

Краузе Гуго

Гальванотехника

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-3
ББК 84-4
Г93

Г93 **Гуго К.**
Гальванотехника / Краузе Гуго – М.: Книга по Требованию, 2023. – 223 с.

ISBN 978-5-519-90998-3

ISBN 978-5-519-90998-3

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Исправить
	Обложка	. . . дополненного издания и обработано	дополненного и обработанного издания
4	10 снизу	Metal Industry	Metalindustry
6	11 "	электротермическими	Электрометаллургическими
22	3 "	Сернистокислая закись меди	Сернистокислая закись — окись меди
22	3 "	Купри-сульфат Сульфат закиси меди	Купро-куприсульфит
23	3 сверху	$C_2 O_3$	CrO_3
29	4 снизу	$(KSiO \cdot C_4H_4O_6)_2 \cdot H_2O$	$(KSB O \cdot C_4H_4O_6)_2 \cdot H_2O$
30	11 сверху	Натрит натрия	Нитрат натрия
31	10 снизу	$Na_3SiS_4 \cdot 9H_2O$	$Na_3SbS_4 \cdot 9H_2O$
32	3 "	Двойная соль	Комплексная соль
32	3 "	Двойной цианид	Комплексный цианид
(Страницу 33 данные таблицы опустить на 1 строку)			
33	4 сверху	$FeCO_4 \cdot 7H_2O$	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$
35	16 снизу	Пироголлоловая	Пирогаллоловая
36	4 "	C''	C''
36	2 "	K	K'
37	16 сверху	водяном	водном
37	25 "	SO_4^{+}	SO_4^{--}
37	22 снизу	K'	K''
37	18 "	Cu	Cu''
37	14 "	Cu'	Cu''
37	13 "	(закисным F'')	(закисным F'')
37	12 "	Sn'	Sn''
37	10 "	двойная	комплексная
38	19 "	друг друга	друг другу

Г. Краузе, Гальванотехника.

Стр.	Строка	Напечатано	Исправить
44	Примечан.	кобальта немного больше- чем железа	потенциал кадмия несколько выше чем железа.
45	8 сверху	цель	цепь
46	14 "	Рядом	Наряду
74	4 снизу	в 1 м будет в 1 раз	в 1 м будет в 1 раз
88	7 сверху	0,5 г цианистого	0,5 кг цианистого
89	21 "	двойной	комплексной
89	25 "	двойной	комплексной
106	22 "	200 л	200 г
119	8 "	65	6,5
121	11 снизу	„Chram-Interessengemeinschaft“	Chrom-Interessengemeinschaft
125	19 сверху	трехфазного	трехвалентного
126	21 "	узнается по Шнейдевинду и Урбану; спустя некоторое время в работе	узнается, по Шнейдевинду и Урбану, спустя некоторое время: в работе
162	5 снизу	бисульфат	бисульфит
167	11 сверху	каолина	каолина
168	12 "	весы	веса
170	7 снизу	двойной	комплексной
171	4 сверху	двойной	комплексной
175	1 "	$1/2 \text{ см}^2$	$1/2 \text{ см}^3$
176	19 снизу	двойной	комплексной
178	21 сверху	ион	ионов
184	12 "	Абзац „Для приготовления ванны. . . как гремучее зо- лото“	Выпустить
192	23 "	1 л воды едкой щелочи	1 л воды; едкой щелочи
193	10 "	Шлиппа	Шлиппе
210	5 снизу	„Metall“	„Metall“

ПРЕДИСЛОВИЕ К 6-му НЕМЕЦКОМУ ИЗДАНИЮ.

Если книга, имеющая такой ограниченный круг читателей как эта, выдерживает шестое издание, то это служит доказательством права ее на существование. И так как вместе с этой «Гальванотехникой» общее число изданий моих книг, включая и переводные на три иностранных языка, превышает 100 000, то можно было бы считать, что они сумели удовлетворить потребности читателей как в отношении выбора темы, так и в отношении обработки материала.

Невзирая на это, я счел нужным снова подвергнуть это 6-е издание «Гальванотехники» строгой обработке ввиду того, что предыдущие издания лишь дополнялись вставками и приложениями.

При новой обработке я стремился принять во внимание все успехи техники и результаты научных исследований, но вместе с тем и сохранить главные преимущества книги: понятное, ясное изложение и небольшой объем. При довольно большом количестве необходимых добавлений, исправление состояло не только в отбрасывании устаревшего, но и в более целесообразном распределении материала, которое позволяло избежать повторений.

