуговичных элементов. Как видно из таблиц, ртутно-цинковые элементы относятся к миниатюрным источникам тока, их размеры и вес исчисляются в миллиметрах и граммах.

Таблица 29

Контрольные конструктивные размеры первичных ртутно-цинковых элементов (согласно рис. 177)

Шифр элемента	Размеры, мм							Количество диафрагм	
	<i>D</i>	<i>d</i>	<i>d</i> ₁	<i>H</i>	<i>h</i>	<i>h</i> ₁	<i>R</i>	под кольцом	внутри кольца
РЦ-53	15,6	14,1	13,3	6,3	2,3	2,15	2	1	1
РЦ-55		14,1		12,5	6,3	2,25		3	1
РЦ-63	21,0	19,1	18,5	7,4	3,0	2,6	2,2	1	1
РЦ-65		19,1		13,0	6,3			3	1
РЦ-73	25,5	23,3	22,8	8,4	3,5	2,9	2,4	2	1
РЦ-75		23,3		13,5	6,3			3	1
РЦ-83	30,1	27,9	27,1	9,4	4,0	2,9	2,4	2	1
РЦ-85		27,9		14,0	6,3			3	1
РЦ-82	30,1	—	—	0,4	—	—	—	—	—
РЦ-32	10,9	—	—	3,4	—	—	—	—	—

Конструктивно пуговичные элементы выполняются одинаково (рис. 177) и состоят из отрицательного электрода 1, положительного электрода 2, диафрагм 3 и 4 и изолирующего резинового

Вес ртутно-цинковых элементов

Вес, г	Шифр элемента									
	РЦ-32	РЦ-55	РЦ-53	РЦ-65	РЦ-63	РЦ-75	РЦ-73	РЦ-85	РЦ-83	РЦ-82
	3,4	12,5	6,3	13	7,4	13,5	8,4	14	9,4	9,4

кольца 5. На рис. 178 показаны детали пуговичного элемента. Отрицательный электрод 3 изготовлен из цинкового порошка, который запрессован в стальную крышку. Запрессованный порошок смочен металлической ртутью и электролитом. Стальная крышка перед запрессовкой порошка лудится, т. е. покрывается оловом. Положительный электрод 1 изготовлен из красной окиси ртути с добавками в нее графита и дубителя № 4. Красная окись ртути запрессована в никелированный стальной корпус.

Между положительным и отрицательным электродами размещена диафрагма 2, изготовленная из щелочестойкой бумаги, пропитанной электролитом — раствором едкого калия с добавкой окиси цинка. Положительный и отрицательный электроды разделяются изолирующим кольцом 4, выполненным обычно из резины или полиэтилена. Кольцо при завальцовке герметизирует элемент.

Для обеспечения герметичности элементов требуется соблюдение всех контрольных размеров деталей и всей конструкции. Контрольные конструктивные размеры обозначены на рис. 177 буквами, а в табл. 29 приведены величины этих размеров для разных пуговичных ртутно-цинковых элементов.

Несмотря на малый объем ртутно-цинковых элементов, они имеют сравнительно большой вес, величина которого определяется в основном высоким удельным весом окиси ртути. В табл. 30 приведен вес пуговичных элементов разного типа.

Из элементов, предназначенных для изготовления батарей, собирают секции. Внешний вид секции ртутно-цинковых элементов показан на рис. 179, а, а на рис. 179, б приведена конструкция секции. Секция представляет собой последовательно соединенные элементы 1, 4 и 7, разделенные друг от друга бумажной шайбой 3, через которую проходит никелевая лента 2, соединяющая соседние элементы. Никелевая лента одним концом с помощью точечной электрической сварки приваривается в двух точках к боковой поверхности корпуса элемента, а другим — к центру крышки соседнего элемента. Бумажные шайбы изготавливают из фильтровальной бумаги толщиной 0,5 мм, которая предназначается для впитывания электролита при нарушении герметичности отдельного элемента и для предотвращения замыкания

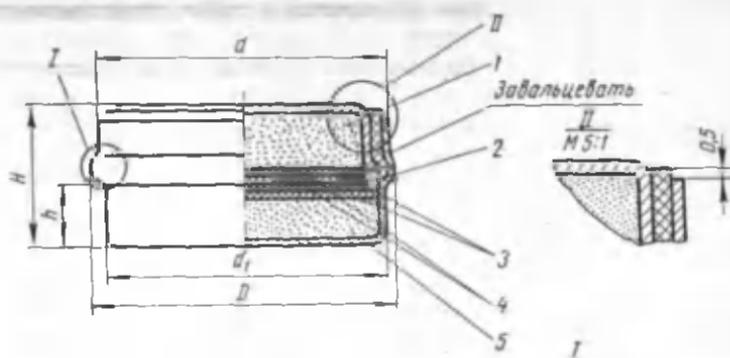


Рис. 177. Конструкция ртутно-цинковых элементов:

1 — отрицательный электрод, 2 — положительный электрод, 3 — диафрагмы, расположенные внутри резинового кольца, 4 — диафрагмы, расположенные под резиновым кольцом, 5 — резиновое кольцо (Размеры R , h , H , h_1 , D , d и d_1 указаны в табл. 29)

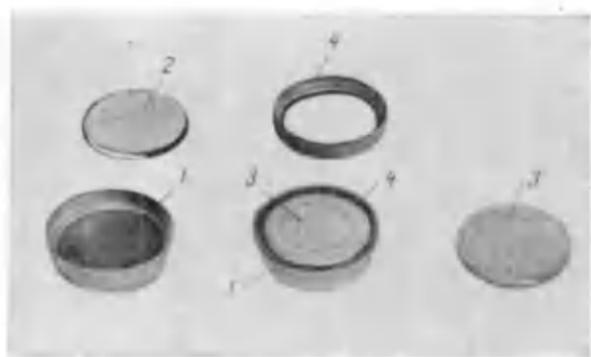
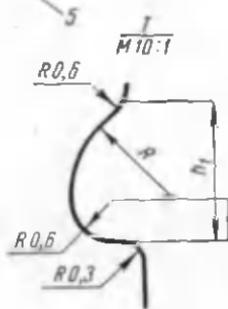


Рис. 178. Детали ртутно-цинкового пуговичного элемента РЦ-83 (в середине показан элемент после сборки):

1 — положительный электрод, 2 — диафрагма, 3 — отрицательный электрод, 4 — резиновое кольцо

между положительными электродами соседних элементов. Секция размещается в трубке, представляющей собой три слоя полистирольной пленки и один слой полиэтиленовой пленки. На торцовых частях секции трубка завернута. Токоотводами секции являются куски никелевой ленты, приваренные к разноименным электродам крайних элементов секции из последовательно соединенных элементов.

Количество элементов в секции может быть различным, оно зависит от конструктивного исполнения батареи и требуемых электрических характеристик.

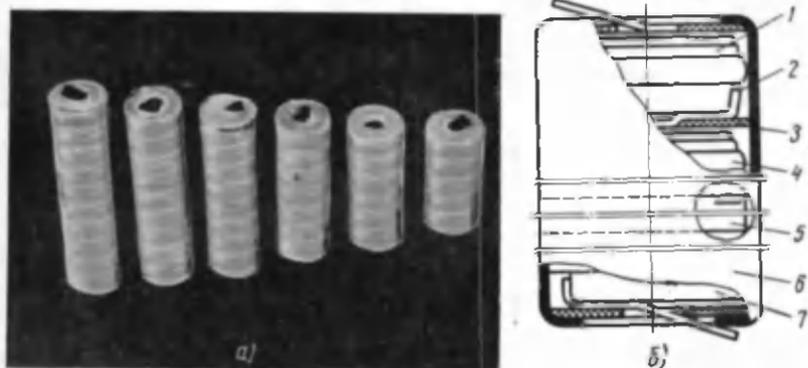


Рис. 179. Секция из ртутно-цинковых элементов:

a — внешний вид, *б* — конструкция;

1, 4, 7 — элементы, 2 — никелевая лента, 3 — бумажная шайба, 5 — этикетка, 6 — полиэтиленовая и полистирольная пленки

Футляры батареи обычно выполняются из стальной ленты толщиной 0,5—0,8 мм путем глубокой вытяжки, сварки или клепки и окрашивания цветной нитрозмалеевой краской. Выводы батареи располагаются на штепсельных разъемах (ШР) или клеммных колодках согласно схеме включения батареи.

Цилиндрические ртутно-цинковые элементы РЦ-57, РЦ-59, РЦ-93 конструктивно отличаются от пуговичных элементов. На рис. 180 показан внешний вид этих элементов, а на рис. 181 — конструкция одного из них — РЦ-57. Отрицательный электрод 3 формируется в виде цилиндрического брикета из цинкового порошка, положительный электрод — 7 в виде кольца из окиси ртути и графита и размещается во внутреннем стальном корпусе 8. Элементы имеют двойные корпус и крышку. Внутренняя крышка 2 — стальная, луженая, наружная 1 — покрыта никелем. Наружный корпус 11 через изолирующее кольцо 4 завальцован на крышку. В донной части наружного корпуса имеется отверстие для выхода водорода. Применение двойной крышки увеличивает надежность герметизации элемента.

С целью предотвращения механического разрушения цинково-го брикета при завальцовке элемента и для получения надежного электрического контакта отрицательного электрода с крышкой вставляется амортизирующий резиновый подпятник 9. Положи-



Рис. 180. Внешний вид цилиндрических ртутно-цинковых элементов

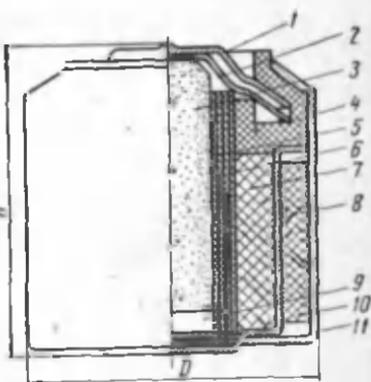


Рис. 181. Конструкция цилиндрического ртутно-цинкового элемента PC-57:

1 — наружная крышка, 2 — внутренняя крышка, 3 — отрицательный электрод, 4 — резиновое кольцо, 5 — диафрагма из целлофана, 6 — бумажная диафрагма, 7 — положительный электрод, 8 — внутренний корпус, 9 — резиновый подпятник, 10 — бумажная прокладка, 11 — наружный корпус

тельный и отрицательный электроды разделяются целлофановой 5 и бумажной 6 диафрагмами. Целлофановая диафрагма имеет форму стаканчика. В табл. 31 указаны габариты и вес цилиндрических элементов.

Таблица 31

Габариты и вес цилиндрических ртутно-цинковых элементов

Тип элемента	Габариты, мм		Вес, г
	диаметр	высота	
PC-93	30,1	60,5	170
PC-57	16	17	15
PC-59	16	50	44

Конструкцию, аналогичную элементам РЦ—57, имеют более высокие элементы РЦ—59 и РЦ—93. Однако положительные электроды элементов изготавливаются в виде нескольких кольцевых брикетов, которые в элементе располагаются друг над другом.

На рис. 182 показаны детали элемента РЦ—59. Элемент 3



Рис. 182. Детали цилиндрического элемента РЦ-59:

1 — наружный корпус, 2 — внутренний корпус, 3 — элемент, 4 — три брикета положительного электрода, 5 — целлофановая диафрагма, 6 — резиновое кольцо, 7 — двойная крышка, 8 — резиновый подпятник, 9 — три брикета отрицательного электрода

состоит из положительного электрода 4, который изготавливается в виде трех колец, отрицательного электрода 9 — из трех цилиндрических брикетов из спрессованного цинкового порошка; внутреннего никелированного стального корпуса 2, наружного корпуса 1, двойной крышки 7, диафрагм 5, резинового подпятника 8 и изолирующего кольца 6.

Преимуществом цилиндрической конструкции по сравнению с пуговичной является большая величина поверхности электродов при меньшей их толщине. Благодаря этому цилиндрические элементы обладают большей мощностью, однако их изготовление более трудоемко.

§ 75. Особенности работы ртутно-цинковых элементов, позволяющие сохранить герметичность элементов при разряде

В процессе работы ртутно-цинковых элементов объемы, занимаемые внутри элемента электродами, изменяются по-разному. Так, цинк отрицательного электрода в процессе работы элемента непрерывно превращается в окись цинка, занимающую больший объем, чем металлический цинк.

Красная окись ртути положительного электрода в процессе работы элемента в свою очередь превращается в металлическую ртуть, и напротив, уменьшается в объеме.

Поэтому в герметичной конструкции ртутно-цинкового элемента обеспечивается сохранение приблизительно постоянного внутреннего объема элемента при разряде.

Диафрагма, расположенная между электродами, при разряде элемента немного смещается из области отрицательного электрода, объем которого увеличивается, в сторону положительного электрода. Это наблюдается при разряде элементов при плотностях тока до 20 ма/см^2 .

Конструкция элемента предусматривает корпус, крышку и изолирующее резиновое кольцо необходимой толщины и прочности для обеспечения герметизации элемента при некотором изменении его объема.

Особое внимание обращается на меры снижения коррозии цинка. Образующийся при коррозии цинка водород заполняет объем, значительно превышающий изменение объема при разряде, и вызывает нежелательное повышение давления в элементе. С целью предотвращения накопления большого количества водорода для изготовления отрицательного электрода используется цинк, содержащий возможно меньшее количество примесей металлов с малым перенапряжением выделения водорода. По этой же причине крышки элементов покрываются оловом, так как на никеле или железе при достаточно отрицательном равновесном потенциале цинка ($-1,22 \text{ в}$) в щелочном электролите наблюдается выделение водорода из воды. В связи с этим особо жесткие требования предъявляются к характеру гальванического покрытия. Слой олова на крышках не должен иметь пор, по которым электролит мог бы соприкоснуться с материалом крышки. Для снижения коррозии цинк отрицательного электрода амальгамируют, а электролит насыщают окисью цинка. В таком растворе коррозия цинка сведена к минимуму. Тем не менее все-таки небольшое количество водорода образуется.

Для предотвращения деформации и взрыва элемента из-за повышения давления в нем при изменении объема компонентов и выделении водорода конструкция предусматривает выход водорода в атмосферу за счет диффузии его через резиновое кольцо.

Резиновое кольцо при герметизации элемента сжимается настолько, что не происходит вытекания щелочного электролита, в то время как небольшое количество водорода может удаляться из элемента. Так как скорость диффузии водорода в резине мала, то приняты все меры для снижения скорости коррозии цинка. В реальных элементах скорость коррозии настолько мала, что диффузия через резину вполне обеспечивает взрывобезопасность источника тока.

§ 76. Материалы, применяемые при производстве ртутно-цинковых элементов

Оксид ртути. Оксид ртути является активным материалом положительного электрода ртутно-цинковых гальванических элементов. Она представляет собой окисел, существующий в виде двух кристаллических разновидностей — красной и желтой. В ртутно-цинковых элементах применяется только красная окись ртути. Это вещество имеет большой удельный вес — $11,77 \text{ г/см}^3$ нерастворимо в воде и очень плохо растворимо в щелочах. Попадая в организм человека через дыхательные пути, оксид ртути вызывает тяжелые общие отравления организма.

Желтая окись ртути образует кристаллы меньшего размера, чем красная окись ртути.

В отличие от красной окиси ртути желтая разновидность в спрессованном виде разбухает в растворе щелочи и поэтому не находит применения в источниках тока.

Едкий калий. Едкий калий входит в состав электролита ртутно-цинковых элементов, но также применяется для приготовления щелочных электролитов элементов других электрохимических систем. Он представляет собой твердое белое вещество, разъедающее ткани, кожу, вызывающее трудно заживающие раны. Едкий калий хорошо растворяется в воде, вызывая при растворении повышение температуры раствора. Такое изменение температуры обуславливается взаимодействием этого вещества с молекулами воды.

На воздухе твердый едкий калий впитывает в себя влагу и постепенно в ней растворяется. Растворы и твердое вещество поглощают из воздуха углекислый газ, который образует со щелочью углекислый калий (карбонат калия), поэтому при хранении едкий калий должен быть полностью изолирован от окружающей среды.

Так как едкий калий постепенно растворяет стекло, то обычно он бывает расфасован либо в полиэтиленовых банках, либо в стальных барабанах.

Температура замерзания растворов едкого калия зависит от их концентрации.

Работоспособность химических источников тока во многих случаях при низких температурах определяется температурой замерзания раствора едкого калия. На рис. 183 приведена зависимость температуры замерзания растворов едкого калия от удельного веса раствора. Как видно из этого рисунка, для хладостойких элементов целесообразно использование растворов удельного веса около $1,3 \text{ г/см}^3$. Электропроводность раствора щелочи повышается с повышением концентрации (рис. 184), поэтому для снижения внутреннего сопротивления источника тока пользуются растворами, содержащими не менее $350\text{--}400 \text{ г/л}$ вещества.

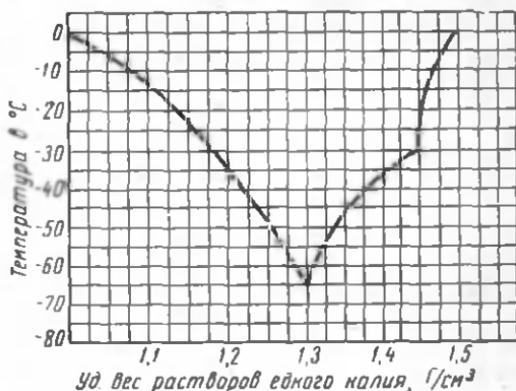


Рис. 183. Температура замерзания растворов едкого калия разного удельного веса

Щелочестойкая фильтровальная бумага из хлопковой целлюлозы, содержащей 98% целлюлозы, хорошо впитывает щелочной электролит и при этом разбухает. Используются такие сорта бумаги, для которых характерно разбухание в электролите равномерно по длине и ширине листа бумаги. Диафрагмы из такой бумаги после пропитки в электролите имеют правильную круглую форму. Овальность диафрагмы показывает на неравномерность разбухания и непригодность бумаги для изготовления сепараторов. Щелочестойкая бумага впитывает в себя восьмикратное весовое количество электролита.

Резина для резиновых колец должна быть щелочестойкой и должна сохранять эластичность в течение всего срока хранения элементов.

Свойства цинка и термически обогащенного графита были рассмотрены в § 22, 23.

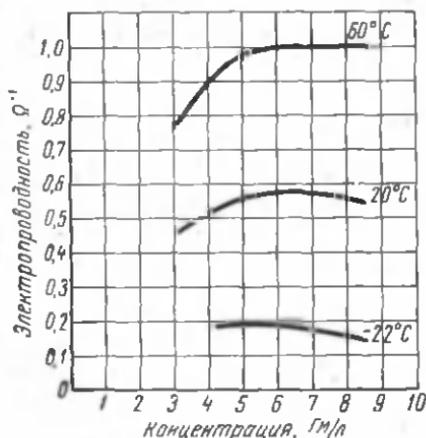


Рис. 184. Электропроводность растворов едкого калия при разной температуре и концентрации

Металлическая ртуть — жидкость удельного веса $13,55 \text{ г/см}^3$ с температурой замерзания $-38,87^\circ \text{С}$ и температурой кипения $356,9^\circ \text{С}$. Ртуть даже при обычной температуре образует некоторое количество паров, которые очень ядовиты. Для производства ртутно-цинковых элементов применяется ртуть марки Р-2, содержащая минимальное количество примесей других веществ. Все работы со ртутью производятся только под тягой.

Контрольные вопросы

1. Рассказать о процессах при разряде ртутно-цинковых элементов.
 2. Рассказать о свойствах окиси ртути и едкого калия.
 3. Рассказать о конструкции и системе обозначения ртутно-цинковых элементов.
-

§ 77. Общая схема производства ртутно-цинковых элементов и батарей

Технологические операции при изготовлении ртутно-цинковых элементов состоят из изготовления цинкового отрицательного электрода, положительного окиснортутного электрода, диафрагм, щелочного электролита, сборки элементов и секций, контроля качества готовых изделий.

Изготовление цинкового электрода заключается в приготовлении цинкового порошка, штамповке и гальваническом лужении стальной крышки, запрессовке цинкового порошка в крышку, пропитке запрессованного цинка в электролите, амальгамации цинка.

Производство положительного электрода состоит из смешивания окиси ртути с графитом, штамповки и гальванического никелирования корпуса, запрессовки смеси окиси ртути с графитом в корпус.

Приготовление электролита заключается в растворении в воде едкого калия и окиси цинка и коррекции раствора по удельному весу.

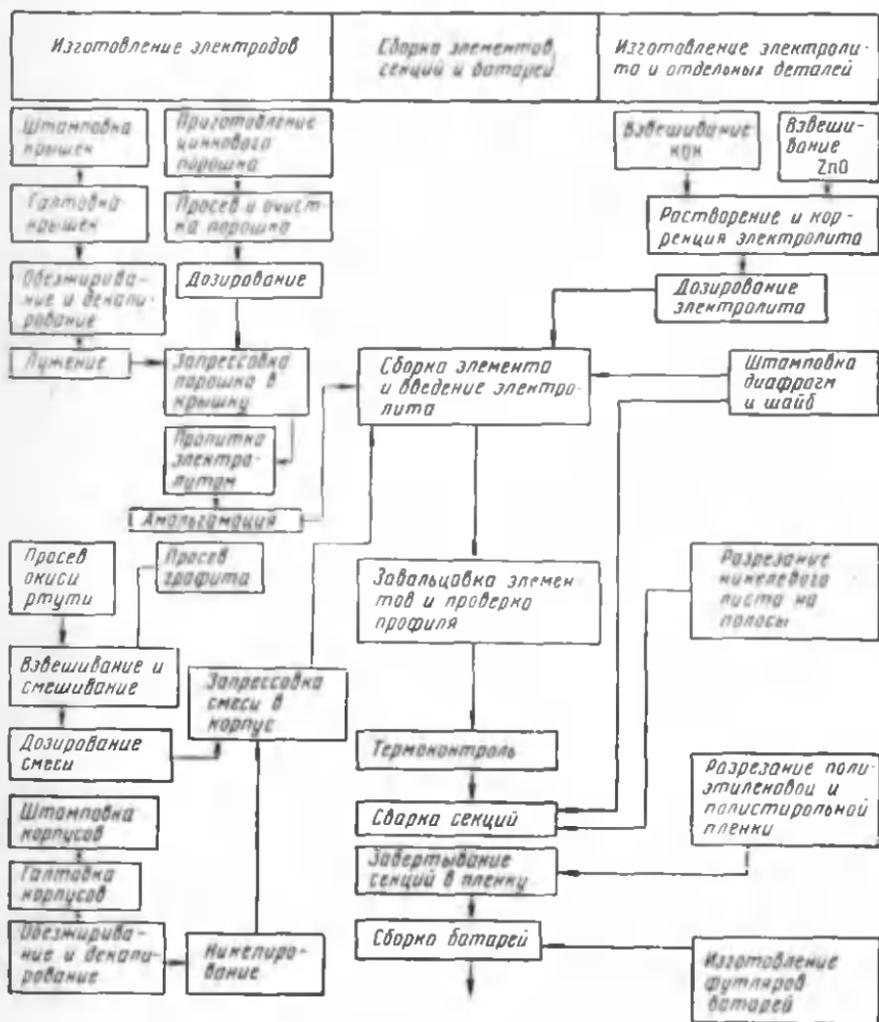
Сборка элементов заключается в соединении всех компонентов конструкции в единый узел и герметизации элемента нанесением галтели определенного профиля. Качество элементов проверяется с помощью выдержки при высокой температуре (термоконтроль). При изготовлении секций последовательные элементы свариваются никелевой лентой и оборачиваются полистирольной и полиэтиленовой пленкой.

Из отдельных секций собираются батареи. Для наглядности взаимосвязь отдельных технологических операций можно представить в виде краткой схемы (см. стр. 252).

**МЕХАНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КОРПУСОВ И КРЫШЕК
РТУТНО-ЦИНКОВЫХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ**

§ 78. Штамповка корпусов и крышек

Корпуса и крышки ртутно-цинковых элементов выполняют функцию токоотводов элемента и являются деталями конструкции элемента, к которым предъявляются жесткие требования от-



носителем размеров и состояния поверхности. Корпус элемента представляет собой конструктивную часть положительного электрода, а крышка — часть отрицательного электрода. Эти детали изготавливаются из листовой стальной ленты марки 08КП ГОСТ 503—61. Толщина ленты выбирается в зависимости от размера элемента. Для изготовления крышек используется более толстая сталь, чем для корпусов. Элементы малых размеров имеют крышку из стали толщиной 0,5 мм, а элементы больших размеров — из стали толщиной 0,9 мм. Для корпусов применяется сталь толщиной 0,3—0,4 мм. Корпуса и крышки изготавливаются путем штамповки стальных полос.

Необходимые по размерам полосы получают разрезанием стальных листов гильотинными или рольными ножницами. Ширина и длина полос контролируется линейкой, а толщина — микрометром. Поверхность нарезанных полос должна быть чистой, без следов ржавчины и вмятин. Стальные полосы протираются сухой ветошью и смазываются веретенным маслом.

Таблица 32

Размеры заготовок и крышек пуговичных ртутно-цинковых элементов

Шифр элемента	Толщина заготовок, мм	Диаметр D до покрытия оловом, мм	Диаметр d до покрытия оловом, мм	Высота H до покрытия оловом, мм	Радиус R	Радиус R_1	Вес, г
РЦ-53	0,5	13,91	12,76	2,66	0,3	0,8	0,9
РЦ-55	0,5	13,91	12,76	4,96	0,3	0,8	1,2
РЦ-3	0,6	18,91	17,66	2,96	0,4	1,0	1,8
РЦ-65	0,6	18,91	17,66	5,26	0,4	1,0	2,3
РЦ-73	0,6	23,41	21,76	3,56	0,4	1,0	2,7
РЦ-75	0,6	23,41	21,76	5,76	0,4	1,0	3,4
РЦ-83	0,9	27,91	23,56	3,96	0,6	1,5	5,6
РЦ-85	0,9	27,91	23,56	6,26	0,6	1,5	6,8

В табл. 32 и на рис. 185 приведены размеры заготовок стальных полос и контрольные размеры крышек ртутно-цинковых элементов.