Читатель, прежде чем прочесть в главе VII об особом способе платинирования, должен уделить внимание общим отделам от I до VI. Кроме того в отделе «Никелировочные ванны и никелевые покрытия» есть некоторые сведения, относящиеся и к другим ваннам, в особенности к кислым ваннам; в отделе «Серебряные ванны и серебряные покрытия» подробно описано все, что относится к цианистым ваннам. Следовательно эти два отдела должны прочесть и те, кто не занимается никелированием или серебрением.

Описанные прежде в самостоятельной главе способы получения покрытий без внешнего источника тока, были затем отнесены к отдельным главам, также и определения содержания металла; а общие сведения об исследовании ванн, определение содержания кислоты, цианидов, определение pH — были присоединены к вступительным главам. Описание аналитических методов для исследования ванн я ограничил лишь тем, что без затруднения может усвоить практик; подробное описание способов исследования ванн должно иметь примерно такой же объем, как и данная книга.

Следуя пожеланиям, высказанным при обсуждении последнего издания, я постарался остановиться подробнее на описании некоторых пунктов, указанных в оглавлении.

Но подробное описание конструктивных особенностей отдельных устройств, как напр. аппаратов массовой гальванизации, автоматов, кольцевых ванн, слишком увеличило бы объем книги, поэтому

мне пришлось ограничиться, как и прежде, описанием этих устройств лишь в общих чертах.

Считаясь с объемом книги, я принужден был не приводить примеров из специальной литературы; для дальнейшего изучения этих вопросов рекомендуется следующая литература.

Технические книги:

Pfanhauser, „Galvanotechnik (Die elektrolytischen Metallniederchläge)“, Sehlötter, „Galvanostégie“, I u II Teil, Hughes, „Modern Elektro-Plating“; Blum und Hogaboom, „Principles of Electroplating and Electroforming“.

Научные книги:

Förster, „Elektrochemie wässriger“ Lösungen, „Grube“, „Grundzüge der theoretischen und angewandten Elektrochemie“, Daneel, „Elektrochemie und ihre physikalisch — chemischen Grundlagen“.

Журналы:

„Zeitschrift für Elektrochemie und angewandte physikalische Chemie“, Zeitschrift für Metallkunde, Metallwarenindustrie u. Galvanotechnik, „Korrosion u. Metallschutz, Oberflächentechnik; Metalindustry“, London and New-York, Transactions of the American Electrochemical Society“.

Химическое окрашивание осадков и металлов я описал в моей книге «Окрашивание металлов»; в настоящую же книгу могло войти лишь описание электрохимического крашения металлов.

Я надеюсь, что эта книга в новой обработке найдет новых друзей, а обладателям предыдущих изданий она поможет разобраться в обсуждении, применении и использовании достижений последних лет. Предложения и пожелания круга читателей я охотно приму во внимание при следующем издании.

Автор

ВВЕДЕНИЕ

Некоторые тела, как-то: стекло, эбонит, сургуч от трения приобретают способность притягивать обрезки бумаги и другие легкие тела, напр. подвешенный на шелковой нити шарик из бузинового (самбукового) дерева; тогда говорят, что эти тела стали электрическими. Если приблизить натертую стеклянную палочку к такому шарiku, то он притягивается, но как только шарик прикоснется к стеклянной палочке, он отталкивается. Подобные явления наблюдаются, если приблизить к шарiku натертую смоляную палочку (сургуч, эбонит). Это объясняется тем, что при соприкосновении электричество переходит на шарик, или, как говорят, шарик становится электрически заряженным. Если к шарiku, который был приведен в соприкосновение со стеклянной палочкой и значит оттолкнулся от нее, приблизить смоляную палочку, то смоляная палочка его притянет. Как только шарик прикоснется к смоляной палочке, он оттолкнется от нее и снова притянется к стеклянной палочке. Очевидно электрическое состояние смоляной палочки отличается от электрического состояния стеклянной палочки, т. е. существуют два рода электричества, получаемого натиранием: положительное (стеклянной палочки) и отрицательное (смоляной). Для тел, заряженных электричеством, существует следующий закон: одноименно заряженные тела отталкиваются (напр. палочка и шарик, который через соприкосновение перенял электричество палочки); разноименно заряженные тела притягиваются (напр. заряженный стеклянным электричеством шарик и смоляная палочка, или наоборот).