Изготовление крышек состоит из предварительной штамповки, калибровки до контрольных размеров и обрезания фланца. Размер профиля и высоты крышки контролируется после наладки штампа, а затем каждые 3 ч работы.

Проверка размеров производится на часовом проекторе ЧП-1 по проекторному чертежу. На чертеже имеется поле допуска, в пределах которого габариты крышки соответствуют техническим требованиям. Профиль крышки проверяется на проекторе в 2 взаимно перпендикулярных направлениях. Отштампованные крышки не должны иметь трещин, складок, вмятин, рваных участков. Штамповка производится на кривошипном 10—15-тонном прессе.

Размеры корпусов пуговичных ртутно-цинковых элементов

Шифр элемента	D	d_1	H	h	R_1	R_2	Вес, г
РЦ-53	15,7	13,2	5,95	2,3	0,6	0,7	1,0
РЦ-55			10,9	6,3		0,9	1,4
РЦ-63	21,1	18,4	7,25	3,0	0,7	0,7	2,4
РЦ-65			11,1	6,3		0,9	3,0
РЦ-73	25,6	22,7	8,05	3,5	0,7	0,7	3,2
РЦ-75			11,5	6,3		0,9	4,0
РЦ-83	30,2	27	8,85	4,0	0,7	0,7	4,3
РЦ-85			11,6	6,3		0,9	5,2

В табл. 33 и на рис. 185 приведены размеры корпусов положительных электродов пуговичных ртутно-цинковых элементов.

Детали цилиндрических элементов штампуются несколькими последовательными операциями, которые состоят из вырубki и вытяжки заготовок, промывки деталей в бензине, подрезания верхней кромки заготовки, смазки деталей в ванне, содержащей смазочный состав, и нескольких последовательных штамповок с последующей калибровкой до требуемого размера. Так, например, при штамповке корпусов элементов РЦ-59 производится шесть операций, в течение которых заготовка диаметром 34 мм вытягивается в корпус диаметром 16 мм. Наружные корпус цилиндрических элементов имеют отверстие в донной части, это отверстие также вырубается при отдельной операции штамповки. Между по-

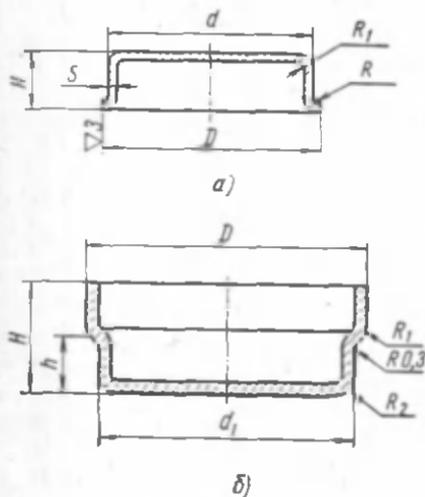


Рис. 185. Контрольные размеры крышки и корпуса пуговичного ртутно-цинкового элемента:

a — крышка, b — корпус;
 D, d — диаметры до гальванического покрытия, H, h — высоты до гальванического покрытия, S — толщина стенки, R, R_1, R_2 — радиусы скругления

следовательными операциями вытяжки производятся промывка деталей в бензине и смазка. Смазочный состав содержит 40% веретенного масла, 40% солидола, 11% талька, 1% серы и спирт. Подрезка торцовой верхней кромки производится на токарных станках. Таким образом, видно, что изготовление корпусов цилиндрических элементов представляет собой многооперационный сложный процесс. Такая технология обеспечивает изготовление деталей с высокой точностью.

Изготовление корпусов пуговичных ртутно-цинковых элементов принципиально не отличается от изготовления крышек. Рассмотрим, как осуществляется штамповка корпуса ртутно-цинкового элемента пуговичной конструкции.

На прессах устанавливается требуемый штамп. На рис. 186 показана схема работы штампа. Представлен момент, когда корпус элемента уже отштампован и верхняя рабочая часть штампа находится в крайнем нижнем положении. В начальный момент штамповки полоса стали ложится на матрицу вырубki заготовки 5. В это время детали штампа 2, 3 и 4 находятся в верхнем положении выше матрицы 5, а детали 6, 8, 9 и 10 — на уровне матрицы 5. При движении

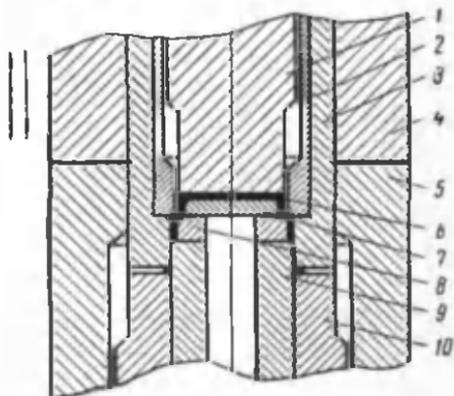


Рис. 186. Штамп для изготовления корпусов ртутно-цинковых пуговичных элементов:

1 — маркиратор-выталкиватель готового корпуса, 2 — вытяжная матрица — втулка малого диаметра корпуса, 3 — пуансон вырубki заготовки и вытяжки корпуса по большому диаметру, 4 — прижим, 5 — матрица вырубki заготовок, 6 — корпус элемента, 7 — грибок вытяжки по малому диаметру, 8 — грибок вытяжки по большому диаметру, 9 — пуансон обрубki корпуса, 10 — прижим-выталкиватель

верхней части штампа вниз деталь 4 прижимает полосу стали и пуансоном 3 выштамповывается заготовка корпуса элемента. Заготовка прижимается с помощью деталей 3 и 10. При дальнейшем движении верхнего блока штампа вниз производится формовка корпуса деталями 3, 4, 7 и 8 по его большому и малому диаметрам. Далее заготовка уже в виде корпуса с отформованным профилем обрубается по контуру деталями 3 и 4.

Одновременно с формовкой корпуса по диаметрам маркиратором-выталкивателем 1 производится маркировка путем вдавливания в металл шрифта маркиратора. При движении верхнего блока штампа вверх с деталями 1, 2, 3 и 4 отштампованный корпус выталкивается из рабочей части штампа деталью 1. После штамповки крышки и корпуса поступают на операцию галтовки.

§ 79. Галтовка корпусов и крышек. Отжиг корпусов

Галтовка представляет собой снятие заусенцев и затупление острых краев деталей. Галтовка крышек производится в металлических барабанах с абразивным карборундовым песком¹ в течение 3—4 ч. Корпуса галтуются в течение 1,5—2 ч в таких же барабанах, заполненных деревянными опилками.

На рис. 187 показаны типы галтовочных барабанов, применяемых при галтовке деталей. Скорость вращения галтовочного барабана не превышает 30—60 об/мин. Она является оптимальной и подбирается таким образом, чтобы происходило максимально интенсивное движение деталей между собой внутри барабана в процессе галтовки.

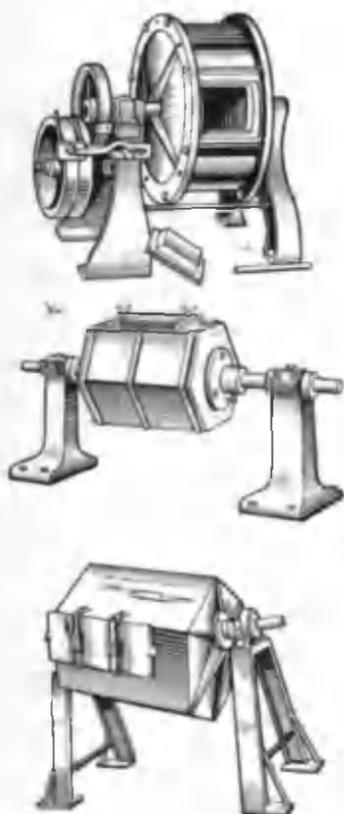


Рис. 187. Галтовочные барабаны

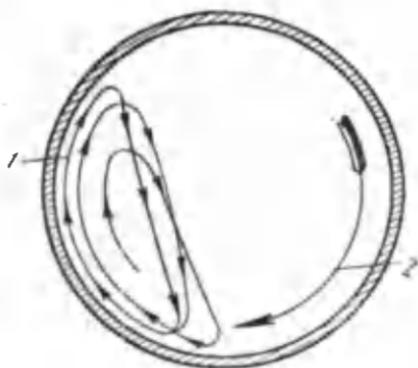


Рис. 188. Схема движения галтуемых деталей и абразивного материала при вращении галтовочного барабана:

1 — направление вращения деталей и абразива, 2 — направление вращения барабана

При вращении галтовочного барабана слои деталей и абразивного материала, которые расположены дальше от оси барабана и описывают большую дугу, имеют линейную скорость больше, чем слои, расположенные ближе к центру. На рис. 188

¹ Карборунд — минерал, содержащий окись влЮмнина. Абразивами называются твердые материалы, применяемые для шлифовки или снятия поверхностного слоя обрабатываемых деталей.

показана схема движения деталей в галтовочном барабане при его вращении по стрелке 2. За счет разности линейных скоростей и пересыпания деталей с абразивным материалом сверху вниз, как показано стрелками 1, поверхности деталей и абразивного материала интенсивно трутся между собой; при таком соприкосновении снимаются заусенцы и притупляются острые кромки галтуемых деталей.

Скорость вращения оказывает большое влияние на качество и продолжительность галтовки. При большой скорости вращения галтовочного барабана детали частично или полностью будут прижиматься центробежной силой к стенкам барабана. Это замедлит или полностью приведет к прекращению процесса галтовки. При слишком малой скорости галтовки детали с абразивными материалами перемещаются относительно друг друга с небольшой скоростью. В таком случае замедляется галтовка, ухудшается качество готовых деталей и снижается производительность оборудования.

Кроме скорости вращения барабана, большое влияние на качество галтовки оказывает степень заполнения его объема галтуемыми деталями и абразивом. Наилучшие результаты галтовки достигаются при заполнении около $2/3$ объема барабана деталями и абразивным материалом. При заполнении барабана менее чем на $2/3$ объема теряется производительность; при заполнении более чем на $2/3$ ухудшается качество галтовки. Если представить себе предельный случай, когда галтовочный барабан полностью заполнен деталями, то никакого движения деталей между собой и абразивным материалом происходить не будет, следовательно, детали не отгалтуются.

При загрузке барабана обычно берут абразивного материала в два раза больше, чем деталей, подлежащих галтовке.

Отгалтованные крышки элементов поступают на гальваническое покрытие, а корпуса предварительно отжигают.

При завальцовке после сборки на корпусе элемента образуется галтель и поясok. Для формирования профиля галтели материал корпуса должен обладать достаточной пластичностью. В процессе штамповки происходит нагартовка корпуса, т. е. увеличение жесткости, называемое «наклепом». Для того чтобы снять этот «наклеп» и придать пластичность материалу, корпуса отжигают в коробах, изготовленных из листовой стали. Отжиг производится в течение 1 ч при $650-750^{\circ}\text{C}$. Детали охлаждаются вместе с коробом, а затем вынимаются и отправляются на гальваническое покрытие. Для снижения степени окисления поверхности корпусов их можно отжигать в вакуумных печах. Эта операция иногда производится после никелирования корпусов.

На рис. 189 показана схема установки для вакуумного отжига корпусов элементов. Установка для отжига в вакууме состоит из муфельной вертикальной печи 3, хромель-алюмелевой

термопары 2, кварцевой ампулы 4, милливольтметра МПЩПЛ-54 1, к которому присоединена термопара, вакуумметра 5, регистрирующего степень вакуумирования, воздуховода с трехходовым краном 6 и вакуумного насоса 7.

При изменении температуры меняется величина термоэлектродвижущей силы, которая измеряется милливольтметром. Милливольтметр имеет градуировку не в вольтах или милливольтгах, а в градусах Цельсия и регистрирует температуру.

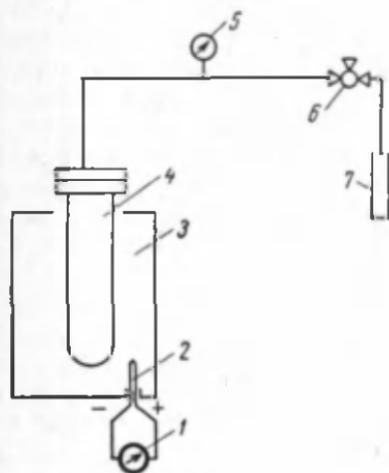


Рис. 189. Вакуумная установка для отжига корпусов ртутно-цинковых элементов:

1 — милливольтметр с температурной градуировкой, 2 — термопара, 3 — муфельная печь, 4 — кварцевая ампула с крышкой, 5 — вакуумметр, 6 — трехходовой кран, 7 — вакуумный насос

Перед отжигом корпусов печь включается в электрическую сеть. Вакуумный насос в течение 20—30 мин работает вхолостую для разогревания находящегося в нем масла. Вакуумный кран при подготовке установки находится в положении, обеспечивающем соединение воздухопровода насоса с атмосферным воздухом. Кварцевая ампула протирается марлей с ватным тампоном, смоченным спиртом и закрепленным на деревянной палочке.

После такой предварительной подготовки корпуса ртутно-цинковых элементов засыпаются в кварцевую ампулу. Верхний уровень засыпанных корпусов не должен превышать 130—150 мм высоты ампулы.

Затем ампула устанавливается горизонтально на специальной подставке стола, а корпуса для лучшего вакуумирования рассыпаются вдоль всей ампулы. Воздухопровод вакуумного насоса присоединяется к крышке ампулы. Кран на воздухопроводе для лучшей герметичности смазывается вакуумной смазкой. Ампула закрывается крышкой и с помощью вакуумного насоса производится отсос воздуха из ампулы до давления $2 \cdot 10^{-2}$ кг/см². Величина давления воздуха измеряется вакуумметром.

Для обеспечения герметичности соединения ампулы с воздухопроводом в выточку обоймы крышки предварительно заливается разогретый вакуумный состав. После достижения требуемого вакуума ампула снимается с подставки стола и осторожно помещается в муфельную печь, нагретую до 500—550° С. Температура в печи доводится до 580—590° С, после чего печь отключается. Этот интервал температур является справочной величиной. Для каждой печи определяется свой интервал температуры

нагревания, который бы обеспечивал инерционное повышение температуры до рабочей величины 590—620° С. Этот инерционный нагрев связан с тем, что муфельная печь имеет толстую футеровку, которая медленно прогревается, поэтому передача тепла от нагревающей спирали внутрь камеры печи происходит не сразу. Инерционность зависит от мощности печи и толщины футеровки.

Корпуса выдерживаются в печи при температуре 590—620° С в течение 10 мин. Затем ампула вынимается из печи и помещается на подставку стола для охлаждения до температуры 15÷80° С. При охлаждении отсос воздуха из кварцевой ампулы не прекращается. После охлаждения ампулы воздухопровод насоса с помощью крана соединяется с атмосферным воздухом, и ампула наполняется воздухом. В момент поворота крана крышка ампулы для предотвращения падения поддерживается рукой. Отожженные корпуса высыпаются в чистую тару. Через каждые 2 загрузки производится тщательная протирка кварцевой ампулы марлей с ватным тампоном, смоченным в спирте.

Готовые корпуса не должны иметь цветов побежалости. Если на поверхности отдельных корпусов обнаруживаются следы окисления, то разбавокке подвергаются 100% корпусов партии. Отожженные корпуса хранятся в чистой опломбированной таре в сухом помещении или отправляются на операцию запрессовки активной массы.

Работа на электропечах производится с соблюдением определенных правил техники безопасности. Не разрешается работать на неисправном оборудовании, прикасаться мокрыми руками к приборам, включенным в электрическую сеть, и загружать в печь мокрые детали.

Отожженные корпуса передаются на участок сборки элементов.

НАНЕСЕНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ НА КОРПУСА И КРЫШКИ РТУТНО-ЦИНКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

§ 80. Нанесение гальванических покрытий при электролизе водных растворов

При пропускании постоянного тока через водные растворы солей, кислот и щелочей происходит электрохимическое разложение веществ на электродах, погруженных в раствор. В некоторых случаях разлагается растворенное вещество, в других случаях — вода. Разложение вещества под действием постоянного электрического тока называется *электролизом*. На положительном электроде происходит окисление, а на отрицательном — восстановление. Таким образом, при электролизе окислительно-восстановительные процессы протекают в обратном направлении по

сравнению с процессами в гальванических элементах. Так, например, в элементе во время разряда окисление происходит на отрицательном электроде, а при электролизе этот процесс осуществляется на положительном электроде.

Закономерности электролиза были исследованы впервые Фа-радеем. Он также впервые предложил называть ванну, в кото-рой происходит электролиз, *электролизером*.

Рассмотрим процессы при электролизе солей никеля, напри-мер сернокислого никеля NiSO_4 , в том случае, когда положи-тельный электрод представляет собой никелевую пластину, а отрицательный электрод сделан из железа, стали или меди. В водном растворе сернокислый никель диссоциирует на ионы



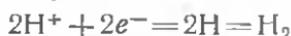
Вода, частично, также образует ионы



На отрицательном электроде при пропускании электрическо-го тока происходит разряд ионов Ni^{+2}



и образование никелевого гальванического покрытия. Из-за большого перенапряжения при разряде ионов водорода образо-вание газообразного водорода

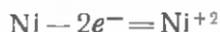


происходит значительно труднее.

На положительном электроде происходит окисление гидро-кисльных групп OH^-



Разряд ионов SO_4^{-2} обычно не происходит, но кроме образования кислорода протекает процесс окисления



при котором ионы никеля поступают в раствор. Окисление нике-ля происходит вследствие того, что потенциал положительного электрода при пропускании тока сдвигается в положительную сторону от своей равновесной величины. Таким образом, полез-ным процессом при электролизе солей никеля является образо-вание никелевого покрытия на отрицательном электроде и рас-творение никеля, поддерживающее относительное постоянство концентрации ионов Ni^{+2} в растворе.

Так как перенапряжение при выделении водорода из раство-ров зависит от концентрации раствора, величины рН, плотности

тока, температуры, присутствия адсорбирующихся примесей, то все эти факторы оказывают влияние на качество гальванических покрытий.

Гальваническое покрытие оловом, т. е. электрохимическое лужение, осуществляется при пропускании электрического тока через раствор солей олова и имеет аналогичные закономерности, как и процессы никелирования.

При никелировании и лужении детали подвешиваются в электролизере к отрицательному электроду. Для того чтобы получить ровное прочное гальваническое покрытие, поверхность деталей предварительно обезжиривается для удаления следов масел и травится для растворения окислов.

§ 81. Обезжиривание корпусов и крышек элементов

Крышки и корпуса ртутно-цинковых элементов после штамповки и галтовки на своей поверхности имеют следы масла. Удаление масла, т. е. обезжиривание, проводится химическим или электрохимическим способом.

Химическое обезжиривание заключается в обработке деталей в бензине БР-1 или Б-70 при комнатной температуре. Детали погружаются в решетчатых корзинах (рис. 190) в ванну с бензином, затем корзины с деталями вынимаются из ванны, встряхиваются для удаления капель бензина и остатков грязи и вновь опускаются во вторую ванну с более чистым бензином. После кратковременной промывки во второй ванне крышки и корпуса вынимают из корзины и высушивают на воздухе. Возможно обезжиривание в растворе, содержащем 80—100 г/л едкого натра (NaOH), 30—40 г/л тринатрийфосфата ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) (ГОСТ 201—58) и 40—50 г/л «контакта Петрова»¹. Применяется также раствор, в котором находится 100—150 г/л едкого натра (ГОСТ 2263—59), 30—50 г/л углекислого натрия (Na_2CO_3) (ГОСТ 5100—64) и 5—10 г жидкого стекла (ГОСТ 13078—67). «Контакт Петрова» состоит из поверхностно-активных веществ (ПАВ). Поверхностно-активными веществами называют соединения, адсорбирующиеся на поверхности твердых веществ и снижающие поверхностное натяжение. Эти вещества значительно ускоряют процесс обезжиривания, способствуют повышению смачиваемости поверхности деталей раствором. Химическое обезжиривание проводится при температуре раствора 60—90°С и длится 10—60 мин. Длительность обезжиривания зависит от степени загрязнения поверхности крышек и корпусов и сокращается при перемешивании раствора.

¹ «Контакт Петрова» — техническое название одного из продуктов переработки нефти, являющегося смачивающим средством.

Электрохимическое обезжиривание заключается в обработке деталей в растворах при пропускании электрического тока; детали подвешиваются к положительному или отрицательному электроду. Электролит для электрохимического обезжиривания содержит 50—70 г/л тринатрийфосфата, 30—50 г/л едкого натра, 20—30 г/л углекислого натрия и 10—15 г/л жидко-



Рис. 190. Решетчатые корзины для обезжиривания деталей перед гальваническим покрытием

го стекла. Сначала обезжиривание производится в течение 5—10 мин при загрузке деталей на отрицательном электроде. Температура раствора в ванне 65—70° С. Затем при переключении рубильника изменяется полярность и детали обезжириваются на положительном электроде в течение 1 мин. Обезжиривание производится при плотности тока 5—10 а/дм².

Обезжиривание в основном заключается в механическом удалении пузырьками водорода или кислорода частиц грязи и в растворении жиров.

На рис. 191 показана ванна электрохимического обезжиривания, имеющая систему обогрева 2 и снабженная для вентиля-

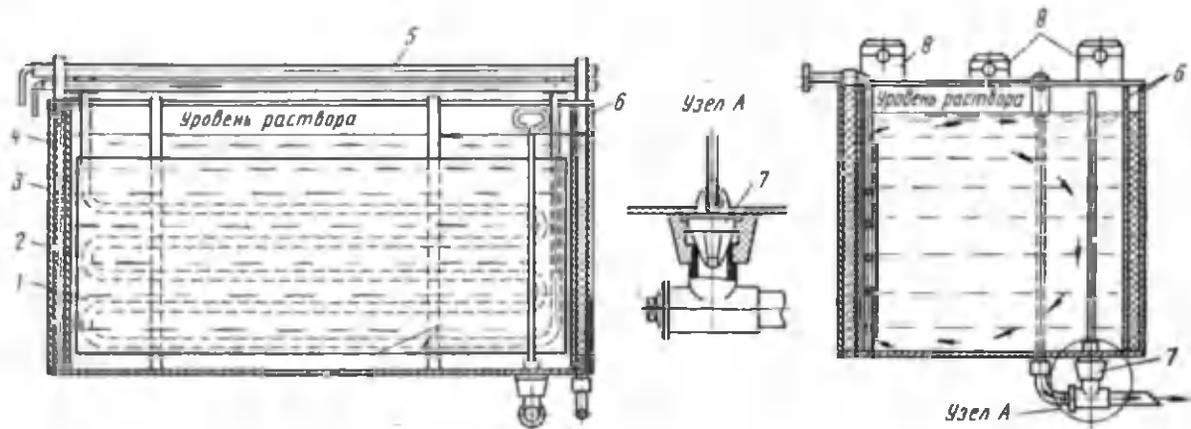


Рис. 191. Ванна для обезжиривания:

1 — железный электрод, 2 — змеевик, 3 — теплоизоляционный слой, 4 — корпус ванны, 5 — штанги, 6 — сливной ящик, 7 — устройство для спуска раствора, 8 — изоляторы

ции бортовыми отсосами. Корпус 4 ванны изготавливается из стали. Для уменьшения потерь тепла в окружающий воздух ванна имеет теплоизоляционный слой 3. Положительные электроды 1 для ванн электрохимического обезжиривания изготавливаются из стали или железа, нерастворимых в щелочных растворах.

Железный электрод подвешивается на штанге 5, укрепленной на изоляторах 8. К штанге присоединяется провод от выпрямителя. Отрицательный электрод имеет аналогичную конструкцию.

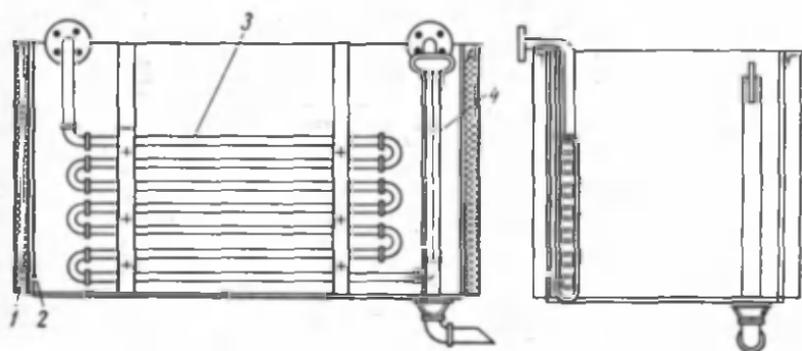


Рис. 192. Ванна для горячей промывки деталей:

1 — теплоизоляционный слой, 2 — корпус ванны, 3 — змеевик, 4 — устройство для слива

После обезжиривания производится промывка корпусов и крышек в течение 10—30 сек в горячей воде, имеющей температуру 60—90° С. В течение этой промывки с поверхности деталей удаляются продукты растворения жиров и компоненты обезжиривающего раствора. После горячей промывки корпуса и крышки промывают в течение 10—15 сек в холодной воде. После полного обезжиривания вода равномерно смачивает поверхность деталей. На рис. 192 и 193 показано оборудование, применяемое для горячей и холодной промывки.

Ванна для горячей промывки (см. рис. 192) имеет теплоизоляционный слой 1, змеевик 3, с помощью которого осуществляется подогрев воды, находящейся в корпусе ванны 2. Через сливное устройство 4 избыточное количество воды удаляется из ванны. Ванна для холодной промывки (рис. 193) не имеет теплоизоляционного слоя. Перемешивание воды осуществляется продуванием (барботажем) воздуха через раствор. Воздух поступает в раствор из перфорированной трубы 3. Поддержание постоянства уровня обеспечивается сливным устройством 1.

Промытые детали поступают на операции травления и декапирования.

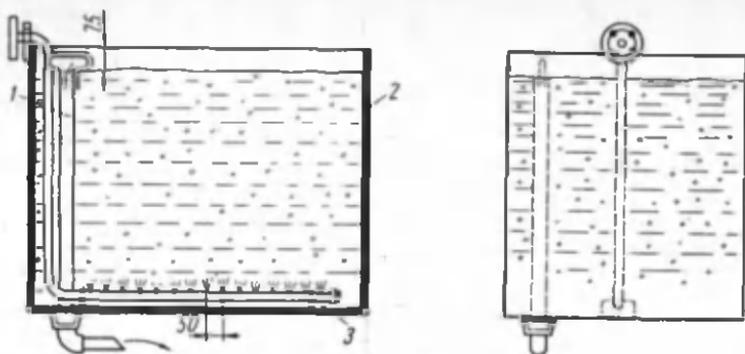


Рис. 193. Ванна для холодной промывки:

1 — устройство для слива, 2 — корпус ванны, 3 — устройство подачи воздуха для перемешивания

§ 82. Химическое травление и декапирование корпусов и крышек элементов

Химическое травление производится перед нанесением гальванических покрытий и проводится с целью очистки поверхности деталей от толстых налетов окислов, ржавчины или окалины, возникающих при отжиге. Травление должно производиться после тщательной очистки поверхностей деталей от масел и загрязнений. Химическое травление заключается в обработке поверхностей деталей в травильном растворе соответствующей концентрации в течение определенного времени и при заданной температуре.

Для предохранения поверхности металла от неравномерного травления, а также от перетравливания и наводороживания в травильный раствор вводят травильные присадки КС и ЧМ (ингибиторы), замедляющие растворение металла, но не влияющие на скорость растворения окалины.

Наводороживание поверхности представляет собой процесс накопления водорода в поверхностном слое металла, приводящий к изменению структуры и механических свойств поверхностного слоя металла. В качестве присадок используются различные органические или неорганические вещества, вводимые в травильный раствор в количестве от 0,1 до 5%. Для травления пользуются соляной кислотой (ГОСТ 1382—42) из расчета 100—150 г/л раствора. Операция производится при температуре 15—25° С. Возможно применение травильных растворов другого состава, например растворов, содержащих серную и соляную кислоту.

Окончание процесса травления определяется визуально по отсутствию на деталях толстого слоя ржавчины, окалины. Длительность травления зависит от состояния поверхности. После

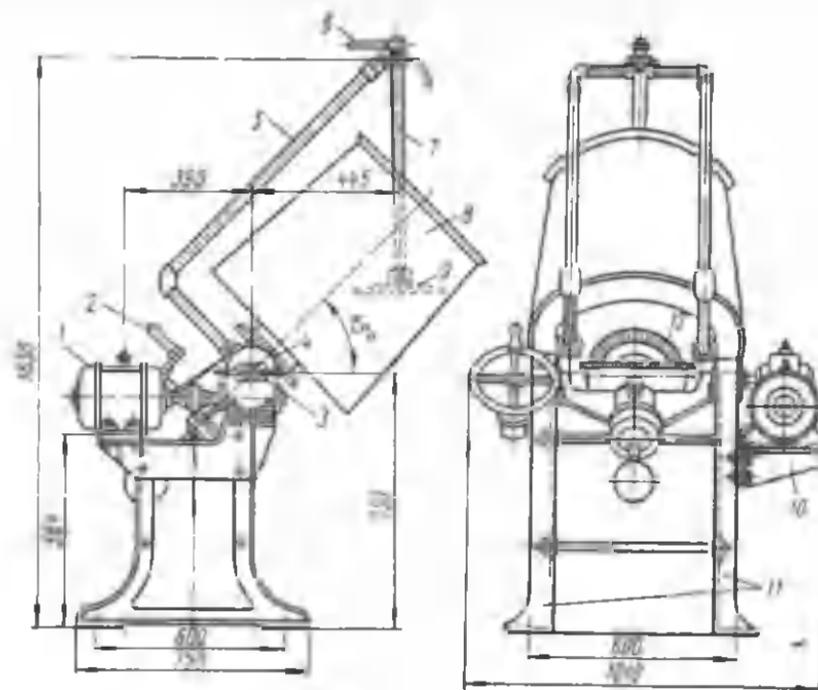


Рис. 194. Конструкция колокола для никелирования корпусов ртутно-цинковых элементов:

1 — электродвигатель, 2 — штурвал для наклона колокола, 3 — редуктор, 4 — медное кольцо — токопровод отрицательного электрода, 5 — держатель штанги, 6 — токопровод положительного электрода, 7 — штанга для крепления положительного электрода, 8 — положительный электрод в виде никелевой пластины, 9 — корпус, 10 — хронштейн, 11 — стойка, 12 — конические шестерни

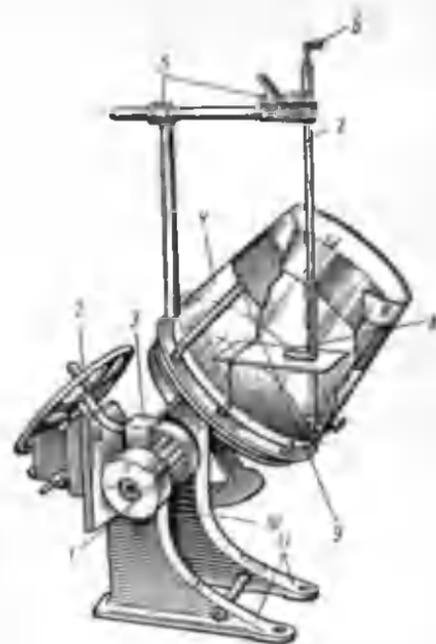


Рис. 195. Внешний вид колокола для никелирования корпусов ртутно-цинковых элементов:

1 — электродвигатель, 2 — штурвал для наклона колокола, 3 — редуктор, 4 — корпус, 5 — держатели штанги, 6 — токопровод положительного электрода, 7 — штанга для крепления положительного электрода, 8 — положительный электрод в виде никелевой пластины, 9 — токопровод отрицательного электрода, 10 — хронштейн, 11 — стойки

кончания травления крышки и корпуса промывают в холодной воде в течение 10—15 сек.

Даже во время кратковременного хранения или транспортировки протравленные корпуса и крышки ртутно-цинковых элементов могут немного окисляться. Для снятия такого небольшого невидимого глазом налета окислов применяют *декапирование*. Эта операция заключается в обработке деталей в разбавленном растворе соляной кислоты — 50—100 г/л в течение 1—3 мин. Декапирование производится в ваннах при комнатной температуре. При декапировании выявляется кристаллическая структура металла, что благоприятно сказывается на прочности сцепления алеванического покрытия с металлом — основой.

После декапирования детали промывают в холодной воде и поступают непосредственно на операцию нанесения гальванического покрытия. Корпуса никелируют, а крышки лудят.

§ 83. Гальваническое никелирование корпусов

Никелирование корпусов ртутно-цинковых элементов производится в гальванических ваннах разнообразной конструкции.

На рис. 194 показана конструкция колокола для никелирования корпусов ртутно-цинковых элементов.

Корпус 8 колокола изготавливается из эбонита, вишпаласта, дерева или гуммированной стали и устанавливается на чугунных стойках 11. Колокол вращается со скоростью 10 об/мин через редуктор 3 от электрического двигателя 1. При разгрузке колокол наклоняют с помощью штурвала 2, детали с нанесенным никелевым покрытием высыпают на сетку, а раствор выливают в специальный бак. Колокол снабжается штангами 7 для крепления положительного никелевого электрода 9, имеющего форму пластины. Токоотводом отрицательного электрода, на который завешиваются никелируемые детали, является медное кольцо 4.

Внешний вид колокола для никелирования показан на рис. 195.

Для никелирования применяются также перфорированные

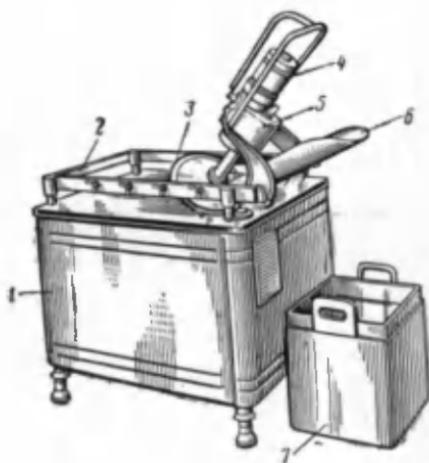


Рис. 196. Ванна с колоколом:

1 — ванна, 2 — штурвал, 3 — колокол, погруженный в ванну, 4 — двигатель, 5 — редуктор, 6 — лоток, 7 — бак для электролита

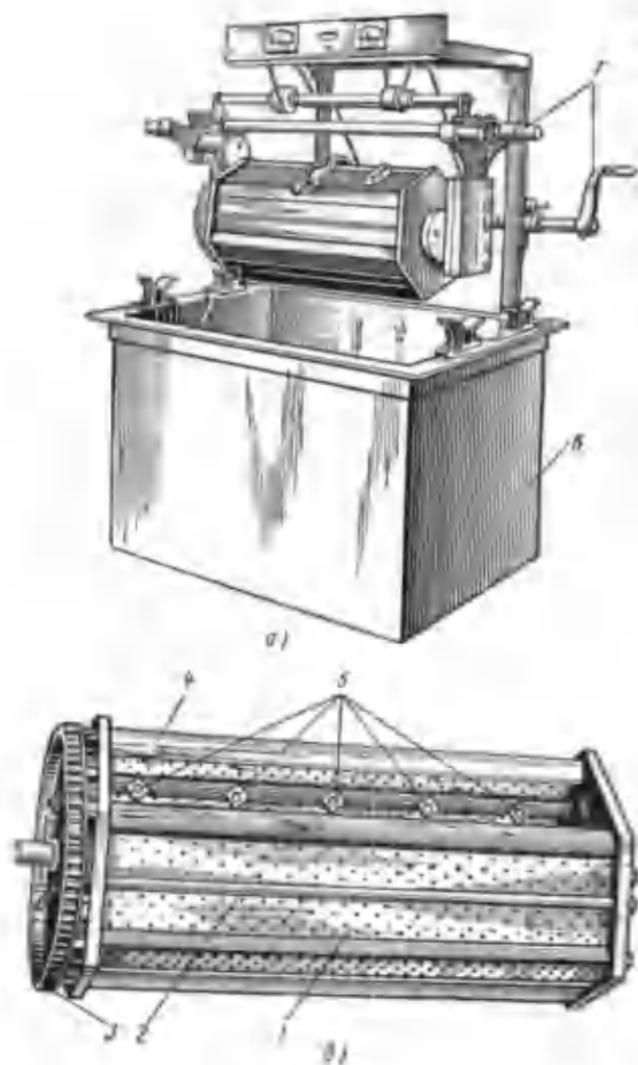


Рис. 197. Гальваническая ванна с барабаном:
a — внешний вид ванны; *б* — внешний вид барабана;
1 — стенка барабана из перфорированного фторопласта, *2* —
 скрепляющий стержень, *3* — шестерня, *4* — токопроводящие
 пластины, *5* — контакты, *6* — ванна, *7* — подъемное устрой-
 ство

згружаемые колокола с ваннами, показанные на рис. 196. Та-
 же устройства представляют собой наклонно расположенный ко-
 шол 3, погружаемый в ванну 1 с раствором. Колокол вращается
 с скоростью 5—10 об/мин внутри неподвижно расположенной
 ванны. Вращательное движение обеспечивается двигателем 4 с
 редуктором 5. При разгрузке колокола электролит сливается в
 бак 7.

Кроме колоколов, для ни-
 елирования корпусов ртут-
 о-цинковых элементов ис-
 ользуются ванны с перфо-
 ированными барабанами
 рис. 197). Барабаны на $\frac{2}{3}$
 воего объема загружаются
 еталями, которые требуются
 окрыть никелем. Барабаны
 имеют индивидуальный при-
 од от электрического двига-
 еля, укрепленного на крон-
 шейне, расположенном на
 стенке ванны. Для изготов-
 ения барабанов применяют-
 ся фторопласт и полипропи-
 лен.

Барабанные ванны снаб-
 жаются ручным подъемным
 устройством 7, позволяющим
 легко вынимать барабан из
 ванны 6. На небольших про-
 изводствах применяются пе-
 носные ручные барабаны
 (рис. 198), которые можно
 использовать для никелиро-

вания корпусов ртутно-цинковых элементов в небольших ваннах.
 Загрузка и выгрузка деталей из барабана производятся через
 люк в стенке барабана. Ручные барабаны имеют перфорирован-
 ный корпус 4, который вращается через шестеренчатую передачу
 3 от двигателя 1 с редуктором 2.

Никелирование производится в растворе, который содержит:
 170—210 г/л сернокислого никеля $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (ГОСТ 4465—
 61), 50—70 г/л сернокислого натрия $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (ГОСТ
 4171—48), 30—50 г/л сернокислого магния $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (ГОСТ
 4523—48), 20—30 г/л борной кислоты (ГОСТ 2629—44) и 7—
 12 г/л хлористого натрия (ГОСТ 153—57).

Сернокислый магний и сернокислый натрий предназначаются
 для повышения электропроводности раствора, хлористый нат-
 рий — для повышения растворимости никелевого электрода, а

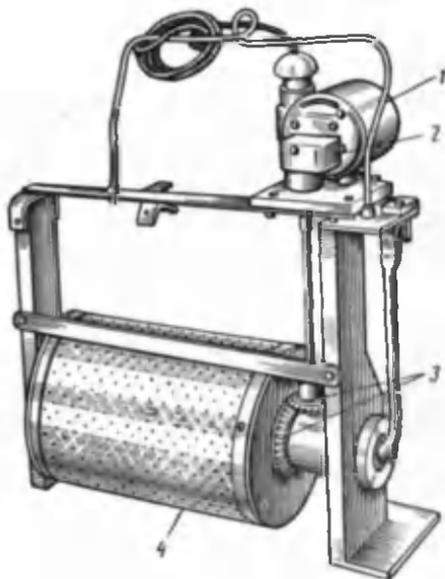


Рис. 198. Переносной барабан для
 гальванического покрытия:

1 — двигатель, 2 — редуктор, 3 — шестерен-
 чатая передача, 4 — перфорированный кор-
 пус барабана

борная кислота способствует поддержанию постоянной величины рН. Все компоненты растворяются в горячей воде, и затем раствор фильтруется.

Кислотность электролита должна быть небольшой, $\text{pH} = 4,0 \div 4,5$. рН раствора устанавливается в начале и в середине процесса с помощью рН-метра, а затем контролируется ориентировочно универсальной индикаторной бумагой.

рН-метр ЛПУ-01 (рис. 199) представляет собой ламповый вольтметр, на входе которого установлена ячейка 2 с двумя

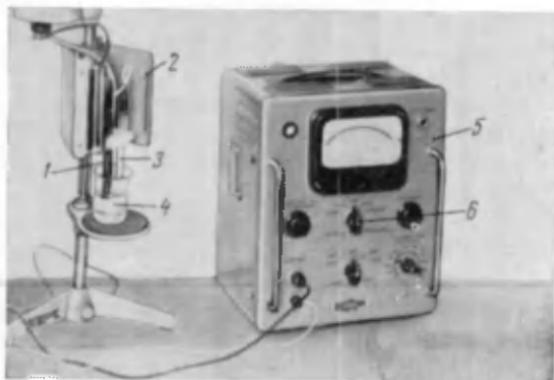


Рис. 199. Измерение рН растворов рН-метром ЛПУ-01:

1 — хлоросеребряный электрод сравнения, 2 — ячейка, 3 — стеклянный электрод, 4 — исследуемый раствор, 5 — измерительный блок рН-метра, 6 — переключатель пределов измерения

электродами 1, 3, разность потенциалов которых измеряется прибором. Один из электродов — так называемый «стеклянный электрод» 3 представляет собой стеклянную трубку из особого стекла, через которое могут проникать в небольшом количестве ионы водорода. Внутри трубки помещена платиновая проволока, погруженная в раствор кислоты определенной концентрации. Такая конструкция напоминает водородный электрод. При опускании стеклянного электрода в раствор величина потенциала электрода устанавливается в зависимости от концентрации ионов водорода в растворе. Через стеклянную трубку ионы водорода переходят в измеряемый раствор или в раствор, в который погружена платиновая проволока. Направление движения ионов водорода определяется разностью концентраций этих ионов. рН-метр измеряет потенциал стеклянного электрода относительно второго вспомогательного электрода сравнения. В качестве электрода сравнения используется хлоросеребряный электрод 1 в насыщенном растворе хлористого калия. Шкала прибора гра-

дуирована в единицах рН. рН-метр имеет одну «обзорную» шкалу от 1 до 14 рН и несколько «узких» диапазонов, например 2—6 единиц рН, 6—10 единиц рН и т. д. Выбор пределов измерения производится переключателем 6. При работе прибора для определения рН раствора устанавливается требуемый диапазон измерения.

Значительно менее точно определение рН раствора с помощью индикаторной универсальной бумаги. Такая бумага пропитана смесью веществ, каждое из которых меняет свою окраску при определенном рН измеряемого раствора. При погружении бумажки в исследуемый раствор происходит изменение ее окраски. Окраска бумажки сравнивается с прилагаемой шкалой цветов. Каждому цвету соответствует определенная величина рН.

Качество никелевого покрытия во многом определяется кислотностью раствора. Поэтому не допускается рН выше 5,5. При необходимости доведения рН до меньшей величины добавляется 15—20 мл серной кислоты, предварительно разбавленной в 2—3 л воды. Серная кислота при корректировке раствора добавляется по краям ванны в нескольких местах. Во время процесса, длящегося 6—9 ч, каждые 1,5 ч контролируется кислотность раствора, один раз в неделю контролируется содержание серно-кислого никеля и соединений меди. Содержание соединений меди не должно превышать 0,002 г/л.

В начале процесса на 10 мин устанавливается пониженная плотность тока 0,10—0,13 а/дм², а затем около 0,25 а/дм². В барабанах, рассчитанных на общий ток ванны 30—40 а, помещаются 3900—4000 корпусов элементов РЦ-31, 2000 корпусов элементов РЦ-53, РЦ-55, 1200 корпусов РЦ-63, 1100 корпусов элементов РЦ-65, 800 корпусов элементов РЦ-73 и РЦ-75 или 700 корпусов элементов РЦ-83 и РЦ—85.

После покрытия детали, завернутые по 50—100 шт. в марлю, промывают последовательно в холодной и горячей воде в течение 10—15 сек и опускают в этиловый спирт-ректификат (ГОСТ 5962—51) на 20—40 сек. После обработки спиртом корпуса сушат в токе теплого воздуха или при температуре 30—60° С до полного высыхания.

Никелевое покрытие толщиной 4—6 мк применяется для защиты корпусов от коррозии во время хранения элементов. На токообразующий электрохимический процесс в элементе никелевое покрытие не оказывает никакого влияния. Никель, так же как и железо, не растворяется в щелочном электролите и не принимает участия в реакциях, происходящих при разряде и хранении источника тока. Покрытие наружной поверхности корпуса должно иметь прочное сцепление с основой и быть толщиной не менее 4 мк. На поверхности не допускаются участки, не покрытые никелем, пятна. Пористое покрытие также нежелательно, так как при длительной эксплуатации возможно появление ржавчины на

поверхности элементов. Особое внимание обращается на внутреннюю поверхность стенок корпуса перед запрессовкой положительного электрода. Она должна быть без рисков и раковин, так как корпус с такими дефектами не может обеспечить достаточную герметичность элемента после операции завальцовки.

После никелирования корпуса для обезводороживания поверхностного слоя выдерживают при 200°C в термостате в течение 2 ч. В случае, если после штамповки не проводился отжиг, необходимо провести его после никелирования. Эта операция на разных производствах осуществляется в разный момент общего цикла изготовления корпусов.

§ 84. Гальваническое лужение крышек

Покрытие крышек оловом, на котором перенапряжение выделения водорода велико, позволяет избежать выделения этого газа в элементе при отрицательном потенциале ($-1,22\text{ в}$) цинкового электрода. Олово изолирует поверхность стальной крышки от контакта с электролитом и, следовательно, предотвращает выделение водорода на поверхности железа, имеющего малое перенапряжение выделения водорода.

Лужение производится в стальных ваннах, похожих по конструкции на ванны электрохимического обезжиривания. В ваннах находится щелочный электролит, содержащий 85—110 г/л четыреххлористого олова $\text{SnCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, 8—12 г/л едкого и 10—15 г/л уксуснокислого натрия CH_3COONa (ГОСТ 199—52). Один раз в смену в ванну добавляется 1—2 г/л перекиси водорода H_2O_2 . Едкий натр и уксуснокислый натрий добавляются для поддержания определенной щелочности раствора. Перекись водорода добавляется для предотвращения образования рыхлых оловянных покрытий. Температура раствора поддерживается $70\text{--}80^{\circ}\text{C}$. Перед покрытием крышки ртутно-цинковых элементов монтируются на приспособлениях и завешиваются на штанги отрицательного электрода. Положительные электроды перед началом лужения зачищаются металлической щеткой. Электролиз проводится при плотности тока $0,5\text{--}2\text{ а/дм}^2$. Толщина оловянного покрытия на деталях должна быть 4—6 мк. Обычно такая толщина достигается при плотности тока $0,5\text{ а/дм}^2$ за 3—5 ч. В течение последнего часа процесс ведется при пониженной плотности тока — $0,15\text{ а/дм}^2$.

После окончания лужения крышки промывают в горячей воде при температуре $60\text{--}90^{\circ}\text{C}$ в течение 1—2 мин и в холодной воде в течение 10—15 сек. Промывка производится на таком же оборудовании, которое используется для промывки никелированных корпусов. Промытые крышки высушивают в сушильном шкафу при температуре $60\text{--}70^{\circ}\text{C}$ до полного высыхания, а затем обезводороживают в термостате при 120°C в течение 1 ч. К качеству

лужения, особенно к покрытию внутренней поверхности крышек, предъявляются жесткие требования.

В случае пористого покрытия может происходить обильное газовыделение на участке пор. Значительное выделение водорода в герметичном элементе может привести к его взрыву. Покрытие должно быть равномерным и беспористым. Готовые крышки проверяют на отсутствие пузырей и коррозионную стойкость в контакте с цинком.

Для покрытия крышек вместо олова могут быть использованы другие металлы с высоким перенапряжением водорода, например свинец или кадмий. Однако применяется обычно оловянное покрытие — оно дешевле кадмиевого и прочнее свинцового. Луженые крышки без операции отжига поступают на операцию запрессовки цинкового порошка. Отжиг не проводится, так как в конструкции элемента крышка должна обладать достаточной твердостью и не деформироваться при операции завальцовки элемента.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ РТУТНО-ЦИНКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

§ 85. Приготовление активной массы для положительных электродов

Активная масса положительного электрода состоит из 94—96% красной окиси ртути, 4—6% термически обогащенного графита и 0,08—0,12% поверхностно-активного вещества дубителя № 4.

Окись ртути и графит просеивают для отделения крупных комков. Дубитель № 4 предварительно растирается в ступке, а затем просеивается через мелкое сито.

Красная окись ртути является компонентом активной массы, который при восстановлении до металлической ртути может быть использован для превращения химической энергии в электрическую. Образовавшаяся при разряде металлическая ртуть находится в жидком агрегатном состоянии при температурах эксплуатации элемента и поэтому может достаточно свободно перемещаться внутри элемента. Такое ее передвижение приводит к образованию больших капель ртути, вызывающих межэлектродные внутренние замыкания. Для предотвращения образования крупных капель ртути применяется добавка поверхностно-активного вещества — дубителя № 4¹. Поверхностно-активные ве-

¹ «Дубитель № 4» — техническое название дубящего кожу вещества, которое является сложным органическим синтетическим продуктом.

щества снижают величину поверхностного натяжения и не позволяют сливаться мелко раздробленным каплям ртути в большие капли. Так, в ртутно-цинковых элементах поверхностно-активное вещество дубитель № 4 предохраняет элемент от возникновения межэлектродных замыканий.

Для протекания токообразующей реакции необходимо поступление электронов к каждой частице окиси ртути, которая имеет очень низкую электропроводность в отличие от обычно применяемых разновидностей двуокиси марганца. Электропроводной добавкой, обеспечивающей

подвод электронов при разряде к каждой частице окиси ртути, является графит. Для того чтобы все частицы окиси ртути принимали участие в токообразующей реакции, необходимо равномерное распределение графита во всей активной массе. При плохом перемешивании компонентов наблюдается снижение коэффициента использования окиси ртути и уменьшение емкости источника тока. При равномерном распределении графита коэффициент использования окиси ртути равен 95—100% и значительно превышает величину коэффициента для двуокиси марганца.

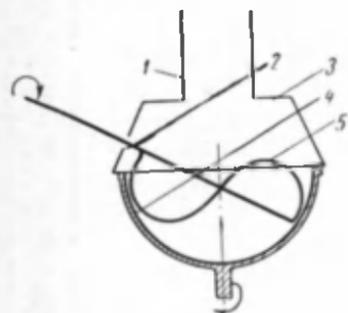


Рис. 200. Схема работы мешалки для приготовления активной массы положительного электрода ртутно-цинковых элементов:

1 — вытяжной воздуховод, 2 — ось лопасти, 3 — вентиляционный зонтик, 4 — чаша, 5 — лопасть

При выборе оборудования для перемешивания компонентов принимают во внимание затруднения, вызванные большой разницей удельных весов окиси ртути и остальных компонентов. Игольчатые кристаллы красной окиси ртути образуют скопления, которые должны при перемешивании разрушиться, в промежутки между кристаллами должны попасть частицы графита.

Необходимая степень смешения компонентов не достигается при использовании смесителей барабанного типа, так как тяжелая окись ртути будет находиться ниже графита и при вращении барабана будет скользить по его внутренней поверхности стенок. Из-за такого распределения компонентов невозможно добиться равномерного распределения графита во всей активной массе.

Хорошая степень смешения получается во вращающихся лопастных мешалках, схема работы которых приведена на рис. 200. Отвешенное количество компонентов активной массы загружается в лопастную мешалку. Мешалка состоит из вращающейся чаши 4 и вращающихся лопастей 5. Ось лопасти 2

располагается под углом 60° к вертикальной оси вращения чаши. Лопасть 5 имеет кривизну такого же профиля, как и внутренняя поверхность чаши, и располагается на расстоянии 5—10 мм от этой поверхности. Над мешалкой находится вентиляционный зонт 3 с вытяжным воздуховодом 1. Пылевидные частицы компонентов активной массы уносятся через зонт и воздуховод, предотвращая загрязнение воздуха рабочего помещения ядовитыми ртутными соединениями.