По современному воззрению на сущность электричества последнее состоит, как и материя, из атомов (см. отд. II). Электроны — это частицы отрицательного электричества; состояние положительной заряженности обуславливается недостатком электронов. Наблюдения над электричеством, вызываемым трением, мы закончим вышеописанным законом, так как этот вид электричества не имеет практического значения для вопросов, рассматриваемых в данной книге. Правда, с помощью электрической машины добывали трением электричество в таком масштабе, что удавалось этим электричеством разлагать воду и соли металлов, но практическое значение это разложение получило лишь тогда, когда научились добывать электричество другими способами.

Случайно сделанное в 1789 г. врачом Людвигом Гальвани наблюдение привело Вольту 10 лет спустя к открытию нового способа добывания электричества — погружением двух различных металлов в разбавленный раствор кислоты или соли. Получаемое таким спо-

собом электричество, в отличие от добываемого трением, было названо гальваническим электричеством, а производители тока, которые доставляли такое гальваническое электричество, — гальваническими элементами.

С помощью этих элементов достигалось более продолжительное действие электричества, так называемый «электрический ток»; с помощью тока вскоре удалось из различных солей металлов электролитическим путем выделить металлы в практически применимом виде.

Надо сказать, что металлы, уголь, кислоты, щелочи, растворы солей и влажные тела проводят ток. Шелк, сера, резина, гуттаперча, воск, стекло, смола, фарфор, масло, сухой воздух, сухое дерево, бумага, мрамор и т. п. тока не проводят, — эти вещества называются изоляторами.

В 1838 г. в б. Петербурге Якоби показал, что можно получить точные копии с различных предметов (напр. медалей) путем отложения на формах или оттисках, снятых с этих предметов, металлического слоя, чаще всего слоя электролитически выделенной меди. Это искусство, распространившееся впоследствии на более широкие области, назвали гальванопластикой. Вскоре затем применили это химическое действие гальванического тока для покрытия простых металлов благородными — это гальваностегия.

Получение электрического тока с помощью гальванических элементов было все же нецелесообразно, особенно для больших производств, так что лишь с изобретением динамомашин стало возможным применение гальванопластики и гальваностегии в крупных производствах, что вместе с тем дало значительное удешевление этого способа. С тех пор обе отрасли гальванотехники стали значительно развиваться.

Распространенное применение получило электролитическое обезжиривание; затем травление и окрашивание металлов стало также на электролитический путь. Электролитические процессы в большом объеме применяют в связи с электротермическими для получения и рафинирования металлов. Теперь для получения тока лишь изредка применяют гальванические элементы. Во всех больших производствах получают электрический ток с помощью динамомашины. Старые обозначения: гальванопластика, гальваностегия, гальванизер (тот, кто занимается гальванопластикой или гальваностегией) сохранились и по сей день, хотя часто вместо гальваностегии употребляют термин «плакировка металлов», а отдельные отрасли гальванотехники, как напр. травление с помощью гальванического тока, называют соответственно электротипией и гальваническим травлением.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК И ИСТОЧНИКИ ТОКА

1. Гальванические элементы, закон Ома и единицы измерения

Для наших целей гальванические элементы как производители тока имеют малое значение, и поэтому мы о них упомянем лишь вкратце.

Если погрузить в разбавленный раствор кислоты одну пластинку цинковую, другую медную и соединить их между собою медной проволокой, то цинк растворяется, и уходящие в раствор частицы его вытесняют из раствора частицы водорода, которые выделяются на медной пластинке. Состояние обеих пластинок изменяется при этом таким же образом, как у натертых смоляной и стеклянной палочек — они становятся электрическими и притом различно заряженными. Цинковая пластинка заряжается отрицательным электричеством, а медная — положительным. Этот пример можно объяснить так: уходящие в раствор частицы цинка отличаются от мельчайших частиц металлического цинка (атомов цинка) тем, что содержат отрицательного электричества на две частицы меньше (меньше на два электрона) и поэтому являются заряженными положительно. Также сама находящаяся в растворе частица водорода (водородный ион) имеет на один электрон меньше, чем атом выделяющегося газообразного водорода. Когда цинк уходит в раствор, то электроны остаются как бы в свободном состоянии на цинковой пластинке, которая следовательно становится отрицательно заряженной. Чтобы у медной пластинки водородные ионы могли перейти в газообразную форму, они должны отнять у медной пластинки электроны, вследствие чего медная пластинка делается положительно заряженной. Электроны могут передвигаться в изолирующих веществах лишь с большим трудом, в растворах — только если они связаны с частицами вещества; в металлах же они движутся свободно. Стремясь к выравниванию, электроны путешествуют через внешнюю цепь тока, т. е. замыкающего проводку, — от цинка к меди; таким образом возникает электрический ток. Электрический ток есть поток электронов. Этот поток электронов передвигается вне гальванических элементов от цинка к меди следовательно внутри раствора кислоты следовало бы считать направления тока от меди к цинку. Но прежде за направление тока принимали направление движения более бедных электронами и следовательно положительно заряженных ионов металлов и водорода. Мы должны в наших по-