Такая конструкция мешалки обеспечивает в течение 40—60 мин необходимую степень смешения окиси ртути с графитом и дубителем № 4. При работе мешалки в ней отсутствуют зоны, в которых находились бы неподвижные или разделенные по удельному весу компоненты. Вращающаяся чаша перемещает смешиваемые вещества по кругу, а лопасти перетирают компоненты, передвигая их снизу вверх и сверху вниз.

Для предотвращения загрязнения воздуха ядовитой пылью окиси ртути вращающаяся мешалка устанавливается под вентиляционным зонтом, который соединяется с вытяжной вентиляционной системой воздуховодом 1. Скорость воздуха в воздуховоде выбирается с таким расчетом, чтобы графит при перемешивании не выдувался воздухом из активной массы, так как в противном случае возможно обеднение смеси графитом. С другой стороны, с целью предотвращения запыления помещения окисью ртути газообмен в помещении должен быть достаточно высок для удаления пылевидной окиси ртути.

Внешний вид мешалки показан на рис. 201.

После сухого перемешивания активной масса поступает на операции дозировки и запрессовки смеси в корпуса элементов, т. е. на операцию изготовления положительных электродов ртутно-цинковых элементов.



Рис. 201. Внешний вид мешалки для приготовления активной массы положительного электрода ртутно-цинковых элементов:

1 — ось лопасти, 2 — лопасть, 3 — вытяжной воздуховод, 4 — вентиляционный зонт, 5 — чаша

Следует обратить внимание, что в отличие от агломератной смеси марганцево-цинковых элементов для ртутно-цинковых источников тока используется активная масса, которая не увлажняется электролитом.

§ 86. Дозирование и запрессовка активной массы в корпус элемента

Ртутно-цинковые гальванические элементы характерны длительным сроком хранения. Однако элементы имеют большую сохранность только при тщательном соблюдении всех технологических операций и прежде всего операций изготовления электродов. При изготовлении электродов необходимо соблюдать чистоту и аккуратность, работа должна проводиться в отдельных помещениях, в которых не разрешается изготовление источников тока других электрохимических систем.

Положительный электрод ртутно-цинковых элементов изготавливается путем запрессовки активной массы в никелированный корпус элемента.

Корпуса элементов протираются марлей, смоченной в бензине, для удаления следов масел и грязи. При ручной запрессовке активная масса взвешивается на весах ВР-20 2-го класса точности или на химико-технических весах ТВ-200. В табл. 34 приведены величины навесок активной массы, вес электрода и высота запрессованной массы в электроде разных ртутно-цинковых элементов.

Таблица 34

Габариты и вес окисно-ртутных электродов пуговичных элементов

Шифр элемента	Диаметр, мм	Высота, мм	Вес массы, г	Общий вес, г
РЦ-53	13,3	1,8	1,5	2,5
РЦ-55		3,8	3,95	5,35
РЦ-63	18,5	2,5	4	6,4
РЦ-65		4,15	7,8	10,8
РЦ-73	22,8	2,4	6,3	9,5
РЦ-75		4,25	12,1	16,1
РЦ-83	27,1	2,75	10,2	14,5
РЦ-85		4,45	11,0	22,2

На рис. 202 показана прессформа для ручной запрессовки активной массы в положительный электрод.

Отвешенное или отмеренное по объему количество активной массы засыпается в корпус элемента 5 через трубку 3 прессформы. Запрессовка активной массы производится на гидравлическом прессе за один ход без выдержки при промежуточном давлении. Прессформа помещается на рабочие плиты пресса.

Пуансоном 1 активная масса запрессовывается в корпус элемента, затем давление снимается.левой рукой рабочий снимает прессформу с плиты пресса и поднимает пуансон 1 с трубкой 3, правой вынимает готовый электрод вместе с выталкивателем 6 и матрицей 7. Мягким ударом о рабочий стол выталкивателем 6 электрод извлекается из матрицы 7. Для изготовления следующего электрода производится сборка прессформы. В матрицу 7 вставляется выталкиватель 6 и корпус следующего электрода. Корпус совместно с деталями 6 и 7 устанавливается в углубление нижней плиты 8. Трубка 3 без пуансона 1 опускается в корпус. Через трубку 3 засыпается новая порция активной массы, вставляется пуансон 1, и операция запрессовки повторяется.

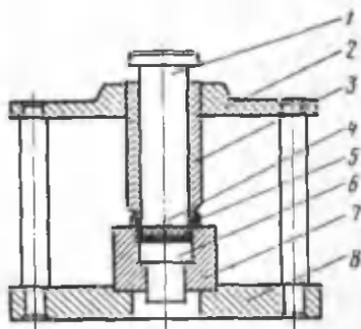


Рис. 202. Прессформа для запрессовки активной массы в корпус ртутно-цинкового элемента:

1 — пуансон, 2 — верхняя плита, 3 — трубка, 4 — активная масса, 6 — корпус положительного электрода, 6 — выталкиватель, 7 — матрица, 8 — нижняя плита

Рассмотрим устройство гидравлического ручного пресса, на котором прессуют положительные электроды ртутно-цинковых элементов. На рис. 203 показан внешний вид гидравлического пресса. Пресс со-

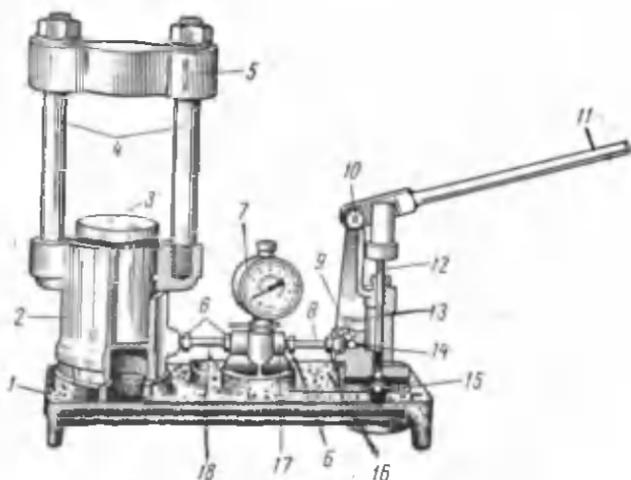


Рис. 203. Ручной гидравлический пресс:

1 — подставка, 2 — большой цилиндр, 3 — нижняя плита, 4 — колонки крепления верхней плиты, 5 — верхняя плита, 6 — сальник, 7 — манометр, 8, 18 — соединительные трубки, 9 — пружина, 10 — ось, 11 — рукоятка, 12 — поршень, 13 — насос, 14 — нагнетающий вентиль, 15 — всасывающий вентиль, 16 — бак для масла, 17 — крестообразная колонка

стоит из большого цилиндра 2, крестообразной колонки 17 с манометром 7 и предохранительным клапаном, малого цилиндра с насосом 13, бака для масла 16, подставки 1 и рукоятки 11. В большом цилиндре 2 движется поршень с плитой 3. Поршень плотно подгоняется к цилиндру в верхней его части с помощью прокладки «манжета», создающей уплотнение между стенками цилиндра и поршня. На стенке цилиндра находится вентиль для выпуска воздуха из цилиндра.

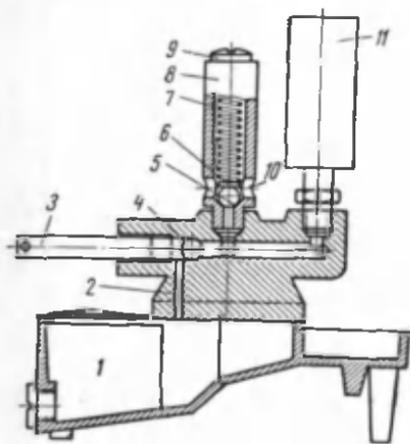


Рис. 204. Конструкция крестообразной колонки ручного гидравлического пресса:

1 — бак для масла, 2 — канал, 3 — вентиль, 4 — шарик, 5 — седло клапана, 6 — предохранительный клапан, 7 — пружина, 8 — железная трубка, 9 — регулировочный винт, 10 — отверстие, 11 — манометр

выпускания воздуха из цилиндра. Над поршнем укреплена на двух прочных железных колонках верхняя плита 5. На этих стержнях имеются поперечные риски, показывающие предельную высоту подъема поршня с нижней плитой.

Конструкция центральной части крестообразной колонки показана на рис. 204 в разрезе. Железная трубка 8 крестообразной колонки имеет предохранительный клапан 6 и вентиль 3 для сливания масла из цилиндра. Клапан представляет собой шарик диаметром 8 мм, прижимаемый к седлу 5 спиральной пружиной 7. Давление пружины регулируется винтом 9. Масло, накопившееся в трубке, при открывании клапана выливается из трубки через отверстие 10 в ее боковых стенках. Вентиль 3 при ввинчивании надавливает на стальной шарик 4, который в этот момент запирает отверстие для выхода масла из цилиндра. При отвертывании вентиля шарик отходит от седла и масло через канал 2 переходит из цилиндра в бак 1. Колонка соединяется с большим и малым цилиндрами (см. рис. 203) соединительными трубками 8 и 18, концы которых входят в сальники 6.

Малый цилиндр с поршнем предназначен для нагнетания масла и является одновременно насосом для подачи масла в пресс. На рис. 205 показана конструкция малого цилиндра. Поршень 5 насоса приводится в движение рукояткой 4, образующей рычаг с осью 3. Всасывающий клапан и нагнетающий клапан 9 образованы стальными шариками. Движение всасывающего клапана вверх ограничено предохранительной крестообразной пластиной 1, нагнетательный клапан прижимается к седлу спиральной пружиной 2, которая быстро закрывает клапан при

остановке поршня. Такое устройство клапанов обеспечивает бесперебойную работу насоса. Масло поступает в насос через вертикальную всасывающую трубку 11, расположенную под каналом насоса и доходящую нижним концом почти до дна бака. Из насоса в цилиндр масло поступает через трубки 8 и 18 (см. рис. 203), а из цилиндра — в бак через трубку 8 при отвертывании вентиля.

Рассмотрим работу пресса. При поднимании вверх рукоятки в малом цилиндре образуется разреженное пространство и атмосферное давление или давление масла в большом цилиндре прижимает клапан и перекрывает отверстие цилиндра. Атмосферное давление, действующее на масло в баке, поднимает клапан и масло входит в малый цилиндр. При опускании рукоятки масло давит на нижний клапан, прижимает его и закрывает трубку, ведущую в бак. Когда давление малого поршня на масло будет больше давления под большим поршнем, клапан 9 (см. рис. 205) поднимается, пропускает масло в большой цилиндр, заставляя большой поршень подниматься. Если между нижней и верхней плитами пресса располагается прессформа, то на пуансон будет действовать сила, величина которой зависит от давления на малый поршень и от соотношения площадей большого и малого поршней.

Перед работой мягкой тряпкой протирается бак для масла с целью удаления соринки. В бак заливается 500 см³ веретенного масла. Правильная работа пресса зависит от чистоты масла. Мельчайшие твердые частицы, попавшие с маслом в клапаны пресса, являются причиной пропуска масла, при котором насос плохо работает, а пресс не «держит» давления. Загрязненное масло перед заполнением бака фильтруется в подогретом состоянии через марлю. При работе и хранении бак закрывается крышкой для предохранения масла от загрязнения.

Большой поршень начинает двигаться после удаления воздуха из цилиндра и заполнения его маслом. Для удаления воздуха предназначается винтовая пробка, расположенная в верхней части большого цилиндра с задней стороны. Винт отвертывается против часовой стрелки на 2—3 оборота, закрывается

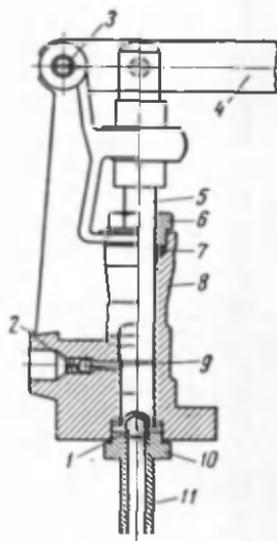


Рис. 205. Конструкция малого цилиндра ручного гидравлического пресса:

- 1 — крестовидная пластина, 2 — спиральная пружина, 3 — ось, 4 — рукоятка, 5 — поршень, 6 — гайка сальника, 7 — сальник, 8 — насос, 9 — нагнетательный клапан, 10 — канал всасывающей трубки, 11 — всасывающая трубка

сливной вентиль, расположенный на колонке. Затем рукояткой рычаг насоса приводится в движение, при этом воздух выходит через пробку с легким шипением до тех пор, пока цилиндр не будет заполнен маслом. Когда около пробки появится масло, пробка плотно завинчивается. Между плитами пресса устанавливается прессформа с корпусом элемента и активной массой. При повторяющихся движениях рукоятки пресса происходит за-



Рис. 206. Автомат запрессовки активной массы в корпус ртутно-цинкового элемента:

1 — ротор запрессовки таблеток в корпус элемента, 2 — ротор прессовки таблеток

прессовывание активной массы в корпус ртутно-цинкового элемента. После запрессовки открывают сливной кран, масло устремляется в бак, а поршень большого цилиндра опускается. Прессформа вынимается из-под пресса и подготавливается к повторению цикла запрессовки.

При механизированном изготовлении положительных электродов ртутно-цинковых элементов применяются роторные автоматы. Внешний вид такого автомата показан на рис. 206. Активная масса и корпуса положительных электродов находятся в бункерах, расположенных за рабочими роторами 1 и 2. На роторе 2 происходит прессование таблеток из активной массы. В ротор прессования таблеток поступает автоматически отмеренное по объему количество агломератной массы. Затем происходит прессование таблеток. Спрессованные таблетки направ-

ляются в корпуса элементов. Корпуса элементов в ориентированном положении попадают из бункера в рабочий блок-инструмент ротора запрессовки 1. В этом роторе происходит распрессовка таблеток внутри корпусов элементов.

Автомат снабжается двумя электрическими двигателями, один из них приводит в движение узлы и детали роторов, а другой предназначается для гидравлической системы, с помощью которой происходит прессование таблеток и запрессовка их в корпус.

У готовых положительных электродов ртутно-цинковых элементов проверяются вес и высота запрессованной активной массы. При проверке высоты пользуются специальным индикатором. На рис. 207 показано измерение высоты детали с помощью индикатора. На штанге 6 винтом 9 крепится кронштейн 3. На кронштейне винтом 10 закреплен индикатор, который имеет два циферблата. Малый циферблат 8 показывает высоту измеряемой детали в миллиметрах, а большой циферблат 4 — в сотых долях миллиметра. Шток индикатора своей нижней заостренной частью 2 с помощью пружины, находящейся внутри индикатора, упирается в измеряемую деталь. Измеряемая деталь 1 располагается на шлифованной подставке 11, неподвижно укрепленной на основании 12.

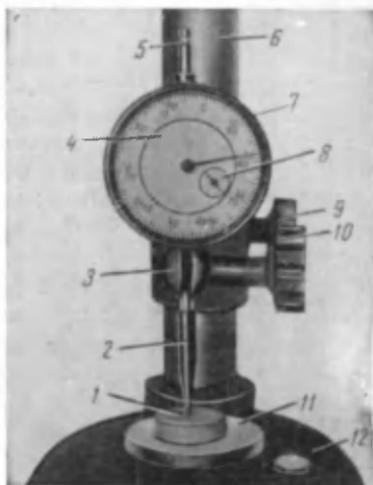


Рис. 207. Индикатор для измерения высоты деталей ртутно-цинковых элементов:

- 1 — измеряемая деталь, 2 — нижняя часть штока, 3 — кронштейн, 4 — большой циферблат, 5 — верхняя часть штока, 6 — штанга, 7 — оправка большого циферблата, 8 — малый циферблат, 9 — винт крепления кронштейна, 10 — винт крепления индикатора, 11 — подставка, 12 — основание

Перед измерением индикатор устанавливают на нулевое деление, для чего кронштейн ставится таким образом, чтобы шток индикатора слегка касался подставки, а стрелка малого циферблата стояла против нулевого деления. Затем, вращая оправку 7 большого циферблата, поворачивают этот циферблат относительно неподвижно стоящей стрелки так, чтобы нулевое деление большого циферблата совпало со стрелкой. После установки нулевого положения левой рукой шток поднимается за свою верхнюю часть 5, при этом стрелки индикатора приходят в движение. Стрелка большого циферблата вращается слева направо, а стрелка малого циферблата — в противоположную сторону. Правой рукой на подставку 11 помещается

измеряемая деталь 1 (на рисунке в качестве примера показано измерение высоты крышки элемента РЦ-83), и шток опускается до соприкосновения своей острой нижней части с измеряемой деталью. По показанию стрелок на циферблатах отсчитывается высота детали. На рисунке индикатор показывает высоту 6,18 мм.

Извешивание положительных электродов производится на химико-технических весах.

Поверхность запрессованной массы в корпусе элемента должна быть ровной, гладкой, без сколов и трещин. Высота запрессованной массы должна быть одинаковой на всех участках и находиться в соответствии с данными, приведенными в табл. 34. Не допускаются сколы, трещины, а также остатки активной массы на стенках корпуса. Контролем веса и высоты проверяется степень спрессования электрода. При правильном весе, но большой высоте активная масса недостаточно спрессована. Если вес отличается от нормы, то это показывает на неисправность в системе дозирования, либо на неправильное соотношение компонентов активной массы. Присутствие на стенках корпуса активной массы может привести при разряде к появлению капель ртути, вызывающих межэлектродные замыкания.

После проверки готовые положительные электроды ртутно-цинковых элементов передаются на сборку.

Из бракованных корпусов активная масса выбивается при осторожном постукивании электродов о стол, а затем вновь поступает на операцию запрессовки.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ РТУТНО-ЦИНКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

§ 87. Обработка цинкового порошка

Для изготовления отрицательных электродов ртутно-цинковых гальванических элементов используется цинковый порошок, размер частиц порошка оказывает существенное влияние на поведение отрицательных электродов и на электрические характеристики элементов.

Цинковый порошок последовательно просеивается через крупное и мелкое сита. Фракция порошка, прошедшая через первое сито и оставшаяся на втором сите, пригодна для изготовления электродов. Отходы обычно составляют около десяти процентов всего количества порошка. На рис. 208 показана схема работы механического ситового устройства.

В верхнее сито 3 с большими отверстиями засыпается цинковый порошок; под этим ситом располагается мелкое сито 2, ниже которого вставляется поддон 1. В поддон собирается после отсева мелкая фракция порошка.

Сита вращаются по кругу и периодически встряхиваются. Встряхивание производится механическим ударником 4. Направление движения сита показано на рисунке стрелкой.

Средняя фракция цинкового порошка очищается от железных примесей, которые могут попасть в него при изготовлении порошка. Очистка производится электромагнитным способом.

На рис. 209 показана схема магнитной очистки цинкового порошка. Просеянный порошок засыпается в бункер 3, дно которого является продолжением желоба 5. Этот желоб получает возвратно-поступательное движение. Над желобом располагается электромагнит 2.

Все железные примеси, находящиеся в цинковом порошке, притягиваются электромагнитом при движении порошка по желобу. Очищенный цинковый порошок высыпается из желоба.

После магнитной очистки производится промывка цинкового порошка бензином для удаления следов машинного масла и гря-

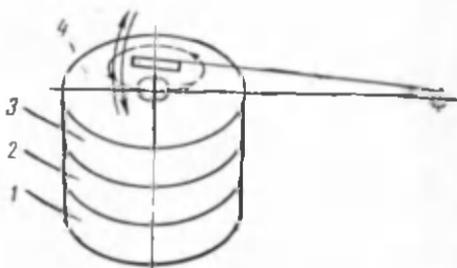


Рис. 208. Схема работы механического сита для отсева цинкового порошка:

1 — поддон, 2 — нижнее сито, 3 — верхнее сито, 4 — ударник

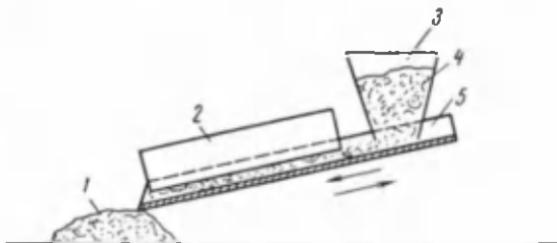


Рис. 209. Магнитная очистка цинкового порошка:

1 — очищенный от железных включений цинковый порошок, 2 — электромагнит, 3 — бункер, 4 — порошок перед очисткой, 5 — желоб

зи, которые могут попасть в порошок при его изготовлении, просеве и магнитной очистке. Промытый порошок высушивается воздухом.

§ 88. Контроль качества цинкового порошка

После промывки бензином проверяется насыпной вес цинкового порошка. В мерный цилиндр до отметки 100 см^3 насыпается

цинковый порошок. Отмеренное по объему количество порошка взвешивается на химико-технических весах ТВ-200. Вес порошка должен быть около 100 г. Таким образом, полученный насыпной вес 1 г/см^3 не соответствует большому удельному весу цинка, так как в занимаемом порошком объеме большая часть приходится на воздух, находящийся в зазорах между отдельными частицами. Величина насыпного веса цинкового порошка косвенно характеризует качество цинкового электрода, так как пористость, диаметр и длина пор готового электрода во многом зависят от формы и размера частиц цинкового порошка, а концентрационная поляризация электрода зависит от особенностей пор.

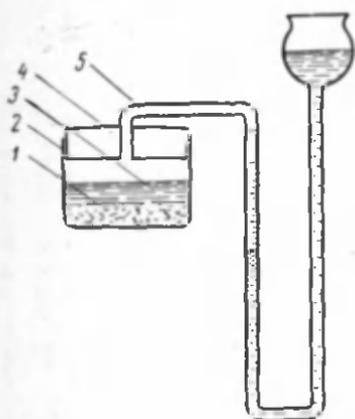


Рис. 210. Прибор для определения коррозионной стойкости цинкового порошка:

1 — цинковый порошок, 2 — стакан, 3 — электролит, 4 — пробка, 5 — U-образная трубка с делениями

Химическим анализом проверяется содержание железа, которое обычно не превышает 0,001%.

Коррозионная стойкость определяется по количеству водорода, выделяющегося при соприкосновении цинкового порошка с щелочным электролитом. В течение 18 ч при температуре 50°C вследствие коррозии должно выделиться не более $0,2 \text{ см}^3$ водорода.

Коррозионная стойкость проверяется в стеклянном приборе, показанном на рис. 210. Цинковый порошок 1 засыпается в плотно закрывающийся стеклянный стакан 2, который закрывается крышкой 4. Стакан 2 и затем заливается электролитом 3. Стеклянная крышка 4 представляет собой притертую пробку с впаянной U-образной трубкой 5. На трубке имеются деления для отсчета объема водорода, который выделяется при коррозии цинка. Выделяющийся водород вытесняет из колена трубки находящуюся там воду. Вода поступает в расширенную правую верхнюю часть U-образной трубки.

Проверка цинкового порошка на коррозионную стойкость производится для того, чтобы предотвратить чрезмерное накопление водорода в герметичном ртутно-цинковом элементе из-за плохого качества цинка. Излишнее количество водорода приводит к появлению избыточного давления в элементе, раздуванию его корпуса, порезу резинового кольца и короткому замыканию металлических частей корпуса и крышки элемента.

Чистота цинка, отсутствие примесей металлов с малым перенапряжением выделения водорода являются необходимыми условиями работы ртутно-цинкового элемента.

Чистота цинка, отсутствие примесей металлов с малым перенапряжением выделения водорода являются необходимыми условиями работы ртутно-цинкового элемента.

Чистота цинка, отсутствие примесей металлов с малым перенапряжением выделения водорода являются необходимыми условиями работы ртутно-цинкового элемента.

В готовом цинковом порошке проверяется также степень размельчения частиц путем контрольного лабораторного просева.

Размер частиц цинкового порошка подобран так, чтобы отрицательный электрод был механически прочен и не «размокал» при соприкосновении с электролитом, а отдельные спрессованные частицы сохраняли электрический контакт между собой в течение всего разряда элемента. Кроме того, требуется, чтобы цинковый порошок имел большую поверхность. Это обусловлено тем, что токообразующая реакция на цинковом электроде проходит на границе поверхности металла с раствором. Через эту границу происходит переход ионов цинка, поэтому чем больше поверхность цинка, тем больше плотность тока, при которой может разряжаться электрод.

Истинная поверхность состоит из поверхности пор и видимой наружной плоскости электрода и во много раз превышает наружную поверхность электрода. Так как при низкой температуре происходит увеличение вязкости электролита и снижение его электропроводности вследствие затруднения диффузии ионов, диаметр пор электрода и их количество оказывают непосредственное влияние на работоспособность цинкового электрода при низких температурах.

Мелкая фракция порошка не позволяет получить электроды с большими порами, а слишком крупная фракция характеризуется малой истинной поверхностью. Оптимальные условия работы электрода выполняются при использовании средней фракции цинкового порошка, поэтому степень размельчения цинка тщательно проверяется контрольным лабораторным просевом.

Приготовленный цинковый порошок направляется на операцию запрессовки его в луженые крышки ртутно-цинковых элементов.

§ 89. Дозирование цинкового порошка и запрессовка его в крышку элемента

Изготовление отрицательного электрода ртутно-цинкового элемента в основном состоит из запрессовки в крышку определенного количества цинкового порошка.

Для того чтобы избежать попадания грязи и масла в элементы, поступившие на операцию запрессовки луженые крышки протираются марлей, смоченной в бензине или спирте. Цинковый порошок взвешивается на химико-технических весах. На гидравлическом прессе производится запрессовка цинкового порошка, находящегося в прессформе, в крышку элемента.