следующих наблюдениях придерживаться общепринятых взглядов и значит понимать под «направлением тока» в растворе — направление движения не отрицательных электронов, а положительно заряженных ионов металлов и водорода.

Чтобы составить такой источник тока не надо употреблять непременно цинк и медь; можно привести в соприкосновение с жидкостью какие угодно два различных металла или два проводника электричества, напр. угли, газы. Возникающее при этом между обеими пластинками «напряжение», стремясь выравняться, создает электрический ток. Напряжение можно рассматривать как силу, производящую электрический ток. Эта сила будет различна в зависимости от примененных веществ. Можно указанные вещества расположить в ряд в таком порядке, чтобы при сочетании любых двух членов ряда ток в жидкости протекал от вышестоящего в ряду к нижестоящим. Вне жидкости — конечно в обратном направлении. Возбуждаемая при этом электродвижущая сила или напряжение будет тем больше, чем дальше одно от другого расположены в ряду данные два вещества. Этот ряд имеет следующий вид: калий, натрий, кальций, магний, алюминий, марганец, водород, цинк, кадмий, железо, никель, кобальт, свинец, олово, медь, сурьма, висмут, ртуть, серебро, платина, золото, углерод, фосфор, фтор, иод, бром, хлор, азот, сера, кислород.

Сочетание цинк-уголь дает высокое напряжение, олово-медь или платина-уголь способны создать только очень низкое напряжение. Такой ряд называется «рядом напряжений».

У меди скопляются положительно заряженные частицы водорода, которые там превращаются в газообразный водород. У цинка же происходит скопление отрицательно заряженных «кислотных остатков» и продуктов разложения последних. Эти скопляющиеся у пластинок различные вещества влияют точно так же, как погруженные в жидкость две различные металлические пластинки; они вызывают появление противодействующей силы, которая стремится двигать частички обратно, т. е. порождать ток противоположного направления. Этим ослабляется сила, производящая ток. Это явление, с которым приходится сталкиваться в гальванических ваннах, носит название гальванической поляризации. Чтобы гальванический элемент был пригоден для наших целей, надо бороться с появлением поляризации, для чего главным образом надо стараться воспрепятствовать скоплению на медной пластинке газообразного водорода. Это достигается отчасти применением вместо гладкой меди шероховатого угля; пузырьки водорода легче отделяются от неровной шероховатой поверхности; главным же образом это достигается применением химических реактивов, а именно: азотной кислоты, хромовой кислоты, окислов металлов, веществ, способных легко отдавать кислород, который связывает водород, давая безвредную воду; или же применением элемента Даниэля и его разновидностей, где медный купорос разлагается водородом, причем на место водорода выделяется медь. От силы этих средств, употребляемых для деполяризации, зависит пригодность гальванического элемента для наших целей, для которых нам необходимы продолжительные равномерные токи. Так напр., применяемый для электрических звонков в качестве деполяризатора пиролюзит (перекись марганца,

MnO₂) неприменим для гальванотехнических целей. Каждый элемент развивает известное давление, посредством которого старается вогнать электричество в провод. Эту силу, порождающую электрический ток, силу, движущую электричество, мы называем электродвижущей силой или разностью потенциалов или, в большинстве случаев кратко, напряжением. Единица его измерения — вольт. Электродвижущая сила элемента не зависит от величины элемента, а только от его состава.

Чем больше электродвижущая сила элемента, тем больше электричества протекает в единицу времени через цепь тока. Количество электричества, протекающее в 1 сек. через цепь тока, называется силой тока. Единица силы тока — ампер.

На силу тока влияет сопротивление, которое цепь оказывает протеканию электричества. Тем меньше через цепь будет протекать электричества, чем это сопротивление больше. Если напр. медь и цинк или уголь и цинк элемента мы соединим посредством длинной тонкой проволоки, то получим более слабый ток, чем если бы мы соединили обе пластинки данного элемента толстой, короткой проволокой.