Рассмотрим устройство и работу прессформы для изготовления отрицательных электродов. На рис. 211 показана прессформа для запрессовки цинкового порошка. Через обойму 3 прессфор-

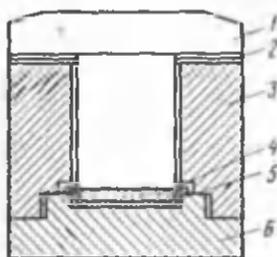


Рис. 211. Прессформа для запрессовки цинкового порошка в крышку ртутно-цинкового элемента:

1 — пуансон, 2 — прокладки, определяющие высоту слоя цинка в электроде, 3 — обойма, 4 — цинковый порошок, 5 — крышка элемента, 6 — основание

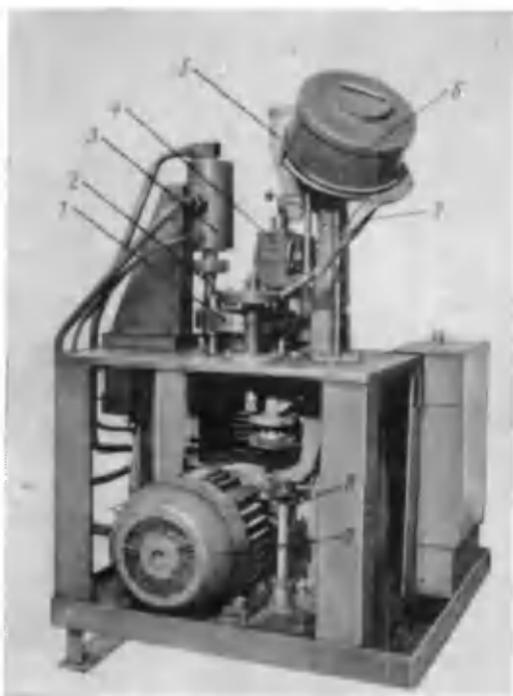


Рис. 212. Роторный автомат для запрессовки цинкового порошка в крышки ртутно-цинковых элементов:

1 — ротор, 2 — шток, 3 — гидравлический цилиндр, 4 — дозатор цинкового порошка, 5 — бункер, 6 — бункер крышек, 7 — направляющий желоб, 8 — шестеренчатая передача, 9 — электродвигатель

мы цинковый порошок 4 засыпается в крышку элемента 5 и запрессовывается до упора пуансоном 1 за один ход поршня пресса без выдержки при промежуточном положении. Высота цинкового электрода зависит от толщины прокладки 2. Давление при прессовке равно 1—2 т/см². После прессования прессформа снимается с пресса и разбирается. Обойма 3 с пуансоном 1 поднимаются, а крышка с запрессованным цинком вынимается из основания 6. Затем в основание 6 вставляется следующая крышка, надевается обойма 3, в нее засыпается порция цинкового порошка, вставляется пуансон 1 и операция повторяется.

Для механизированной запрессовки цинкового порошка применяется роторный автомат, показанный на рис. 212.

В бункер 6 автомата загружаются крышки элемента, а в бункер 5 — цинковый порошок. При вращении бункера 6 крышки ориентируются в определенном положении и по направляющему желобу 7 попадают в гнездо ротора 1. Ротор вращается по часовой стрелке. Из бункера 5 цинковый порошок дозируется приспособлением 4 и направляется в гнездо ротора. При вращении ротора гнездо попадает под узел подачи крышки и крышка накрывает гнездо. Во время дальнейшего вращения гнездо с цинковым порошком и крышкой подходит под шток 2 гидравлического цилиндра 3. Штоком порошок запрессовывается в крышку. Готовый электрод выталкивается из гнезда ротора и попадает в приемный желоб. Электрический двигатель 9 приводит в движение роторы

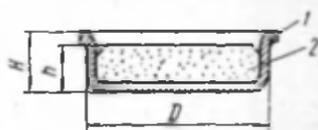


Рис. 213. Крышка ртутно-цинкового элемента с запрессованным цинковым порошком:

1 — крышка, 2 — цинковый порошок; H — высота цинка, H — высота крышки, D — диаметр электрода

Таблица 35

Габариты и вес отрицательных электродов пуговичных ртутно-цинковых элементов

Шифр элемента	Высота, мм		Диаметр электрода D , мм	Вес цинка, г	Электролит		Вес ртути, г	Общий вес электрода, г
	цинка h	крышки H			вес, г	объем, см ³		
РЦ-53	1,9	2,7	12,8	0,41	0,11	0,07	0,036	1,49
РЦ-55	4,2	5,0	12,8	1	0,27	0,17	0,095	2,62
РЦ-63	2,6	3,0	17,7	1,1	0,27	0,17	0,1	3,26
РЦ-65	4,45	5,3	17,7	2,05	0,57	0,40	0,185	5,11
РЦ-73	2,35	3,6	21,8	1,5	0,45	0,30	0,14	4,79
РЦ-75	4,45	5,8	21,8	3,10	0,86	0,57	0,29	7,65
РЦ-83	3,05	4,0	26,3	2,7	0,75	0,50	0,25	9,3
РЦ-85	4,85	6,3	26,3	4,5	1,25	0,85	0,43	12,98

через систему шестеренчатой передачи 8, а также управляет работой гидравлического цилиндра 3.

На роторном автомате можно прессовать отрицательные электроды нескольких типов ртутно-цинковых элементов после соответствующей перестройки узлов автомата на заданные размеры электрода. Высота и вес запрессованного слоя цинкового порошка должны соответствовать размерам, приведенным в табл. 35 и на рис. 213.

Качество запрессовки цинкового порошка определяется визуально по отсутствию перекосов по краям электродов. Высота слоя цинка в крышке контролируется индикатором высоты.

После операции запрессовки цинкового порошка отрицательные электроды пропитываются электролитом.

§ 90. Пропитка отрицательных электродов электролитом [и амальгамирование цинка]

В крышку элемента с запрессованным цинковым порошком заливается определенная доза электролита. Достаточное количество электролита в порах отрицательного электрода прежде всего обеспечивает работу элемента в условиях низких температур. Поэтому от качества проведения этой операции зависят электрические характеристики элементов.

На дно винипластового противня с низкими бортиками раскладываются элементы. С помощью дозатора (рис. 214), напоминающего собой медицинский шприц, закапывается электролит. Дозатор состоит из корпуса 1 с делениями, соответствующими объему электролита, поршня 2, соединительного стакана 3, контргайки 4, пружины 5, колпачка 6 и штока 7. Высота поршня и объем электролита регулируются положением контргайки 4. Заполнение дозатора электролитом и выпускание электролита осуществляются штоком 7, самопроизвольное движение которого предотвращается пружиной 5.

Оптимальное количество электролита для цинковых электродов пуговичных ртутно-цинковых элементов приведено в табл. 35. Приведенные в табл. 35 величины являются оптимальными и обеспечивающими покрытие электролитом всей поверхности цинкового порошка внутри пор электрода. Так как токообразующая реакция происходит на границе цинк — раствор, то при недостаточном количестве электролита часть цинкового порошка не будет смочена электролитом и элементы не смогут отдать требуемой емкости при больших плотностях тока.

Количество электролита контролируется по весу в начале и конце операции пропитки. При закапывании электролита обращается внимание на то, чтобы раствор из дозатора поступал на среднюю часть электрода. Не допускается попадание электролита на стенки и наружную поверхность крышек.

После пропитки электролитом отрицательные электроды направляются на операцию амальгамирования спрессованного цинкового порошка. Амальгамирование производится для снижения скорости коррозии цинка в электролите. Скорость коррозии снижается, так как при амальгамировании повышается перенапряжение выделения водорода на цинке.

На рис. 214 показано приспособление для амальгамирования цинкового порошка, запрессованного в крышку элемента. Сосуд 4 с металлической ртутью 5 изготавливается из гибкого прорезиненного шланга и закрывается с обоих концов резиновыми пробками 6. Одна из пробок имеет отверстие, в которое вставлена пипетка 1. Сосуд 4 размещается между прижимными планками 3 и 7. При вращении винта 2 верхняя планка 3 выжимает из сосуда 4 через пипетку 1 требуемое количество ртути.

Вес ртутных капель, подаваемых приспособлением в электрод, контролируется перед началом работы один раз в смену. Так как величина капель, а следовательно, и их вес зависят от чистоты ртути и особенно от загрязнения поверхностно-активными веществами, применяются наиболее чистые сорта ртути, а оборудование перед заполнением его ртутью тщательно промывается.

Ртуть закапывается в центральную часть видимой поверхности цинкового электрода. В случае попадания ртути на край электрода возможно амальгамирование оловянного покрытия крышки. Электрод с амальгамированной луженой поверхностью крышки отбраковывается. Ртуть, попадая на поверхность оловянного покрытия, растворяет олово, что приводит к значительному выделению водорода в элементе, разрыву резинового кольца и замыканиям из-за повышения давления внутри элемента. Переамальгамирование приводит не к снижению скорости коррозии цинка, а, наоборот, к повышению коррозии из-за растворения оловянного покрытия, поэтому дозирование ртутных капель проводится весьма точно.

Количество ртути, вводимое в электроды ртутьно-цинковых элементов, приведено в табл. 35. Это количество ртути достаточно для покрытия слоем амальгамы всей поверхности цинкового порошка отрицательного электрода.

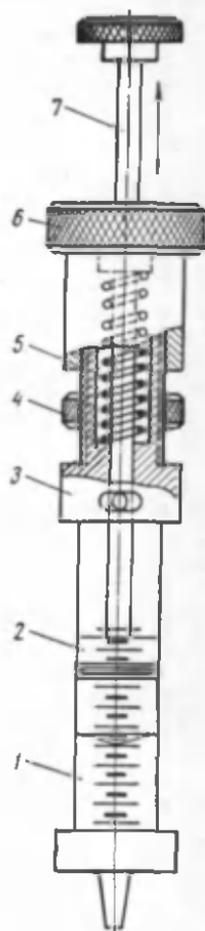


Рис. 214. Дозатор электролита ртутьно-цинковых элементов:

1 — корпус с делениями, 2 — поршень, 3 — соединительный стакан, 4 — контргайка, 5 — пружина, 6 — колпачок, 7 — шток

Металлическая ртуть ядовита, поэтому ее хранят в вытяжных шкафах в стеклянных толстостенных банках с притертой пробкой. Объем банок с ртутью не более 0,5 л. Амальгамирование сопровождается обычно частичным поступлением паров ртути в

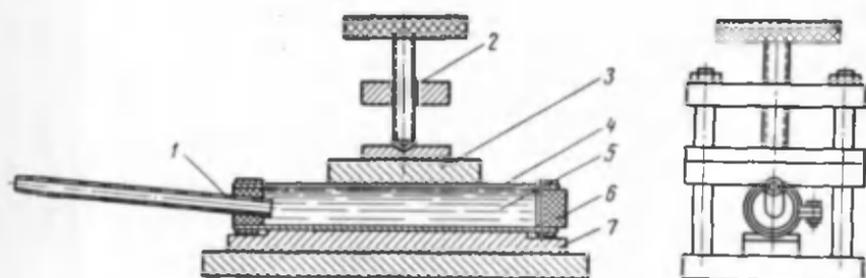


Рис. 215. Приспособление для амальгамирования цинковых электродов ртутно-цинковых элементов:

1 — пипетка, 2 — винт с рукояткой, 3 — верхняя прижимная планка, 4 — сосуд из гибкого резиленного шланга, 5 — ртуть, 6 — резиновая пробка, 7 — нижняя прижимная планка

воздух, поэтому эта операция должна проводиться в вытяжных шкафах или на столах с защитными зонтиками и бортовыми отсосами.

Готовые отрицательные электроды передаются на участок сборки элементов.

ШТАМПОВКА ДИАФРАГМ И ПРИГОТОВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТА

§ 91. Штамповка бумажных диафрагм и шайб

Диафрагмы ртутно-цинковых элементов предназначаются для разделения положительного и отрицательного электродов и содержат во впитанном состоянии основное количество электролита. Диафрагмы изготавливаются из щелочестойкой бумаги, которая в растворе щелочи набухает.

Целлюлоза, представляющая собой вещество, из которого состоит щелочестойкая бумага, не окисляется окисью ртути при длительном контакте с ней, и это является одной из причин того, что диафрагмы не разрушаются в течение длительного хранения элементов.

Перед изготовлением диафрагм щелочестойкую бумагу предварительно нарезают на полосы. Ширина полос выбирается в зависимости от требуемого диаметра диафрагмы. Из полос штампуются диафрагмы необходимого диаметра.

Нарезанные полосы щелочестойкой фильтровальной бумаги укладываются в стопки по 5—7 шт. в каждой и штампуются на прессе, показанном на рис. 216.

Стопка бумажных полос одним концом кладется на матрицу 3 штампа; диафрагмы выштамповываются при движении ползуна 1 прансона 2. Число диафрагм, изготавливаемых при одном движении ползуна прансона, соответствует количеству полос в стопке. При движении ползуна вверх поднимается прансон, стопка бумажных полос перемещается таким образом, чтобы отштампованный участок стопки был смещен из рабочей зоны прансона и матрицы, а вместо этого участка подводится новый участок стопки полос для повторения операций штамповки. Перемещение стопки полос осуществляется вручную. Отштампованные диафрагмы отделяются от бумажных отходов и поступают на сборку элементов. Диафрагмы с надрывами или срезами по контуру бракуются, так как применение таких диафрагм может вызвать появление межэлектродных замыканий в элементах.

Количество диафрагм и их диаметр для разных ртутно-цинковых элементов приведены в табл. 36. Толщина всех диафрагм 0,55—0,65 мм.

Для каждого типа элементов требуются диафрагмы двух размеров. Диафрагмы с большим диаметром помещаются со стороны положительного электрода, диафрагмы меньшего размера располагаются внутри резинового кольца.

Шайбы из щелочестойкой бумаги, которые применяются для предотвращения замыканий между соседними элементами в секциях элементов, также изготавливаются штамповкой бумажных полос. Такие шайбы также выполняют дополнительные функции. В случае нарушения герметичности одного из элементов секции

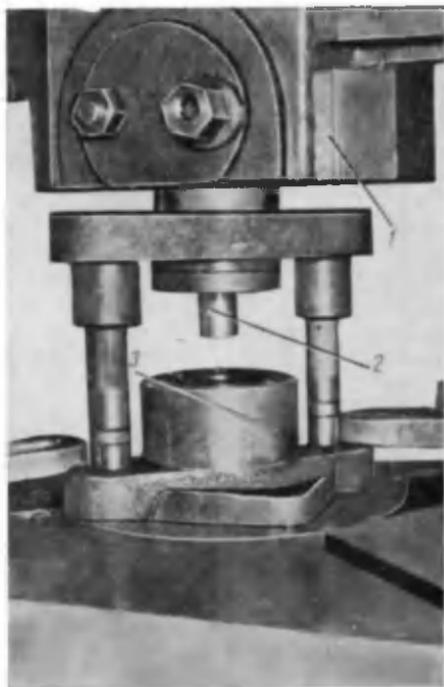


Рис. 216. Рабочая часть прессы и штампа для штамповки диафрагм ртутно-цинковых элементов:

1 — ползун прессы, 2 — пуансон штампа,
3 — матрица штампа

Диаметр и количество диафрагм ртутно-цинковых элементов

Обозначение элемента	Диаметр диафрагмы, мм	Количество в элементе, шт.	Диаметр диафрагмы, мм	Количество в элементе, шт.
РЦ-53	11,2	1	13,1	1
РЦ-55	11,2	3	13,1	1
РЦ-63	16,3	1	18,1	1
РЦ-65	16,3	1	18,1	1
РЦ-73	20,3	2	22,5	1
РЦ-75	20,3	3	22,5	1
РЦ-83	24,5	2	26,9	1
РЦ-85	24,5	3	26,9	1

бумажные шайбы впитывают выделяющийся электролит и предотвращают попадание раствора между несколькими последовательно соединенными элементами. Благодаря такому свойству шайбы предотвращают саморазряд секции элементов. В некоторых случаях для визуальной оценки степени вытекания щелочного электролита пользуются бумажными шайбами, пропитанными в растворе фенолфталеина. Фенолфталеин является индикатором, меняющим свою окраску в присутствии щелочи. Даже при небольшом выделении щелочи фенолфталеин принимает малиновую окраску.

§ 92. Приготовление щелочного электролита

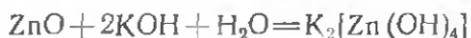
Электролиты ртутно-цинковых элементов ЭЩ-6, ЭЩ-7, ЭЩ-28 представляют собой концентрированные растворы едкого калия с близким к насыщению количеством окиси цинка.

Электролит ЭЩ-6 содержит 480 г/л едкого калия, 52 г/л окиси цинка и 0,45 г/л двуокиси кремния. Электролит ЭЩ-7 готовится растворением в дистиллированной воде 600 г/л едкого калия, 62 г/л окиси цинка и 0,45 г/л двуокиси кремния. Электролит ЭЩ-28 по своему составу аналогичен ЭЩ-7, но не содержит двуокиси кремния. В наименовании электролита первые две буквы обозначают «электролит щелочной», последующая цифра — условный порядковый номер. Электролит ЭЩ-7 предназначается для элементов летнего типа, работающих при температурах $0 \div +50^\circ \text{C}$. Электролит ЭЩ-6 применяется для элементов универсального типа, работающих при температурах $-30 \div +50^\circ \text{C}$.

Электролит ЭЩ-28 применяется для теплостойких элементов (РЦ-82Т), работающих при температурах $0 \div +70^\circ \text{C}$ и рекомендуемых в качестве стабильных источников тока.

Температура замерзания ЭЩ-6 ниже температуры замерзания электролита ЭЩ-7. Кроме того, при меньшей концентрации

щелочи облегчается работа отрицательного электрода в условиях низких температур. При растворении окиси цинка в растворе едкого калия происходит образование раствора цинката калия



Растворимость цинка отрицательного электрода в щелочных цинкатных растворах ниже, чем в растворах без соединений цинка. Введением окиси цинка в раствор коррозия цинкового электрода ртутно-цинкового элемента сводится к минимуму.

Приготовление электролита производится в посуде, химически устойчивой к щелочам. Обычно для этой цели применяются винипластовые баки. Стеклоянная посуда нежелательна, так как соединения кремния переходят из стекла в щелочные растворы в виде силиката калия, изменяя общее содержание соединений кремния в растворе. Силикат калия влияет на скорость кристаллизации окиси цинка из пересыщенного цинкатного раствора при разряде элемента малыми плоскостями тока, предотвращая появление внутренних замыканий. Однако силикат калия снижает стабильность э. д. с. и напряжения ртутно-цинковых элементов, поэтому его присутствие недопустимо в электролите ЭЩ-28.

При растворении щелочи следует обращать внимание на то, чтобы раствор, а также твердая щелочь не попадали на кожу и одежду. При изготовлении электролита рабочий должен пользоваться резиновым или полихлорвиниловым фартуком, резиновыми сапогами и перчатками и защитными очками. На рабочем месте должен всегда находиться раствор борной кислоты, которым следует промывать поверхность кожи в случае попадания на нее щелочи.

При тяжелых поражениях кожи и глаз рабочий должен немедленно обращаться за медицинской помощью в ближайшую поликлинику.

Электролит готовят растворением навески едкого калия, а затем корректируют раствор по удельному весу, разбавляя его водой или добавляя более концентрированный раствор. Для определения удельного веса в раствор, находящийся в цилиндре, погружают ареометр. По делению шкалы на границе раствор — воздух определяют удельный вес раствора. Если удельный вес раствора слишком велик, ареометр всплывает выше требуемой отметки шкалы. При малом удельном весе ареометр погружается так, что требуемая отметка шкалы находится в растворе.

Отсчет производится по нижней части мениска, который образуется при погружении ареометра в раствор. В табл. 37 приведено содержание едкого калия в растворах разного удельного веса.

Содержание едкого калия в растворах разного удельного веса

Удельный вес раствора, г/см ³	Содержание едкого калия, г/л	Удельный вес раствора, г/см ³	Содержание едкого калия, г/л
1,100	132	1,332	449
1,108	143	1,357	487
1,116	153	1,370	506
1,125	167	1,383	522
1,134	178	1,397	543
1,142	188	1,410	563
1,152	203	1,424	582
1,162	216	1,438	605
1,171	228	1,453	631
1,180	242	1,468	655
1,190	255	1,483	679
1,200	269	1,498	706
1,210	282	1,514	721
1,220	295	1,530	756
1,231	309	1,546	779
1,241	324	1,563	811
1,252	338	1,580	840
1,263	353	1,597	870
1,274	368	1,615	902
1,285	385	1,634	940
1,297	398		
1,308	416		
1,320	432		

При коррекции раствора пользуются формулой для расчета необходимого количества воды, которое надо добавить к раствору для получения раствора нужной концентрации

$$A = 1000 \left(\frac{b_p}{b_a} \cdot d_a - d_p \right),$$

где b_p — содержание едкого калия в 1 л раствора, г;
 b_a — необходимое содержание едкого калия в растворе, используемом в качестве электролита, г;
 d_a — удельный вес электролита, г/см³;
 d_p — удельный вес раствора, г/см³;
 A — количество воды, которое надо добавить при коррекции раствора, см³.

Например, был приготовлен раствор едкого калия, у которого удельный вес оказался равным 1,438 г/см³, а требуется приготовить электролит с удельным весом 1,410 г/см³. Из таблицы находим, что 1 л раствора едкого калия с удельным весом 1,438 г/см³ содержит 605 г вещества, а 1 л раствора с удельным

весом $1,410 \text{ г/см}^3$ содержит 563 г вещества. По формуле находим количество воды, которое надо добавить

$$A = 1000 \left(\frac{605}{563} \cdot 1,410 - 1,438 \right) = 76 \text{ см}^3.$$

Таким образом, для приготовления электролита с удельным весом $1,410 \text{ г/см}^3$ в 1 л раствора с удельным весом $1,438 \text{ г/см}^3$ требуется добавить 76 см^3 воды.

В готовом электролите контролируется содержание соединений железа, углекислого калия и соединений кремния. Электролит должен содержать не более $0,0006 \text{ г/л}$ соединений железа и не более 25 г/л углекислого калия.

Приготовленный электролит направляется на операцию пропитки отрицательного электрода и на пропитку диафрагм при сборке элементов.

СБОРКА РТУТНО-ЦИНКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПУГОВИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ

§ 93. Сборка деталей элементов

На участок сборки ртутно-цинковых элементов поступают пропитанные электролитом амальгамированные отрицательные электроды, положительные электроды с запрессованной активной массой, диафрагмы из щелочестойкой бумаги, электролит и резиновые кольца.

Перед сборкой резиновые кольца промывают в воде. Количество воды для промывки выбирается из расчета, чтобы объем, занимаемый кольцами, был в 3 раза меньше объема воды. Промытые кольца высушивают в термостате при 50°C .

Положительные электроды располагаются по 70 — 100 шт. на прямоугольных винипластовых противнях с бортиками, предохраняющими электроды от перемещения. На положительные электроды раскладываются сухие диафрагмы большего размера. С помощью дозатора, применяемого при увлажнении отрицательного электрода, закапывается требуемое количество электролита. Количество электролита, необходимое для пропитки диафрагм разного размера, приведено в табл. 38.

Количество электролита в диафрагмах контролируется по весу в начале и конце пропитки данной партии диафрагм. Взвешивание диафрагм при контроле производится на аналитических весах. В пропитанном состоянии диафрагмы могут храниться не более 3 ч при температуре 20°C в плотно закрытой посуде.

После пропитки диафрагм в корпус элемента вставляется изолирующее резиновое кольцо так, чтобы его бортик лег на внутренние плечики корпуса.

Количество электролита в диафрагмах ртутно-цинковых элементов

Диаметр диафрагм, мм	Объем электролита, см ³	Вес электролита, г
11,2	0,10	0,16
13,1	0,15	0,22
16,3	0,20	0,32
18,1	0,30	0,40
20,3	0,35	0,48
22,5	0,40	0,62
24,5	0,50	0,75
25,9	0,60	0,89

Внутри изолирующего кольца помещаются остальные диафрагмы меньшего размера, чем расположенные под кольцом на поверхности окиснортутного электрода. Общее количество диафрагм для элементов разного размера указано в табл. 29.

Затем с помощью дозатора вводится электролит в верхние диафрагмы. После введения электролита для полной равномерной пропитки положительный электрод со всеми диафрагмами выдерживается 15 мин.

После этой операции на диафрагмы помещается отрицательный электрод так, чтобы луженая наружная поверхность крышки была сверху, а спрессованный цинковый порошок соприкасался с верхней диафрагмой. Собранный элемент для равномерного распределения электролита во всем объеме элемента выдерживается в течение 1 ч и поступает на операцию завальцовки корпуса.

§ 94. Завальцовка корпусов ртутно-цинковых элементов

Завальцовка корпусов ртутно-цинковых элементов является одной из самых ответственных операций изготовления источников тока этой системы. Качество завальцовки определяет герметичность элемента.

Завальцовка корпусов осуществляется в две операции на 10—15-тонном эксцентриковом прессе. На пресс устанавливается завальцовочный штамп. Схема работы такого штампа приведена на рис. 217.

Штамп состоит из матрицы 7, пуансона-матрицы 8, нижнего выталкивателя 9, прижима 5, штока 2, резинового амортизатора 10, плиты 11, хвостовика 4, пружины 3.

Хвостовик штампа 4 крепится в ползуне эксцентрикового пресса, а плита 11 — на столе пресса.

В раскрытом положении штампа матрица 7 располагается на расстоянии 50—70 мм от пуансона-матрицы 8. Матрица 7, прижим 5, хвостовик штампа 4, пружина 3 и шток 2 находятся в

верхнем положении. Нижний выталкиватель 9 также находится в верхнем положении, образуя небольшое гнездо с пуансоном-матрицей 8.

В пуансон-матрицу 8 пинцетом вставляется элемент. При опускании ползуна прессы вниз прижим 5 соприкасается с крышкой элемента 6. Прижим 5 усилием пружины 3 прижимает крышку через резиновое изолирующее кольцо к корпусу элемента, при этом элемент начинает углубляться в пуансон-матрицу 8, так как под действием пружины опускается нижний выталкиватель 9. Элемент бортиком корпуса садится на профильный торец пуансона-матрицы 8. Затем матрица 7 сгибает край корпуса элемента по своему профилю, прижимая его к резиновому кольцу и образуя галтель. Так происходит завальцовка корпуса элемента. Профиль матрицы изготавливается в соответствии с профилем завальцовки элемента.

При движении ползуна прессы вверх штамп раскрывается, матрица 7, прижим 5, хвостовик 4, пружина 3 и шток 2 поднимаются вверх. Элемент при этом выбрасывается из рабочей зоны штампа выталкивателем 9 под действием резинового амортизатора 10. Затем цикл повторяется. На рис. 217 показан момент работы штампа, когда элемент уже завальцован.

Обычно завальцовка производится двумя операциями.

При первой операции край корпуса элемента подгибается на крышку, как показано на рисунке, т. е. обрамляется галтель узла герметизации. В течение второй операции производится окончательное оформление пояска узла герметизации элемента, сжатие резинового кольца и обеспечение необходимой степени герметичности. В узле герметизации степень сжатия резины составляет 40—60% и обеспечивает прохождение газообразного водорода, но предохраняет от вытекания электролита. После второй операции элемент приобретает свой окончательный внешний вид.

Матрица 7 легко заменяется на матрицу другого профиля рабочей части в зависимости от того, какую из операций заваль-

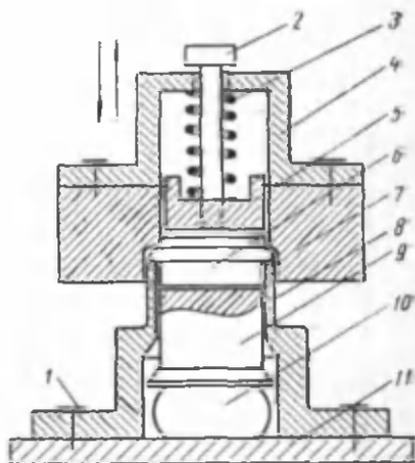


Рис. 217. Схема работы штампа для завальцовки ртутно-цинковых элементов:

1 — болты крепления деталей, 2 — шток, 3 — пружина, 4 — хвостовик штампа, 5 — прижим, 6 — элемент, 7 — матрица, 8 — пуансон-матрица, 9 — нижний выталкиватель, 10 — резиновый амортизатор, 11 — плита штампа

цовки требуется производить. Матрица для первой операции имеет профиль рабочей части в виде усеченного конуса. Профиль матрицы для второй операции соответствует профилю бортика готового элемента.

При налаживании штампа на вторую операцию матрица поднимается или опускается при нижнем положении ползуна эксцентрикowego пресса. В течение налаживания штампа добиваются такого положения матрицы, при котором обеспечивается завальцовка элемента по требуемому профилю.

§ 95. Проверка профиля завальцовки, высоты, Э.Д.С. и напряжения элементов

Так как надежная герметизация обеспечивается только строгим соблюдением высоты элементов и профиля узла герметизации, эти параметры являются контрольными.

Профиль завальцованного элемента проверяется на часовом проекторе ЧП-1. В проекторе устанавливается объектив с 10—20-кратным увеличением.

Часовой проектор ЧП-1 является оптическим измерительным прибором, служащим для точных измерений фасонных деталей часов. Однако он нашел применение также и в промышленности химических источников тока. На этом проекторе можно контролировать готовые детали и проверять контуры по размеру.

Проектор имеет измерительный стол 140×160 мм. Увеличение проектора от 10 до 100 обеспечивается сменными объективами. Размер экрана 560×460 мм. Осветитель снабжается электрическими осветительными лампами мощностью 100 вт. Детали можно рассматривать на проекторе в проходящем или отраженном свете. Свет от лампы через линзы конденсора попадает на предметное стекло, смонтированное на измерительном столе. На это стекло устанавливается контролируемый ртутно-цинковый элемент. От него лучи попадают в объектив, который проектирует изображение элемента на экран с помощью зеркала. Объективы и конденсаторы можно заменять. Они укреплены в револьверной оправе.

В некоторых случаях возможно рассматривать детали одновременно в проходящем и отраженном свете, при этом на экране появляется совмещенное изображение поверхности детали и ее теневое изображение.

Часовой проектор имеет сварную тумбу с массивной чугунной плитой-основанием. Внутри тумбы располагаются зеркала и трансформаторы питания. Стеклоанный экран укреплен на тумбе с помощью деревянной рамки и пружинных прижимов, которые предназначены для закрепления на экране кальки или проекторного чертежа проверяемой детали или элемента.

Экран имеет наклон 20° для удобства в работе.

Справа на боковой стороне тумбы расположены выключатели ламп освещения экрана.

Объективы укрепляются на «ползуне», который может передвигаться с помощью рукоятки. Измерительный стол также передвигается в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

С помощью проектора профиль элемента в увеличенном масштабе проектируется на экране. На экране помещается чертеж профиля завальцовки. На чертеже графически указано поле допуска профиля. Совмещением проектируемого на экране теневого изображения элемента с чертежом проверяют, укладывается ли изображение в поле допуска.

Контрольный чертеж выполняется на кальке или стекле. Поле допуска на чертеже расположено симметрично по отношению к контролируемому контуру. После проверки профиля элемент поворачивается вокруг продольной оси на угол 90° , и проверка повторяется. При вторичной проверке тень элемента не должна выходить из поля допуска. Вторичной проверкой выявляются перекосы при неправильно налаженном штампе.

У готовых элементов, кроме профиля завальцовки, проверяется также перекося изолирующего резинового кольца относительно кромки корпуса. Такой перекося не должен превышать 1 мм.

Представителем отдела технического контроля производится проверка профиля пяти завальцованных элементов, после чего дается заключение о готовности налаженного штампа и разрешение на проведение операции завальцовки.

После завальцовки 100 шт. элементов вновь на проекторе контролируется профиль трех элементов. Если изображение хотя бы одного из этих трех элементов не будет соответствовать чертежу, то штамп вновь налаживается.

Завальцованный элемент контролируется по отсутствию разрывов резинового кольца. Гофры на резине допускаются, однако их размер не должен превышать 0,1 мм. Никелевое покрытие не должно отслаиваться от корпуса. На корпусах не допускаются вмятины и риски. В правильно завальцованном элементе нет вытекания электролита, наружная поверхность крышки не имеет следов амальгамации. Высота элемента должна соответствовать размеру на чертеже. Измерение высоты производится индикатором так же, как в случае контроля высоты окиснортутного и цинкового электродов.

Высота элемента, не соответствующая размеру на чертеже, указывает на плохо налаженный штамп, на применение деталей элемента с отклонениями размеров выше допустимого предела или на неправильное дозирование электролита. Отклонение высоты от требуемой может привести к преждевременному выходу элементов из строя из-за коротких замыканий вследствие порезов резинового кольца или из-за вытекания электролита при плохой герметичности элемента. В «высоких» элементах вследствие на-

рушения контактов между отдельными деталями наблюдается повышение внутреннего сопротивления элементов.

На испытательном стенде проверяются э. д. с. и напряжение завальцованных ртутно-цинковых элементов. После проверки на стенде элементы поступают на операцию промывки.

§ 96. Промывка и термоконтроль завальцованных ртутно-цинковых элементов

Завальцованные элементы промывают в воде для удаления следов щелочи и грязи. Элементы малых размеров помещают в винилластовые сосуды и промывают вручную. Промытые элементы протирают сухой марлей, а затем вторично протирают мар-

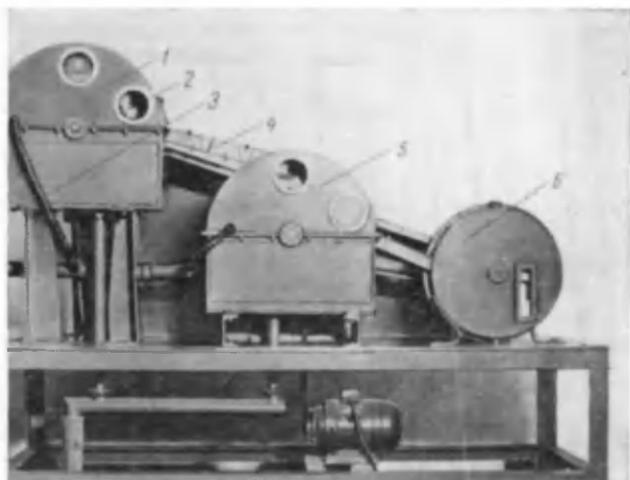


Рис. 218. Автомат для промывки ртутно-цинковых элементов:

1 — первая промывная камера, 2 — диск для захвата и переноса элементов, 3 — шланг подачи воды, 4 — желоб, 5 — вторая промывная камера, 6 — камера для спиртовой промывки

лей, смоченной в спирте. Промывка элементов больших размеров производится на автоматах.

На рис. 219 показан автомат для промывки элементов. Элементы загружают в бункер первой промывочной камеры 1. Ширина бункера соответствует высоте элемента. Находящиеся в бункере элементы соприкасаются друг с другом только бортиками узла герметизации и поэтому не могут быть замкнуты друг с другом. Из бункера элементы захватываются специальным диском 2, который имеет углубления, соответствующие диаметру

элемента. При вращении диска в направлении против часовой стрелки элемент поступает под двусторонний водяной душ. Направление движения диска на рисунке показано стрелкой. Вода подается в душевую систему по шлангу 3. При дальнейшем движении диска элемент скатывается по желобу 4 во вторую камеру 5, в которой происходит вторичная водная промывка с помощью двустороннего душа. После вторичной промывки элемент поступает в камеру 6, где происходит спиртовая промывка. Для этой операции используется 90%-ный этиловый спирт.

Обработанные элементы помещаются в термостат на 70—80 ч. В термостате автоматически поддерживается температура + 50° С. В течение термообработки обнаруживаются неисправные элементы, имеющие скрытые дефекты, связанные с нарушением оловянного покрытия на внутренней стороне крышки, порезы резинового кольца, негерметичность.

При повышенной температуре скорость коррозии повышается. Поэтому элементы с загрязненным цинком или электролитом и с нарушенным оловянным покрытием крышек увеличиваются в размере вследствие выделения водорода внутри элемента при коррозии. Увеличение размера приводит к пережатию резинового кольца и замыканию элемента. При обычной температуре для выявления такого дефекта требуется сравнительно продолжительное время, в то время как при 50° С дефекты выявляются в течение 3—4 суток. Выдержка элементов при повышенной температуре называется *термоконтролем*, так как она позволяет отбраковывать некачественные элементы.

После термоконтроля ртутно-цинковые элементы поступают на склад или на операцию изготовления секций и батарей.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СЕКЦИЙ И БАТАРЕЙ ИЗ РТУТНО-ЦИНКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

§ 97. Приваривание никелевых токоотводов к элементам на монтажно-сварочном столе

Соединение ртутно-цинковых элементов в секции, а секций в батареи производится точечной сваркой соединительных никелевых полос к крышкам или корпусам элементов.

Рулонная никелевая лента толщиной 0,15 мм разрезается на полосы шириной 4,2 мм. Полосы привариваются в двух точках к крышке ртутно-цинкового элемента. Точечная сварка производится на монтажно-сварочном столе, обеспечивающем проведение 30 сварок в минуту. На рис. 219 показан внешний вид монтажно-сварочного стола, а на рис. 220 — его устройство.

Монтажно-сварочный стол состоит из каркаса 4, сварочного клюва, колпака 1, козырька 2, сварочного трансформатора, воздуховода 3, педали 6, осветительной аппаратуры и подключается к электрической сети (220 в).

Каркас сваривается из двух согнутых труб, соединенных металлической плитой и трубчатыми перемычками. К нижней перемычке приварена стойка для крепления педали 7. Снизу на плите каркаса устанавливается сварочный трансформатор. На задней части каркаса имеется болт заземления и пластина, на которой располагается осветительная розетка и штепсельный разъем.



Рис. 219. Внешний вид монтажно-сварочного стола

зъем 5. Штепсельный разъем предназначен для подключения других монтажно-сварочных столов участка.

С помощью воздуховода 3 создается избыток давления воздуха под колпаком 1 монтажно-сварочного стола и обеспечивается возможность периодического обдувания свариваемых деталей. Через воздуховод подается сухой воздух под давлением 2 атм. Воздуховод подключается к общей воздушной магистрали резиновым шлангом в металлической оплетке. Педаль 6 предназначена для перемещения подвижной части сварочного ключа, сжатия свариваемых деталей и включения сварочных электродов.

Защитный колпак 1 изготавливается из листового железа. В задней части колпака с боковой стороны и сверху располагаются стекла, укрепленные с помощью резиновых уплотнительных прокладок. Освещение монтажно-сварочного стола осуществляется люминесцентными лампами ДС-20. Конструкция монтажно-сварочного стола обеспечивает полную безопасность проведения сварочных работ.

На рис. 221 показано устройство сварочного ключа, с помощью которого сжимаются и свариваются детали. К сварочному ключу подключается один из концов вторичной обмотки трансформатора, обеспечивающей 4—6 в на сварочных электродах. Сварочный ключ состоит из литого корпуса 5 и подвижного ключа 8, изолированного от корпуса втулками. Подвижный ключ 8 соединен с педалью. На верхнем конце ключа укрепляется верхний сварочный электрод 11. Движение ключа обеспечивается возвратной пружиной 6.

На корпусе имеется кронштейн 13 с неподвижным электродом 12. Неподвижный электрод соединен гибкой шиной со вторым концом вторичной обмотки сварочного трансформатора. На основании 3 устанавливается направляющая 14, контактная группа 1, тяга 2 и пружина 4. С помощью контактной группы осуществляется переключение устройств, регулирующих величину тока, протекающего через свариваемые детали. Регулирующие устройства позволяют производить сварку деталей, имеющих различную толщину.

Правильное взаимное расположение электродов устанавливается с помощью винта-оси 15. Регулировка сжатия свариваемых деталей производится ручкой 9.

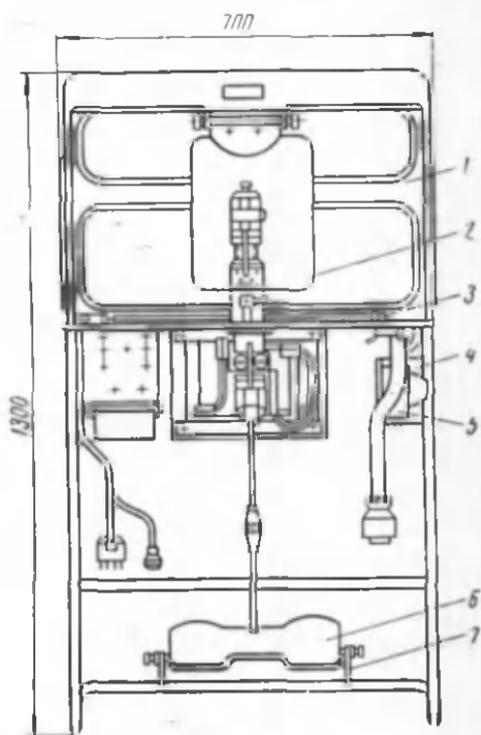


Рис. 220. Конструкция монтажно-сварочного стола:

1 — колпак, 2 — козырек, 3 — воздуховод, 4 — каркас, 5 — штепсельный разъем, 6 — педаль, 7 — стойки крепления педали

Рассмотрим, как осуществляется установка рабочего хода верхнего сварочного электрода.

При отворачивании болта 10 освобождается электрод 11. Передвижением электрода устанавливается требуемое расстояние между сварочными электродами.

Расстояние выбирается по высоте и степени сжатия свариваемых деталей. После установки необходимого межэлектродного расстояния электрод 11 закрепляется болтом 10. Затем подвижный клюв опускается до соприкосновения электродов. С помощью гайки 7 устанавливается зазор между корпусом клюва и гайкой, равный 0,3—0,5 мм. Регулировка рабочего хода производится при первом пуске и смене электродов.

Рассмотрим, как работает сварочный клюв. При сварке никелевых полос с крышкой элемента свариваемые детали располагаются между верхним и нижним сварочными электродами.

Тяга 2 под действием усилия сжатия пружины 4 находится в крайнем верхнем положении. Степень сжатия пружины 4 равна или больше сжатия свариваемых деталей. При нажатии на педаль подвижный клюв перемещается вниз до соприкосновения гайки 7 с корпусом 5. После соприкосновения верхнего электрода со свариваемыми деталями сжатие увеличивается до

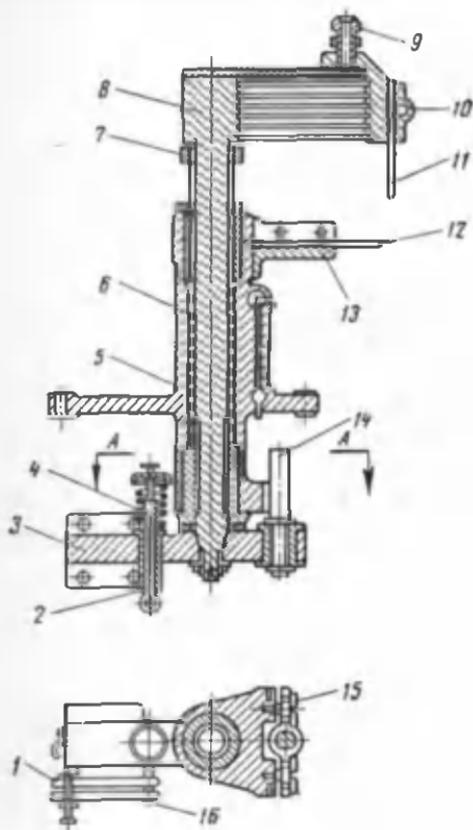


Рис. 221. Сварочный клюв монтажно-сварочного стола:

1 — контактная группа, 2 — тяга, 3 — основание, 4 — пружина, 5 — корпус, 6 — возвратная пружина, 7 — гайка, 8 — подвижный клюв, 9 — ручка, 10 — болт крепления верхнего сварочного электрода, 11 — верхний сварочный электрод, 12 — неподвижный электрод, 13 — криштейн, 14 — направляющая, 15 — винт-ось, 16 — палец контактных групп

установленной величины вследствие деформации пластин подвижного клюва. При дальнейшем движении педали тяга 2 перемещается вниз, сжимая пружину 4, при этом палец 16 замыкает контакты контактной группы 1. В этот момент производится сварка деталей, располагающихся между верхним и нижним

сварочными электродами. Для повторения цикла сварки опускается, а затем снова нажимается педаль.

§ 98. Сварочные работы при соединении ртутно-цинковых элементов в секции

На приваренную никелевую полосу-токоотвод 1 надевается бумажная шайба 2 (рис. 222). Эта шайба из фильтровальной щелочестойкой бумаги толщиной 0,5 мм имеет внутреннее отверстие диаметром 5 мм. Наружный диаметр шайб элементов РЦ—53 и РЦ—55 равен 15,6 мм, РЦ—63 и РЦ—65—21 мм, РЦ—73 и РЦ—75—25,5 мм, РЦ—83 и РЦ—85—30 мм.

Затем элементы укладываются в кассету-каретку, которая устанавливается на нижнем электроде сварочного аппарата.

На рис. 223 показана каретка 5 с элементами, расположенная между электродами сварочного аппарата. Каретка изготавливается из эбонита.

В пазы каретки запрессованы медные вкладыши 4. Уложенные в кассету элементы изолированы друг от друга эбонитовыми перегородками самой каретки. Элемент 3 своим корпусом касается медных вкладышей. Токоотвод 1 элемента подгибается на корпус соседнего элемента и приваривается к его боковой части. После сварки каретка передвигается так, чтобы можно было произвести соединение всех элементов в секцию из последовательно соединенных элементов. Во время сварки подвижный электрод 2 прижимает токоотвод 1 к корпусу элемента 3. Корпус элемента имеет электрический контакт с нижним сварочным электродом 6 через медный вкладыш 4.

Так как сварочные электроды соединены со вторичной обмоткой сварочного трансформатора, то в целом цепь замкнута. Наибольшая плотность тока достигается на месте соприкосновения острия подвижного верхнего электрода с никелевой лентой и корпусом элемента. В этом месте возникает большая температура и происходит местное оплавление поверхности свариваемых деталей. Как только образовались участки расплавленного металла, поверхность соприкосновения сварочного электрода и свариваемых деталей увеличивается, плотность тока снижается, количество выделяющегося тепла уменьшается, температура снижается, а расплавленный металл затвердевает, образуя точечный сварной контакт.

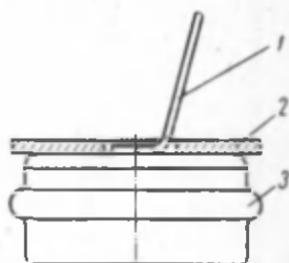


Рис. 222. Ртутно-цинковый элемент с приваренным никелевым токоотводом и надетой шайбой: 1 — токоотвод, 2 — бумажная шайба, 3 — элемент

На рис. 224 показана схема процесса образования точечного сварного контакта.

Перед сваркой верхний электрод *1* должен быть остро заточен. При плохой заточке поверхность соприкосновения электро-

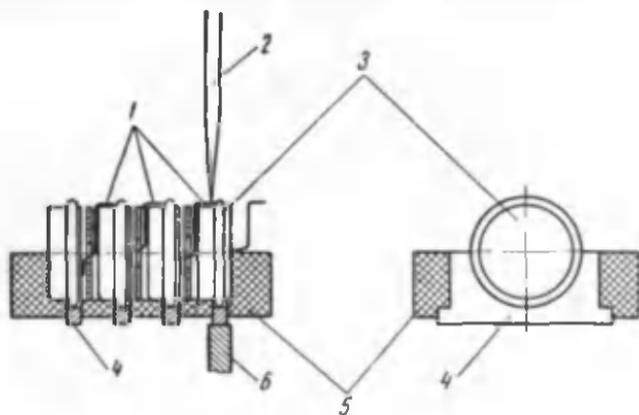


Рис. 223. Приспособление для точечной сварки ртути-цинковых элементов:

1 — никелевые полосы — токоотводы, *2* — верхний подвижный электрод сварочного аппарата, *3* — элемент, *4* — медный вкладыш, *5* — каретка-кассета, *6* — неподвижный нижний электрод сварочного аппарата

да со свариваемыми деталями чрезмерно велика, плотность тока на этом участке будет небольшой и вследствие недостаточно высокой температуры металл не расплавится и сварка не произойдет. Зачистку верхнего электрода производят после каждых 50—60 точечных сварок. Периодически верхний электрод меняют. Эти электроды изготавливаются из жесткой неотожженной нагартованной меди.

Медь приобретает твердость при холодной ковке, во время которой происходит некоторое изменение кристаллической решетки. Такое свойство меди используется для изготовления сварочных электродов. Нижний электрод — стационарный и замене не подлежит.

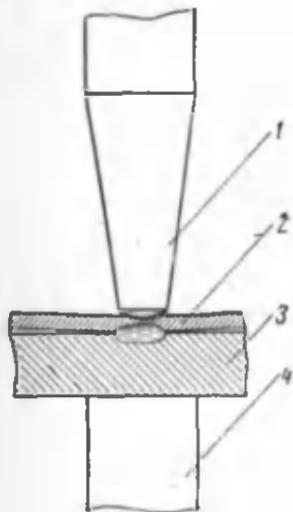


Рис. 224. Образование точечного сварного контакта:

1 — верхний подвижный сварочный электрод, *2* — никелевая лента, *3* — участок корпуса элемента, *4* — нижний сварочный электрод

Для получения прочного точечного сварного контакта необходимо, чтобы поверхность свариваемых деталей не имела следов окислы или толстых окисных пленок и следов грязи.

Сварочные каретки изготавливаются разных размеров в зависимости от количества и габаритов элементов секции. Поэтому при изготовлении разных источников тока требуется набор кареток, предназначенных для сварки секций. Не рекомендуется использование одной и той же каретки для сварки секций из разного количества однотипных элементов. В этом случае рабочий должен каждый раз считать количество элементов в каретке, что снижает производительность труда.

§ 99. Обертывание секций элементов пленкой и изготовление батарей

Сваренная секция поступает на операцию обертки пленкой.

Из полистирольной и полиэтиленовой пленки изготавливаются карточки требуемого размера. Размеры полистирольной карточки выбираются так, чтобы ширина карточки была на 20 мм

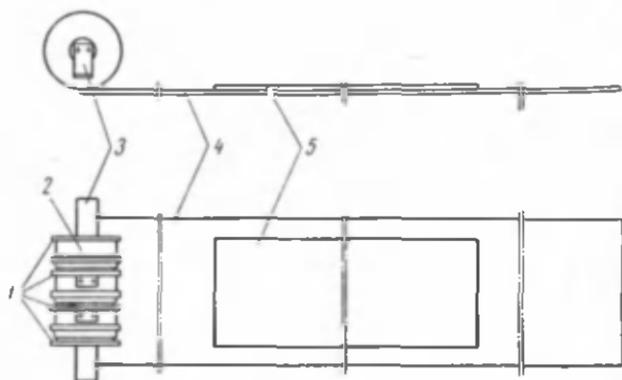


Рис. 225. Обертывание секции ртутно-цинковых элементов полистирольной и полиэтиленовой пленками:

1 — бумажные шайбы, 2 — элемент, 3 — токоотводы секции, 4 — полистирольная пленка, 5 — полиэтиленовая пленка

больше длины секции, а длина карточки — достаточной для того, чтобы обернуть секцию тремя слоями пленки. Толщина полиэтиленовой пленки 0,010—0,012 мм, полистирольной — 0,05 мм.

Полиэтиленовая карточка имеет ширину, равную длине секции, а длину, достаточную для того, чтобы обернуть секцию одним слоем пленки. Перед оберткой полиэтиленовую карточку помещают на середину полистирольной карточки, как показано на рис. 225. При операции обертывания пленкой секцию располагают на край полистирольной карточки, а затем, перекатывая секцию, оборачивают ее пленкой.

На край полистирольной карточки кисточкой вручную наносят бензол, который растворяет полистирол и склеивает карточку внакладку. Расположение полиэтиленовой карточки во время обертки секции хорошо видно на рис. 226.

Между полиэтиленовой и полистирольной пленками располагается этикетка с обозначением типа секции и даты изготовления элементов. Этикетка помещается только в секциях, предназначенных для самостоятельного использования, а не соединения в батарею.