Сопротивление цепи, затрудняющее протекание по ней электричества, зависит от длины, поперечного сечения и конечно от материала цепи. Сопротивление измеряется о м а м и.

Установленные единицы для электрических измерений следующие: ом, ампер и вольт.

Ом (Ω) — единица электрического сопротивления — представляет собой сопротивление, которое оказывает электрическому току столбик ртути, длиной в 106,3 см, с поперечным сечением в 1 мм² и с массой в 14,4521 г при температуре таящего льда.

Ампер (А) — единица силы тока. Если неизменяющийся электрический ток, проходя через водный раствор азотно-кислого серебра (AgNO₃), осаждает из раствора в 1 сек. 0,001118 г серебра, то он имеет силу в 1 ампер.

Вольт (V) — единица электродвижущей силы или напряжения. Вольт — это такая э. д. с., которая в проводнике, имеющем сопротивление, равное одному ому, производит ток силой в 1 А.

Если желают вычислить количество электричества, протекающее в любое время через цепь тока, то надо силу тока умножить на данное время. За единицу измерения количества электричества принята ампер-секунда или кулон. В технике более употребительна единица ампер-час = 3600 кулонов. По вышеописанным наблюдениям э. д. с. и сопротивление влияют на количество электричества, протекающего через проводник. Следовательно между тремя величинами: силой тока, электродвижущей силой и силой сопротивления существует определенное соотношение, а именно:

$$\text{сила тока} = \frac{\text{электродвижущая сила}}{\text{сопротивление}}$$

Это соотношение можно выразить посредством соответствующих единиц измерения:

$$\text{ампер} = \frac{\text{вольт}}{\text{ом}} \quad \text{или} \quad A = \frac{V}{\Omega}.$$

Это соотношение носит название «закон Ома».

Если обозначить силу тока через I , электродвижущую силу — e и сопротивление через w , то можно эту формулу написать так:

$$I = \frac{e}{w}$$

Из этого следует, что:

$$e = I \cdot w$$

т. е. электродвижущая сила равна силе тока, помноженной на сопротивление

и

$$w = \frac{e}{I}; \text{ т. е. сопротивление} = \frac{\text{электродвижущей силе}}{\text{силу тока}}$$

Если на концах проводника, сопротивление которого равняется $0,2 \text{ } \Omega$, действует э. д. с. в 5 V , то сила тока будет равна:

$$I = \frac{e}{w} = \frac{5}{0,2} = 25 \text{ A.}$$

Чтобы прогнать ток силой в 75 A через сопротивление в $0,1 \text{ } \Omega$, нужна э. д. с.:

$$e = I \cdot w = 75 \cdot 0,1 = 7,5 \text{ V}$$

и т. д.

Ток должен пройти не только через внешнюю цепь, но также и через самый элемент. Элемент оказывает прохождению тока тем большее сопротивление, чем менее поверхности цинка и угля или меди, между которыми протекает ток внутри элемента. Следовательно, чтобы достигнуть большой силы тока надо применять большие элементы. Вместо одного элемента с большими пластинками можно взять несколько маленьких элементов и включить их параллельно, т. е. соединить все угольные пластинки между собою, а все цинковые — между собою. Два или три элемента, соединенных таким образом, представляют току двойную или тройную поверхность для прохождения, следовательно соответствуют элементу с двойной или тройной величиной пластинок.

Напротив, если включить несколько элементов последовательно, т. е. соединить уголь одного элемента с цинком следующего и т. д., то будут суммироваться э. д. с. или напряжения между цинком и углем, так как связанные между собой цинковые и угольные пластинки не могут иметь различное напряжение. Если напр. один элемент имеет напряжение в $1,8 \text{ V}$, то э. д. с. трех таких элементов, соединенных последовательно, будет в три раза больше— $3 \cdot 1,8 = 5,4 \text{ V}$.

Конечно и сопротивление, которое оказывают прохождению тока три элемента, соединенных последовательно, будет в три раза больше, чем у одного элемента. Поэтому, если сопротивление внешней цепи мало, то последовательное включение оказывается невыгодным. В некоторых случаях применяется включение группами, т. е. соединяют несколько элементов последовательно, и затем несколько таких групп между собою параллельно. Испытанием различных способов соединения достигается наиболее выгодное соединение. Так как гальванические элементы находят теперь применение лишь для мелких испытаний и опытов, то мы можем ограничиться описанием наиболее важных элементов, употребляемых для этих целей.