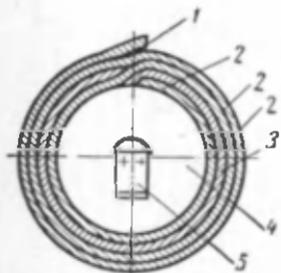


Рис. 226. Схема расположения слоев пленки в секции ртутно-цинковых элементов:

1 — клейкой шов, 2 — полистирольная пленка, 3 — полиэтиленовая пленка, 4 — крышка элемента, 5 — никелевый токоотвод. Секция показана с торцевой части

Обернутая секция имеет выступающую с торцов полистирольную пленку. Эти выступающие части оплавляются горячим воздухом при температуре 120—220° С. Обычно секцию осторожно вращают над нагретой электрической плиткой мощностью 600—800 вт. Сначала оплавляют над плиткой верхний, а затем нижний торцовые выступающие участки пленки.

Изготовление батарей производится путем соединения секций между собой с помощью точечной сварки и припайки проводов, которые являются токоотводами батарей. Для того чтобы повысить механическую прочность и надежность батарей и предотвратить замыкание за счет

механического разрушения тонких изолирующих пленок секций и никелевых токоотводов, некоторые батареи заполняются пенополиуретаном. Пенополиуретан, застывая, образует легкую изолирующую, но механически прочно скрепляющую прокладку между отдельными секциями.

Токоотводы выполняются из многожильного провода МГВ и присоединяются к никелевым полосам секций и к выводным клеммам с помощью пайки оловянно-свинцовым припоем ПОС-61. Выводные клеммы в виде контактных колодок или штепсельных разъемов (ШР) укрепляются на корпусе батареи.

Корпуса батарей изготавливаются из жести или алюминия и окрашиваются нитрозмалью.

Собранные батареи контролируются по напряжению согласно схеме батареи и ее паспорту.

Контрольные вопросы

1. Как производятся механические работы по изготовлению корпусов и крышек ртутно-цинковых элементов?
 2. Как производятся гальванические покрытия деталей ртутно-цинковых элементов?
 3. Рассказать об изготовлении положительных электродов ртутно-цинковых элементов.
 4. Рассказать о завальцовке ртутно-цинковых элементов.
 5. Рассказать о соединении ртутно-цинковых элементов в секции.
-

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДРУГИХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Хотя большинство гальванических элементов и батарей, выпускаемых промышленностью, относятся к марганцево-цинковой и ртутно-цинковой электрохимическим системам, с каждым днем повышается роль источников тока других электрохимических систем. Некоторые из них в достаточной мере разработаны и выпускаются промышленностью, другие пока считаются перспективными.

Каждый вид гальванических элементов и батарей обладают какими-либо отдельными преимуществами по сравнению с наиболее массовыми источниками тока и это определяет будущее таких элементов.

§ 100. Гальванические элементы с магниевыми электродами

Магниевый электрод имеет стандартный потенциал — 1,55 в, в то время как для цинка в тех же условиях он равен всего — 0,76 в. Электрохимический эквивалент магния значительно ниже, чем цинка. Для получения одного а·ч требуется 1,22 г цинка и всего лишь 0,45 г магния. С другой стороны, по сырьевым запасам магний занимает 8 место, а цинк стоит только на 28 месте. Тем не менее, в настоящее время стоимость цинка еще пока несколько ниже, чем магния.

В гальванических элементах потенциал магниевых анодов оказывается только на 0,3—0,6 в отрицательнее цинка. Это связано с образованием пленки окиси и гидроокиси на поверхности, затрудняющей растворение металла. Магниевый электрод работоспособен только в кислых и солевых электролитах. В щелочных растворах окисная пленка имеет такую плотную структуру, что магний практически не может быть использован как электрод. Особенность поведения магния заключается в том, что при разряде происходит разрушение окисной пленки и выделение водорода. Этот процесс идет в две стадии. Теория работы магниевых электродов подтверждает, что коэффициент использования не может быть выше 67%. Практически эта величина не превышает 60%. Наиболее употребительными электролитами являются морская вода, растворы бромистого магния и хлористого натрия. При включении магниевых электродов на разряд сначала наблюдается очень большая его поляризация, которая длится от

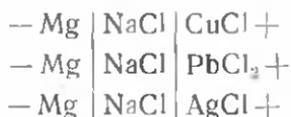
нескольких секунд до нескольких минут. Этот период, необходимый для достижения элементом с магниевыми электродами своего рабочего напряжения, получил название *активации*.

Другим недостатком магниевых электродов является повышение коррозии его при прерывистых разрядах, что ограничивает области его применения. Магниевые электроды в основном используются для резервных батарей.

Резервные батареи, в отличие от сухих гальванических батарей, выпускаются без электролита, которым обычно батарея заполняется непосредственно перед эксплуатацией. Резервные батареи применяются для питания метеорологической и геофизической аппаратуры, радиозондов и морских аварийных систем.

К резервным химическим источникам тока предъявляются особые требования, среди которых главные — это высокие удельные характеристики и быстрая подготовка к эксплуатации. Такие гальванические элементы и батареи предназначены для кратковременной работы — от нескольких минут до нескольких часов.

Наиболее высокие характеристики имеют источники тока, содержащие в качестве электролита растворы хлористого натрия. В таком электролите наблюдается быстрая коррозия магния, которая происходит с выделением тепла. Именно из-за выделения тепла сохраняется работоспособность батарей с магниевыми электродами при температуре окружающей среды — $60 \div 70^\circ$. При растворении магния в электролите повышается концентрация хлористого магния. Поэтому резервные батареи могут работать в условиях низкой начальной концентрации электролита. Это позволяет использовать в качестве электролита морскую или даже пресную воду. Отсутствие специального электролита, комплектуемого с батареей, является характерной чертой магниевых резервных источников тока. Наибольшее значение имеют три электрохимические системы с магниевыми электродами



В качестве активного материала положительного электрода используется хлористое серебро, хлористая медь, хлористый свинец.

Электродные процессы заключаются в восстановлении хлористого серебра, хлористой меди или хлористого свинца, окислении магния и образовании хлористого магния, повышающего концентрацию электролита



Среднее напряжение элементов с хлористым серебром 1,4—1,5 в, а элементов с хлористой медью 1,2—1,4 в, с хлористым свинцом 0,9—1,1 в. Эти источники тока способны отдавать электрическую энергию при температуре от +90 до -70° С, при этом зависимость длительности разряда от температуры, в отличие от марганцево-цинковых и ртутно-цинковых элементов, чрезвычайно мала. В качестве примера на рис. 227 показаны разрядные кривые хлористо-медно-магниевого батареи 2,8-МХМ при токе разряда, равном 1 а. Подъем напряжения в начале разряда (участок А на рис. 227) объясняется явлением активации магниевого электрода и является характерной чертой магниевых батарей.



Рис. 227. Разрядные кривые хлористо-медно-магниевого батареи 2,8-МХМ при токе разряда 1 а и разной температуре: А — участок, обусловленный периодом активации

кой удельной мощностью. В табл. 39, 40 приведены характеристики резервных батарей.

Таблица 39

Удельные характеристики резервных батарей с разными положительными электродами

Состав положительного электрода	Длительность разряда, до 1,0 в	Удельная мощность, вт/л	Удельная энергия, вт·ч/л
AgCl	7 ч	94	66
	30 мин	150	83
	7 мин 15 сек	692	83
	3 мин 40 сек	1290	82
	1 мин 10 сек	2150	48
СuCl	2 ч	—	20—30
PbCl ₂	30 мин	—	20

В обозначении батарей ставится величина напряжения, затем буква, поясняющая назначение батареи. Так, например, П — батарея для приборов. За шифром назначения следует три буквы, характеризующие электроды электрохимической системы. МХМ обозначает магний и хлористую медь, МХС — магний и хлористый свинец. После букв указывается длительность работы или емкость. В случае длительности работы добавляется буква ч — часы.

Электрические характеристики резервных батарей

Наименование	Состав положительного электрода	Начальное напряжение, в	Сопротивление внешней цепи, ом	Длительность работы, ч	Вес, г
ЗМХМ-7 ч	CuCl	2,40	2,1	7	80
2,8МХМ	CuCl	4	2,6	1,75	200
Маячок-1	CuCl	1,8	17,85	10	85
200ПМХМ-2 ч	CuCl				
Анодная		178	7700	2	640
Накальная 1		5,5	15	2	
Накальная 2		2,16	6	2	
12ПМХС-0,5 ч	PbCl ₂	6	35	0,5	82
80ПМХС-2 ч	PbCl ₂				
Анодная		72	5000	2	320
Накальная		2,5	20	2	

Хлористо-медно-магниевые батареи состоят из тонких электродов, между которыми располагается диафрагма из сепарационного материала — алигнина, который поглощает электролит при активации батареи. Отрицательный электрод изготавливается из листового магния, положительный — из смеси хлористой меди со связующим, которая наносится на медную сетку. В качестве связующих применяется полистирол или декстрин. Положительный электрод можно изготавливать прессованием смеси однохлористой меди с добавкой 10—15% смеси нефтяного кокса и пека. Прессованные электроды спекаются при температуре 120—140° С. Спеченные электроды имеют более высокие электрические показатели, чем намазные. Последовательное соединение элементов в батарее обеспечивается электропроводным слоем, который наносится на одну из сторон магния. С этим слоем соприкасается активная масса положительного электрода соседнего элемента. Электрод такой конструкции получил название «биполярного электрода». «Биполярные электроды» позволяют при небольших габаритах источника тока получить максимально возможную удельную энергию и мощность источника тока данной электрохимической системы.

Вследствие коррозии магния сохранность магниевых резервных батарей в залитом состоянии не превышает 48 ч, в то время как в герметичном контейнере без электролита их сохранность практически неограничена. В случае сохранности элементов с хлористой медью особенно важна герметичность, так как хлористая медь гигроскопична.

Под действием влаги и кислорода воздуха в условиях плохой герметичности она окисляется до хлорной меди CuCl₂. Такое окисление значительно снижает электрические характеристики резервной батареи.

Известны работы по использованию в качестве активного материала резервных магниевых батарей смеси хлористого серебра с персульфатом калия $K_2S_2O_8$, серы и органических соединений. В некоторых резервных батареях в качестве активного материала применяется органическое вещество — метадинитробензол.

§ 101. Медноокисные элементы

Впервые эти элементы были предложены в 1881 г. Лаландом. В настоящее время медноокисные элементы используются в системах автоблокировки и сигнализации на транспорте и средствах связи. Они рассчитаны на длительную эксплуатацию. Саморазряд элементов ничтожен. Они могут работать в течение 10—15 лет без потерь емкости за счет саморазряда. Промышленные элементы обычно имеют большую емкость — от 250 до 1000 $a \cdot ч$ и гарантированную сохранность не более 5 лет.

Активным материалом положительного электрода является окись меди с добавкой сахара и жидкого стекла, представляющего собой раствор кремнекислого натрия. Отрицательный электрод состоит из цинка и небольшого количества ртути. Электролитом является раствор едкого натра удельного веса 1,19—1,21 $г/см^3$, т. е. раствор, содержащий 200—250 $г/л$ щелочи. Электрохимическая система



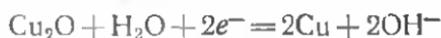
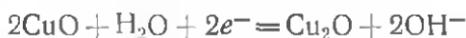
Суммарная реакция токообразующего процесса



Э. д. с. элемента 1,1 в. Элементы работоспособны до температуры $-10^\circ C$. При необходимости эксплуатации источников тока при $-30 \div -40^\circ C$ их заливают раствором едкого калия, содержащим 400—450 $г/л$ щелочи. Для снижения накопления карбоната калия K_2CO_3 вследствие воздействия на электролит углекислого газа, находящегося в воздухе, поверхность электролита заливается тонким слоем минерального масла, устойчивого в контакте со щелочным раствором. Кроме предотвращения карбонизации электролита, слой масла препятствует испарению воды из элемента.

При включении на разряд медноокисного элемента наблюдается повышенное напряжение по величине, близкое к равновесной э. д. с., после чего происходит резкий переход к сравнительно стабильному разрядному напряжению, равному 0,7 в. Подобный ход разрядной кривой показывает, что при разряде происходит образование новых фаз так же, как в случае марганцево-цинковых элементов с гидратированными двуокисями марганца. Однако как происходят эти процессы и каковы вторичные реакции в

медноокисном элементе, еще не исследовано. По одной из гипотез, электрохимическое восстановление окисномедного электрода протекает в две стадии



Предполагается, что первая стадия образования закиси меди из окиси происходит с сильной поляризацией, в результате чего потенциал электрода снижается, достигая значения, при котором происходит восстановление закиси меди до металлической меди. Имеются также предположения о возможности вторичного химического процесса



который приводит к тому, что разряд происходит в основном при потенциале меднозакисного электрода. Действительно стандартный потенциал меднозакисного электрода

$$\varphi_0(\text{Cu}_2\text{O}) = -0,34 \text{ в.}$$

Стандартная э. д. с. элемента $E_0 = \varphi_0(\text{Cu}_2\text{O}) - \varphi_0(\text{Zn}) = 0,34 - (-1,21) = +0,83 \text{ в.}$ Равновесная э. д. с. этой электрохимической системы в случае электролита с концентрацией едкого натра, равной 200 г/л, составляет 0,907 в. Коэффициент использования активных материалов высок — достигает 80—90%.

Медноокисные элементы выпускаются в двух исполне-

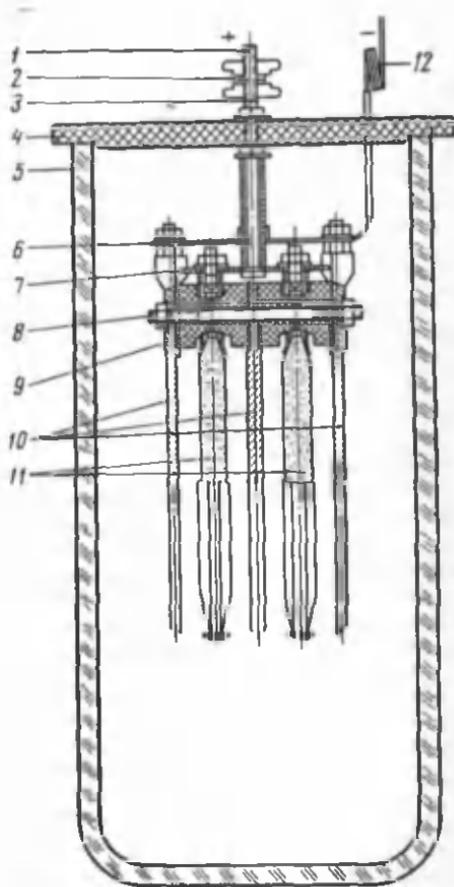


Рис. 228. Медноокисный элемент со щелочным электролитом:

1 — положительный токоотвод, 2 — шайба, 3 — стержень положительного электрода, 4 — крышка, 5 — стеклянный сосуд, 6 — шина, соединяющая отрицательные электроды, 7 — шина, соединяющая положительные электроды, 8 — стержень, 9 — изоляционная прокладка, 10 — отрицательные электроды, 11 — положительные электроды, 12 — отрицательный токоотвод

ниях — в стеклянных сосудах (рис. 228) и закрытых металлических сосудах, предотвращающих разбрызгивание электролита. Положительный электрод в форме брикета готовят путем прессования активной массы при давлении около $0,5 \text{ Т/см}^2$. После предварительной сушки брикеты прокаливают в окислительной атмосфере при температуре $700\text{—}800^\circ \text{С}$. Для повышения электропроводности поверхностный слой окиси меди частично восстанавливают до металлической меди. Токоотвод от брикета осуществляется с помощью оцинкованной стальной рамки, которая надевается на торцовые части электрода. Отрицательные электроды отливаются в виде пластин из чистого цинка или цинка с примесью ртути. Верхние части пластин толще, чем нижние. Крайние диновые пластины имеют «индикаторные окна» в виде углублений.

Таблица 41

Характеристики медноокисных элементов

Наименование	Напряжение, в	Разрядный ток, а	Емкость, а·ч		Сохранность, мес.		Вес, кг
			при температуре $+20^\circ \text{С}$	при температуре -10°С	в сухом состоянии	с электролитом	
МОЭ-250	0,65	0,5	250	225	18	—	3,8
МОЭ-500	0,65	1,0	500	450	18	—	7,1
МОЭ-1000	0,65	2,0	1000	900	18	—	12,5
МОЭМ-300	0,65	1,0	300	—	36	1	4,5
МОЭМ-800	0,65	1,5	800	—	36	1	8,5
МОЭМ-1000	0,65	2,2	1000	—	36	1	11,0

При работе элемента, когда происходит постепенное растворение цинка, прежде всего полностью растворяется металл на месте индикаторных окон. Так как эти окна имеют разную толщину, то по очердности растворения в них цинка можно судить о степени разряженности элемента. Индикаторные окна предусмотрены только для элементов со стеклянными сосудами.

Одноименные электроды собираются параллельно по несколько штук. Между каждой парой одноименных электродов помещается электрод противоположной полярности. При крайних отрицательных электродах количество отрицательных пластин на единицу больше, чем положительных пластин. Пластины располагаются на расстоянии $4\text{—}7 \text{ мм}$ друг от друга. В ряде конструкций такое большое межэлектродное расстояние при условии отсутствия тряски элемента при эксплуатации (например, в стационарных установках) позволяет исключить специальные разделительные сепараторы для предотвращения замыканий между пластинами разной полярности.

Крышка элемента изготавливается из эбонита или другого изоляционного материала и одновременно является деталью конструкции, обеспечивающей крепление блока пластины. В медно-окисных элементах блоки пластин укрепляются в верхней части сосуда, занимая $\frac{2}{3}$ его объема. Ввиду того что на каждый $a \cdot ч$ номинальной емкости предусматривается около 7—10 мл электролита, элементы, рассчитанные на большие емкости, должны иметь достаточный запас электролита. Это обеспечивается указанным расположением блока пластин в элементе. Такая конструкция исключает возможность замыканий за счет появления на дне сосуда шлама. Шлам представляет собой осевшие частицы активного материала, которые потеряли контакт с электродом и не участвуют в токообразующем процессе.

Контрольные вопросы

1. Рассказать об особенностях работы магниевого электрода.
 2. Рассказать о процессах при разряде элементов с магниевыми электродами.
 3. Рассказать о медноокисных элементах.
-

**КОНТРОЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА
И ОБОРУДОВАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ**

В технических условиях на гальванические элементы и батареи предусматривается определение электрических и механических параметров источников тока. Определение емкости или длительности разряда при разных температурах и разрядных токах, а также проверка качества изоляции составляют сущность электрических испытаний. При испытаниях элементов и батарей выбираются такие режимы разряда, которые наиболее точно воспроизводят эксплуатационные условия. Так, например, малогабаритные источники тока, предназначенные для переносных радиоприемников, разряжают при прерывистом режиме разряда, в какой-то мере имитирующем использование элементов в радиоприемнике.

Батареи и элементы для фонарей рассчитаны на ток, который потребляет лампочка освещения. Обычно нить накала лампочек для фонарей имеет небольшое сопротивление, через нить накала проходит ток $0,1-2,5$ а. Источники тока для фонарей проверяются в так называемом «фонарном» режиме — коротком по времени режиме разряда при большой плотности разрядного тока. Батареи и элементы при фонарном режиме разряда характеризуются большой мощностью. Например, для элемента № 336 этот режим соответствует разряду в течение $150-220$ мин на сопротивление $3,33$ ом.

Так называемые «анодные» батареи, как правило, разряжаются малыми токами ($5-50$ ма) в течение длительного времени. Этот режим характеризует потребление тока анодными цепями радиоламп.

Источники тока, предназначенные для аварийных сигнализирующих устройств, для радиозондов, часто эксплуатируются в условиях низких температур, поэтому электрические испытания батарей проводятся при низких температурах. Батарея охлаждается в холодильниках испытательных станций до требуемой температуры и после этого включается на разряд.

Контрольно-испытательная станция, на которой проверяется соответствие готовых изделий требованиям ГОСТов или технических условий, оборудована разнообразными разрядными стендами и холодильными установками. Разрядные стенды обеспечивают одновременный разряд большого количества элементов при разных режимах разряда. Обычно каждый стенд состоит из не-

скольких групп с электрическими цепями, позволяющими в каждой цепи устанавливать требуемый режим разряда. В каждой группе имеются клеммы, рассчитанные на подключение 10—100 источников тока. В стендах, рассчитанных на проведение разрядов при постоянной силе тока в цепи, чаще всего используется последовательное соединение элементов. При последовательном соединении элементов применяется разряд на вспомогательную батарею большей емкости, которая включается навстречу разряжаемым источникам тока и имеет меньшее среднее разрядное напряжение, чем испытываемые изделия. Батарея подключается к исследуемым элементам через реостат и амперметр или миллиамперметр. В конце разряда, когда в группе появляются элементы, отдавшие полную фактическую емкость, напряжение на этих элементах значительно падает. При понижении напряжения происходит уменьшение тока в цепи. В этом случае приходится с помощью реостата добиваться установления тока в цепи, соответствующего заданному режиму. Контроль за током в цепи производится работницей контрольно-испытательной станции. В случае применения вспомогательной батареи в цепи при разряде ток меняется в меньших пределах.

Автоматические испытательные стенды позволяют поддерживать заданную силу тока в течение всего разряда. В этих стендах, имеющих сложную электрическую схему, используются стабилизаторы тока, реле времени, цепи автоматического отключения элементов при достижении выбранного конечного разрядного напряжения, счетчики ампер-часов. Наиболее совершенные автоматические стенды позволяют при разряде записывать на диаграммной бумаге величины разрядного напряжения через определенные интервалы времени, задаваемые реле времени. Диаграммная бумага из рулонов с определенной скоростью проходит под перьями автоматических записывающих устройств. Таким образом, на стенде может быть графически получена разрядная кривая источника тока. В некоторых стендах результаты измерения передаются на счетные устройства и даже на автоматическую цифрозаписывающую машину, которая записывает протокол испытаний. Полностью автоматизированные стенды чаще всего имеют 1—2 группы и рассчитаны на 20—100 разряжаемых гальванических элементов или батарей.

При проведении разрядов химических источников тока на постоянное сопротивление используются простые по электрической схеме стенды. Рассмотрим конструкцию и электрическую часть стенда для электрических испытаний марганцево-цинковых элементов методом разряда их на постоянное заданное сопротивление при комнатной температуре.

Каждый элемент, разряжаемый на таком стенде, имеет свою индивидуальную разрядную цепь, которая состоит из испытываемого элемента, сопротивления нагрузки, тумблера, клемм для

включения элемента и сопротивления нагрузки, измерительных гнезд для подключения штеккера, соединенного с вольтметром.

На рис. 229 показана схема индивидуальной разрядной цепи. Тумблер имеет два положения. При замкнутом состоянии происходит разряд, при отключенном положении измеряется э. д. с.

Для измерения напряжения используются вольтметры с классом точности не ниже 1,0 (ГОСТ 2845—59), обеспечивающие измерение напряжения с погрешностью не более 1%. Обычно применяются многопредельные приборы с большой шкалой и зеркальным устройством, обеспечивающим высокую точность визуальных измерений. Правильным считается при отсчете измеряемой величины такое положение глаза работника, когда изображение стрелки в зеркале заслоняется самой стрелкой. На контрольно-испытательных станциях применяются для измерения напряжения вольтметры М-82, М-106. Для точного измерения э. д. с. используются потенциометры, которые имеют большое внутреннее сопротивление. В большинстве случаев пользуются вольтметрами с меньшим внутренним сопротивлением, это упрощает и ускоряет операцию измерения э. д. с. Однако измеряемая величина только при некотором приближении может быть названа э. д. с., так как ток, протекающий через измерительный прибор, является током разряда источника тока. Эти токи не превышают, как правило, 0,01—0,5 *ма*, и измеряемое напряжение близко к величине э. д. с. В случае батарей с большим внутренним сопротивлением (например, секции галетных батарей, которые присоединяются к сеточным цепям радиоприемных устройств) для измерения э. д. с. следует использовать высокоомные вольтметры.

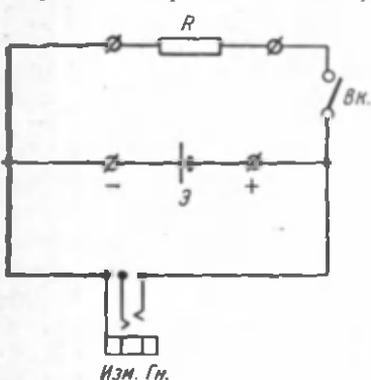


Рис. 229. Схема индивидуальной разрядной цепи испытательного стенда

Вольтметр с помощью телефонного штеккера подключается к гнездам замерной рамки. Каждое гнездо имеет свой порядковый номер, которым обозначены элементы.

На рис. 230 показан небольшой стенд, который имеет 20 индивидуальных разрядных цепей, состоящих из гнезд замерной рамки 1, разрядных сопротивлений 3, тумблеров 2 и испытываемых элементов.

Большие испытательные стенды (рис. 231) на 100—500 гальванических элементов и батарей состоят из коммутационно-измерительного пульта и стеллажа, на который устанавливаются испытываемые химические источники тока. Коммутационно-измери-

туются многопредельные приборы с большой шкалой и зеркальным устройством, обеспечивающим высокую точность визуальных измерений. Правильным считается при отсчете измеряемой величины такое положение глаза работника, когда изображение стрелки в зеркале заслоняется самой стрелкой. На контрольно-испытательных станциях применяются для измерения напряжения вольтметры М-82, М-106. Для точного измерения э. д. с. используются потенциометры, которые имеют большое внутреннее сопротивление. В большинстве случаев пользуются вольтметрами с мень-

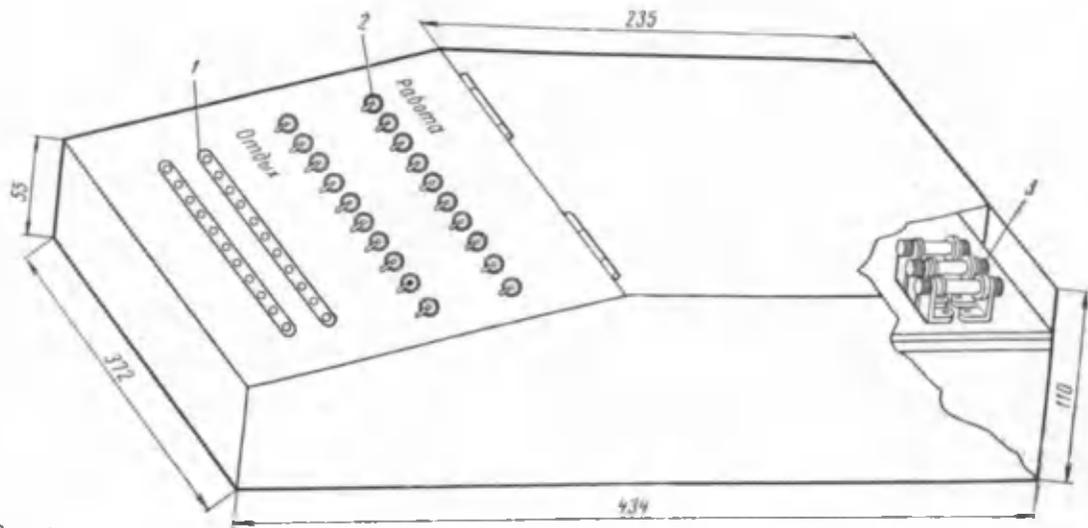


Рис. 230. Конструкция небольшого стенда для разряда элементов на постоянное внешнее сопротивление:
 1 — замерная рамка, 2 — тумблер, 3 — сопротивление



Рис. 231. Внешний вид стенда для разряда элементов на постоянное нагрузочное сопротивление:

1 — полки стеллажа, 2 — штеккер с проводом, присоединяемым к вольтметру, 3 — замерыные рамки, 4 — вертикальная панель с тумблерами индивидуальных разрядных цепей, 5 — горизонтальная панель, 6 — место для вольтметра



Рис. 232. Разрядный стенд для элементов РЦ-31 и ЧМЦ-2:

1 — контактный ключ, 2 — контактное гнездо для элемента, 3 — тумблер индивидуального отключения элемента, 4 — миллиамперметр, 5 — реостат грубой установки тока, 6 — клеммы для вспомогательной батареи, 7 — реостат точной регулировки тока, 8 — индикаторная лампа, 9 — тумблер включения группы, 10 — вольтметр, 11 — замерыные рамки

тельный пульт представляет собой стол, на передней вертикальной панели 4 которого размещаются тумблеры. На горизонтальной панели 5 находятся замерные рамки 3 и вольтметр. Вольтметр включается в гнезда замерных рамок с помощью штеккера 2. Стеллаж состоит из нескольких полок 1. На полках располагаются клеммы для подключения испытываемых элементов или батарей и клеммы для присоединения сменных разрядных сопротивлений. При положении тумблеров «измерение э. д. с.» источники тока подключаются к клеммам гибкими проводами, затем присоединяются разрядные сопротивления. После переключения тумблеров в положение «измерение напряжения» начинается разряд.

На рис. 232 показан стенд для разряда миниатюрных элементов РЦ-31 и ЧМЦ-2 при постоянном токе разряда. Стенд состоит из 6 групп, каждая из которых имеет 30 клемм для элементов. Каждая группа снабжается миллиамперметром 4, клеммами 1, 2 для подключения элементов, реостатами грубой и точной регулировки тока в цепи, индикаторной лампочкой 8, тумблером 9 включения группы элементов на разряд и тумблерами 3 индивидуального отключения элементов. Измерение вольтметром 10 М-82 производится при включении в замерную рамку 11 телефонного штеккера, соединенного с клеммами вольтметра. Каждому элементу соответствует определенное гнездо в замерной рамке. В схеме стенда предусмотрено подключение вспомогательной батареи к клеммам 6 в случае, если заданный ток в цепи при разряде плохо держится на заданном уровне.

При включении гальванических элементов на разряд проверяются установленные разрядные сопротивления или по амперметру (или миллиамперметру) устанавливается разрядный ток. Затем измеряется начальное разрядное напряжение и отмечается время включения и первого замера. Последующие измерения проводятся через определенные интервалы времени. Результаты измерений записываются в протоколе испытаний, в котором также отмечается время промежуточных замеров, температура воздуха.

Приводим приблизительную форму протокола, применяющегося при записи результатов стендовых испытаний гальванических элементов и батарей.

Протокол

электрических испытаний источников тока

Тип изделия	Дата изготовления					
Количество	Режим заряда		э. д. с.			
Дата	10/1	10/1
Время	10 ч	22 ч

Температура 20°C 20°

Количества часов V_0 V_{12}

№ элементов	Напряжение, в		Емкость, а-ч
1	1,65	1,47	1,20
2	1,62	1,42	1,23
3	1,64	1,46	1,19
4	1,63	1,42	1,22

Для проведения испытаний партии гальванических элементов и батарей образцы для испытаний стбируются методом случайного отбора в соответствии с табл. 42.

Таблица 42

Отбор гальванических элементов и батарей для испытаний

Виды испытаний	Минимальное количество образцов
1. Проверка внешнего вида	100%
2. Проверка веса и габаритов	20 шт.
3. Проверка э. д. с.	20 "
4. Проверка напряжения и обозначения полярности выводов	100%
5. Определение емкости или длительности работы свежесготовленных изделий	5 шт.
6. Проверка сопротивления изоляции футляра	5 "
7. Определение электрических характеристик при повышенной температуре	5 "
8. Определение электрических характеристик при пониженной температуре	5 "
9. Определение электрических характеристик при пониженном давлении	5 "
10. Определение водонепроницаемости футляров	5 "
11. Определение теплоустойчивости изолирующей композиции	5 "
12. Определение вибропрочности и ударопрочности	5 "
13. Определение электрических характеристик в конце срока хранения	5 "

Испытания источников тока при давлениях ниже атмосферного производятся в барокамерах. Влагодустойчивость проверяется в течение 48 ч в камерах влажности с относительной влажностью воздуха 95—98%. После 48-часовой выдержки в камере влажно-

сти не позднее 3 мин после удаления элемента из камеры производится измерение сопротивления изоляции, а затем проверяют э. д. с., напряжение и определяют емкость.

Водонепроницаемость футляров определяется погружением изделий на 6 ч в металлический сосуд с водой, уровень которой достигает $\frac{4}{5}$ высоты футляра. Температура воды должна быть 20° С. Через 6 ч пребывания в воде к отрицательному выводу изделия присоединяется один из выводов вспомогательной батареи, имеющей напряжение 100—150 в. Другой вывод вспомогательной батареи через вольтметр со шкалой 150 в и сопротивление прикладывается к сосуду с водой, в котором находится испытуемое изделие. Футляр считается водонепроницаемым, если стрелка вольтметра не отклонится при его подключении. Сопротивление выбирается из расчета не менее 300 ом на 1 в.

Испытания изолирующей композиции батарей на теплоустойчивость производится выдержкой изделия в холодильной камере в вертикальном положении в течение заданного времени и выдержкой изделия, лежащего под углом 45°, в термостате.

После испытаний состояние поверхности изолирующей композиции определяется визуально.

Механическая прочность проверяется испытанием на вибропрочность, ударную прочность и прочность при падении. Вибрационные испытания производятся на вибростендах при определенных частотах и амплитуде вибрации. Ударная прочность проверяется на ударном стенде. Стол ударного стенда подвергается определенному числу ударов с установленным ускорением.

Контрольные вопросы

1. Рассказать об оборудовании контрольно-испытательных станций.
 2. Перечислить контролируемые параметры элементов.
-

**ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
И БАТАРЕЙ**

§ 102. Проведение инструктажа по технике безопасности

На производстве гальванических элементов и батарей рабочие встречаются с разнообразными веществами, материалами и оборудованием, правильное использование и эксплуатация которых необходимы для обеспечения безопасности труда рабочего. Поэтому к работе допускаются только люди, изучившие процессы и материалы и ознакомленные с правилами техники безопасности.

На работу назначаются лица в соответствии с их профессией, специальностью и квалификацией. Квалификационная комиссия проверяет знания и выдает удостоверение, разрешающее выполнять определенные виды работ по обслуживанию оборудования.

При приеме на работу администрация инструктирует каждого рабочего относительно правильного и безопасного ведения работ. Вводный инструктаж проводится инженером по технике безопасности, а затем на рабочем месте в течение нескольких смен рабочий под руководством мастера участка или начальника цеха осваивает правила работы и приобретает навыки. Повторные периодические инструктажи проводятся администрацией цеха один раз в три месяца. Отметка о проведении инструктажа производится в специальном журнале по технике безопасности, в котором расписываются рабочий и инженер, проводивший инструктаж.

На рабочем месте в цехах должны находиться экземпляры инструкции по технике безопасности при проведении отдельных операций. Администрация вывешивает плакаты по технике безопасности, предупредительные надписи, проводит лекции и организует учебу рабочих, обмен опытом, санитарно-профилактические мероприятия.

§ 103. Общие правила личной гигиены на производстве

Так как на производстве рабочие встречаются с опасными токсичными веществами, при работе с ними они должны соблюдать определенные санитарно-гигиенические правила, которые обеспечат выполнение правил техники безопасности.

На рабочих местах не разрешается хранение пищи и воды.

Курить, пить и есть на рабочих местах также не разрешается. Перед едой необходимо тщательно мыть руки и лицо, полоскать рот. Перед уходом с работы, а также при посещении столовой спецодежда, на которой могут быть вредные вещества, обязательно снимается. Периодически проводится профилактический осмотр рабочих, занятых переработкой вредных веществ. Рабочие, занятые на вредных участках, получают дополнительное бесплатное питание и молоко. Рабочие, обслуживающие участки с ртутными соединениями, имеют сокращенный рабочий день. При работе с кислотами, щелочами, токсическими окислами выдается специальная одежда и защитные средства — очки, халаты, сапоги, фартуки. Администрация обеспечивает на производствах регулярную стирку и ремонт спецодежды.

§ 104. Техника безопасности при изготовлении элементов и батарей

Техника безопасности при изготовлении активных масс. Двуокись марганца и окись ртути являются токсичными веществами, при накоплении которых в организме возникают нервные, сердечно-сосудистые расстройства, общее отравление организма.

При большой запыленности участков помола, посева, сухого смешения компонентов рабочие должны обязательно пользоваться респираторами. Пылевидная двуокись марганца снимается с кожи слабым раствором щавелевой кислоты, после чего руки моются мылом и водой. Помещение должно иметь вентиляционную систему. Вентиляционные зонты, бортовые отсосы, система сброса воздуха и защитные фильтры обеспечивают наименьшую запыленность рабочего помещения.

Применяемое оборудование должно быть по мере возможности герметичным.

В отделении помола применяется приточная вентиляция.

Все рабочие, обслуживающие машины с электроприводом, должны знать расположение пусковых кнопок, щитков и рубильников, а также общие сведения о технике безопасности при работе с этими узлами. Не разрешается проведение ремонтных и профилактических работ при включенном в электрическую сеть оборудовании. Ремонтно-наладочные работы должны производиться только специальными ремонтниками, а не рабочими, обслуживающими машины.

Техника безопасности при работе на ролльных ножницах, каландрах, штампах, роторных машинах. При прессовании положительных электродов, вытяжке цинковых стаканов, штамповке картонных деталей, резке цинковых листов и картона рабочие не должны подводить руки в рабочую зону оборудования, не должны производить ника-

кой коррекции расположения деталей или узлов при включенном оборудовании. Нельзя вынимать детали из рабочей зоны роторных машин без остановки этих автоматов.

На рабочих местах должны находиться аптечки с перевязочным материалом, ватой, иодом и перекисью водорода. При несчастных случаях немедленно обращаться в ближайшую медсанчасть.

Все применяемые штампы должны быть закрытого типа. Перестановка, наладка штампа, протирка пресса, удаление отходов со стола пресса и матриц производятся после отключения двигателя пресса.

Техника безопасности при изготовлении электролитов, пастовых диафрагм и при заполнении элементов электролитами. При растворении щелочей, кислот, солей рабочие пользуются спецодеждой и защитными очками. Не разрешается брать голыми руками химические вещества. При попадании щелочей на кожу необходимо смыть ее большим количеством воды и нейтрализовать остатки на поверхности кожи слабым раствором борной кислоты, который должен всегда быть на рабочем месте. При попадании на руки растворов кислот и хлористого цинка поверхность кожи промывается водой, а кислота нейтрализуется слабым раствором аммиака или соды.

Не разрешается хранение кислот и щелочей в одном помещении. Бутыли с кислотой должны иметь ярлыки с указанием наименования, сорта, веса и ГОСТа. Запас кислот не должен превышать потребностей на 1—5 суток.

Погрузка, транспортировка электролитов производятся в бутылках, плотно закрытых пробками. Бутыли при транспортировке находятся в обрешетках. Пустые бутылки переносят вручную только горлышком вверх для предотвращения вытекания капель электролита.

При изготовлении электролитов с сулемой, наиболее ядовитой из применяемых в источнике тока веществ, растворение хлорной ртути производится в присутствии мастера участка. Сулема хранится в сейфах и находится в опечатанной таре.

Техника безопасности при изготовлении и использовании изолирующих композиций и при работах с бензином. Горячие расплавленные изолирующие композиции при попадании на кожу вызывают ожоги. Кроме того, при повышении температуры достигается температура вспышки компонентов и возможно возникновение пожаров.

На рабочих местах должны находиться огнетушители или система подачи углекислого газа. Рабочие, обслуживающие эти участки, должны быть ознакомлены с работой огнетушителей и со свойствами применяемых веществ. В наиболее огнеопасных местах находятся плакаты «Огнеопасно», «Не курить», имеются

ящики с песком. Категорически запрещаются работы с открытым огнем и механические работы, связанные с образованием искр при ударе на участках изготовления электропроводного слоя. Спецодежда и промасленные тряпки должны храниться в железных ящиках. Приточная вентиляция обеспечивает непрерывное обновление воздуха в помещениях с парами бензина. Выключатели, рубильники, щитки электроосвещения должны находиться вне помещения, в котором производится работа с бензином, осветительная аппаратура имеет специальную герметичную изоляцию. Двери помещения должны открываться наружу. Баки с бензином помещаются под вытяжными зонтами.

Техника безопасности при работе со ртутью. При работе с металлической ртутью используются помещения, полы которых покрыты линолеумом. Края линолеума около стен комнаты загибаются на плинтусы, создавая покрытие пола в виде противня с бортиками. Швы между кусками линолеума тщательно шпаклюются или проклеиваются. Таким образом, на полу отсутствуют трещины, в которых могла бы находиться случайно пролитая ртуть. Помещение снабжается приточно-вытяжной вентиляционной системой. Вытяжные шкафы должны соответствовать требованиям инструкции по работе с металлической ртутью, утвержденной Главной Государственной инспекцией 8 мая 1941 г. Рабочие столы должны быть покрыты листовым винилпластом или органическим стеклом. Амальгамирование, сборка, изготовление ртутно-цинковых электродов, приготовление активной массы из окиси ртути производятся в вытяжных шкафах или под вентиляционными зонтами.

Металлическая ртуть хранится в вытяжных шкафах в стеклянных толстостенных банках с притертой пробкой. Объем банок не должен превышать 0,5 л. При случайном пролипании ртуть собирается с помощью амальгмированной медной или цинковой пластинок. Цинковую пластину смачивают раствором щелочи, а медную — раствором азотной кислоты. Такие пластины удерживают на своей поверхности ртуть, которая смачивает поверхность и растекается по ней ровным слоем.

Периодически медные и цинковые пластины заменяют на новые, это обусловлено коррозией металлов в растворах щелочи или кислоты и увеличением хрупкости пластин при амальгамировании.

Работы со ртутью и ртутными соединениями производятся в резиновых перчатках, применяются халаты, косынки, береты. Работницы периодически проходят профилактические медицинские осмотры.

Контрольные вопросы

1. Рассказать о технике безопасности при работе с двуокисью марганца и соединениями ртути.
2. Как проводится инструктаж по технике безопасности?

ЛИТЕРАТУРА

Багоцкий В. С., Флеров В. Н. «Новейшие достижения в области химических источников тока». М., Госэнергоиздат, 1963.

Дасоян М. А. «Химические источники тока». М., Госэнергоиздат, 1961.

Окатов А. П. «Химические источники тока». М., Госхимиздат, 1948.

Романов В. В., Хашев Ю. М. «Химические источники тока». М., Госэнергоиздат, 1968.

Сочеванов В. Г. «Гальванические элементы». М., Госэнергоиздат, 1951.

Хомяков В. Г. и др. «Технология электрохимических производств». М., Госхимиздат, 1949.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	3
--------------------	---

Глава I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАБОТЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Принцип работы гальванических элементов	5
§ 1. Превращение химической энергии в электрическую в химических источниках тока	5
§ 2. Токообразующая окислительно-восстановительная реакция гальванических элементов	6
§ 3. Возникновение разности потенциалов на границе металлический электрод — раствор электролита	10
§ 4. Возникновение разности потенциалов на границе инертный металлический электрод — раствор, содержащий ионы, участвующие в токообразующем процессе	13
§ 5. Электродвижущая сила и поляризация химического источника тока	16
Эксплуатационные параметры источников тока	21
§ 6. Полное внутреннее сопротивление гальванического элемента. Напряжение	21
§ 7. Емкость гальванических элементов	24
§ 8. Удельные характеристики гальванических элементов	31
§ 9. Форма разрядных кривых	33
§ 10. Эксплуатация гальванических элементов в разных условиях	34
§ 11. Саморазряд и сохранность гальванических элементов	36

Глава II

МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И БАТАРЕИ

Теория работы марганцево-цинковых элементов с разными электролитами	40
§ 12. Общая характеристика марганцево-цинковых элементов	40
§ 13. Процессы, протекающие на положительном электроде марганцево-цинковых элементов с кислыми и соевыми электролитами	42
§ 14. Процессы, протекающие на положительном электроде марганцево-цинковых элементов со щелочным электролитом	44
§ 15. Процессы, протекающие на цинковом электроде при разряде солевых марганцево-цинковых гальванических элементов. Вторичные процессы при разряде	48
§ 16. Процессы, протекающие на цинковом электроде при разряде щелочных марганцево-цинковых элементов	50
§ 17. Процессы, протекающие в марганцево-цинковых элементах с горизонтальной разрядной кривой	51
§ 18. Причины саморазряда марганцево-цинковых элементов	55

Материалы, применяемые для изготовления марганцево-цинковых элементов и батарей	58
§ 19. Свойства двуокиси марганца	58
§ 20. Краткие сведения о получении двуокиси марганца	61
§ 21. Свойства и получение ацетиленовой сажи	63
§ 22. Графит	65
§ 23. Цинк	66
§ 24. Материалы, применяемые для приготовления изолирующих композиций	68
§ 25. Свойства компонентов электролита и материалов для изготовления конструкционных деталей элемента	71
Конструкция и характеристики марганцево-цинковых и марганцево-воздушно-цинковых гальванических элементов и батарей	74
§ 26. Система обозначения и электрические характеристики элементов и батарей	74
§ 27. Конструкция стаканчиковых марганцево-цинковых и марганцево-воздушно-цинковых элементов и батарей	87
§ 28. Конструкция галетных марганцево-цинковых элементов и батарей	93

Глава III

ПРОИЗВОДСТВО МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И БАТАРЕЙ

Приготовление агломератной смеси	106
§ 29. Общая технологическая схема приготовления агломератной смеси	106
§ 30. Сушка пиролюзита и ГАПа	109
§ 31. Размол пиролюзита и ГАПа	111
§ 32. Размол хлористого аммония (нашатыря)	116
§ 33. Состав и свойства агломератной смеси	118
§ 34. Сухое перемешивание компонентов агломератной смеси	120
§ 35. Влажное перемешивание компонентов агломератной смеси	124
§ 36. Уплотнение и просеивание агломератной смеси	126
Состав и приготовление солевых электролитов	128
§ 37. Состав солевых электролитов	128
§ 38. Приготовление солевых электролитов	130
Изготовление деталей элементов	136
§ 39. Изготовление картонажных деталей	136
§ 40. Изготовление полихлорвиниловой трубки для галетных элементов	143
§ 41. Изготовление и сборка контактных колодок для галетных элементов	145
§ 42. Приготовление изолирующих композиций	146
Изготовление положительных электродов	152
§ 43. Парафинирование угольных стержней стаканчиковых элементов и набивка колпачков	152
§ 44. Прессовка агломератов стаканчиковых элементов	155
§ 45. Оклейка агломератов марганцево-воздушно-цинковых стаканчиковых элементов	161
§ 46. Изготовление положительных электродов галетной конструкции	163

Изготовление отрицательных электродов цилиндрических элементов . . .	168
§ 47. Вытяжка цилиндрических цинковых стаканов	168
§ 48. Обрезание кромок цилиндрических цинковых электродов	173
Изготовление прямоугольных отрицательных электродов для марганцево-воздушно-цинковых элементов	176
§ 49. Разрезание цинковых листов на полосы и заготовки	177
§ 50. Сгибание цинковых заготовок	
§ 51. Склеивание и пайка цинковых электродов марганцево-воздушно-цинковых элементов	179
Изготовление отрицательных электродов галетных элементов и производство диафрагм марганцево-цинковых элементов	182
§ 52. Изготовление электропроводного полотна для отрицательных электродов галетных элементов	183
§ 53. Каландрирование, обрезание электропроводного полотна и нанесение электропроводного слоя на цинковые листы	184
§ 54. Виды сепараторов и способы изготовления диафрагм	187
§ 55. Изготовление пастовых диафрагм для стаканчиковых элементов	188
§ 56. Производство диафрагм для галетных элементов	190
§ 57. Штамповка отрицательных электродов галетных батарей	192
Сборка стаканчиковых марганцево-цинковых элементов № 373 («МАРС») 193	
§ 58. Опрыскивание цинковых электродов и сборка деталей элементов № 373	195
§ 59. Подвертывание кромок диафрагм, вставка шайб и подпрессовка агломератов элементов № 373	196
§ 60. Нанесение галтели, надевание шайбы и набивка колпачков на угольные стержни, оформление внешнего вида элементов № 373	200
Сборка стаканчиковых марганцево-воздушно-цинковых элементов и батарей	206
§ 61. Вставка цинковых электродов в футляры	206
§ 62. Заливка «болтушки» и вставка агломератов	207
§ 63. Пайка клемм и токоотводов положительных электродов	210
§ 64. Заливка элементов и батарей битумной композицией	211
§ 65. Оклейка корпусов элементов и батарей	212
§ 66. Контроль качества и хранение готовых изделий	214
Сборка галетных элементов и батарей	214
§ 67. Сборка элементов на автоматах АЗЭП	214
§ 68. Сборка и бандажирование секций галетных батарей	220
§ 69. Парафинирование секций галетных элементов	222
§ 70. Сборка галетных батарей	224

Глава IV

РТУТНО-ЦИНКОВЫЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И БАТАРЕИ

§ 71. Процессы, протекающие при разряде ртутно-цинковых элементов	229
§ 72. Обозначение ртутно-цинковых элементов	231
§ 73. Эксплуатационные характеристики ртутно-цинковых гальванических элементов	232

§ 74. Конструкция пуговичных и цилиндрических ртутно-цинковых элементов и секций	240
§ 75. Особенности работы ртутно-цинковых элементов, позволяющие сохранить герметичность элементов при разряде	247
§ 76. Материалы, применяемые при производстве ртутно-цинковых элементов	248

Глава V

ПРОИЗВОДСТВО РТУТНО-ЦИНКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И БАТАРЕЙ

§ 77. Общая схема производства ртутно-цинковых элементов и батарей	251
Механические работы при изготовлении корпусов и крышек ртутно-цинковых гальванических элементов	251
§ 78. Штамповка корпусов и крышек	251
§ 79. Галтовка корпусов и крышек. Отжиг корпусов	256
Нанесение гальванического покрытия на корпуса и крышки ртутно-цинковых элементов	259
§ 80. Нанесение гальванических покрытий при электролизе водных растворов	259
§ 81. Обезжиривание корпусов и крышек элементов	261
§ 82. Химическое травление и декапирование корпусов и крышек элементов	265
§ 83. Гальваническое никелирование корпусов	267
§ 84. Гальваническое лужение крышек	272
Изготовление положительных электродов ртутно-цинковых элементов	273
§ 85. Приготовление активной массы для положительных электродов	273
§ 86. Дозирование и запрессовка активной массы в корпус элемента	276
Изготовление отрицательных электродов ртутно-цинковых элементов	282
§ 87. Обработка цинкового порошка	282
§ 88. Контроль качества цинкового порошка	283
§ 89. Дозирование цинкового порошка и запрессовка его в крышку элемента	285
§ 90. Пропитка отрицательных электродов электролитом и амальгамирование цинка	288
Штамповка диафрагм и приготовление электролита	290
§ 91. Штамповка бумажных диафрагм и шайб	290
§ 92. Приготовление щелочного электролита	292
Сборка ртутно-цинковых элементов пуговичной конструкции	295
§ 93. Сборка деталей элемента	295
§ 94. Завальцовка корпусов ртутно-цинковых элементов	296
§ 95. Проверка профиля завальцовки, высоты, э. д. с. и напряжения элемента	298
§ 96. Промывка и термоконтроль завальцованных ртутно-цинковых элементов	300
Изготовление секций и батарей из ртутно-цинковых элементов	301
§ 97. Приваривание никелевых токоотводов к элементам на монтажно-сварочном столе	301

§ 98. Сварочные работы при соединении ртутно-цинковых элементов в секции	305
§ 99. Обертывание секций элементов пленкой и изготовление батарей	307

Глава VI

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДРУГИХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

§ 100. Гальванические элементы с магниевыми электродами	310
§ 101. Медноокисные элементы	314

Глава VII

КОНТРОЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА И ОБОРУДОВАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ

Глава VIII

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И БАТАРЕЙ

§ 102. Проведение инструктажа по технике безопасности	326
§ 103. Общие правила личной гигиены на производстве	326
§ 104. Техника безопасности при изготовлении элементов и батарей	327
Литература	339

