

Р 1.2048

На дом
не выдается

Жуков, Н.

Алюминий и его
металлургия.

М., 1893.

АЛЮМИН

И ЕГО

МЕТАЛЛУРГІЯ.

АЛЮМИНІЙ

И ЕГО

МЕТАЛЛУРГІЯ.

СОДЕРЖАНІЕ:

Теорія электролиза. — Электрическіе и химическіе способы производ-
ства. — Обработка. — Сплавы. — Соединенія алюминія. — Рафинировка.

Съ 40 чертежами и таблицами въ текстѣ.

Составилъ по иностраннымъ руководствамъ и привилегіямъ

Николай Жуковъ.

ИЗДАНИЕ

Н. П. Карбасникова.

МОСКВА.

КНИЖНЫЙ МАГАЗИНЪ Н. П. КАРБАСНИКОВА,

Плющиха, д. Орлова. (Складъ изданія).

1893.

ПРОВЕРЕНО
1932

БИБЛИОТЕКА
ИМПЕРАТОРСКАГО
МОСКОВСКАГО
ТЕХНИЧЕСКАГО УЧИЛИЩА

Р. 12048

Провед. 1932

ПРОВЕРЕНО
1948

Дозволено цензурою. Москва, сентября 19-го 1892 г.

Типографія М. Г. Волчанинова, Б. Черн. п., д. Пустошкина, пр. Анг. ц.

Предисловіе.

Производство алюминія и его сплавовъ за послѣднее время быстро подвинулось впередъ какъ въ Европѣ, такъ и въ Америкѣ.

Новыя усовершенствованія, въ особенности же вновь изобрѣтенные способы добыванія алюминія изъ его рудъ, отличающіеся дешевизной и простотой, дали возможность развиваться аллюминіевой промышленности до широкихъ размѣровъ.

Призванный занять выдающееся мѣсто въ техникѣ и замѣстить собою, если не всѣ, то многіе изъ обыденныхъ металловъ, аллюминій уже въ настоящее время въ состояніи во многихъ случаяхъ замѣнить серебро, мѣдь и олово, а иногда и сталь.

Соединяя въ себѣ качества металловъ благородныхъ (неокисляемость), онъ въ то же время обладаетъ всей совокупностью признаковъ, встрѣчающихся въ отдѣльности въ различныхъ металлахъ, т. е. твердостью или мягкостью, сообразно обработкѣ, упругостью, ковкостью, гибкостью и звучностью. Улучшая сплавы и придавая имъ, по желанію, тѣ или другія качества,

алюминій является также наилучшимъ рафинирующимъ средствомъ. Будучи крайне легкимъ онъ придаетъ твердость тѣмъ металламъ съ которыми соединяется и становится не замѣнимымъ во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, гдѣ излишній вѣсъ оказывается ощутительнымъ зломъ.

Эта юная отрасль промышленности далеко еще не сказала своего послѣдняго слова; вмѣстѣ съ блестящимъ развитіемъ электротехники появляются все новые способы производства, постепенно понижающіе цѣну алюминія. Слѣдуетъ полагать, что когда техника дойдетъ до возможности готовить алюминій по крайне низкой цѣнѣ, онъ безспорно будетъ въ состояніи замѣнить тяжелое ржавѣющее желѣзо и станетъ подобно этому послѣднему общераспространеннымъ металломъ.

Цѣна алюминія за границей до настоящаго времени понизилась до 10 франк. кило; однако такое пониженіе въ цѣнѣ не слѣдуетъ считать предѣльнымъ и близко время, когда алюминій будетъ доставленъ на рынокъ по 8½ фр. кило; при такой цѣнѣ, будучи въ три раза легче олова, онъ сравняется въ цѣнѣ съ этимъ послѣднимъ при равныхъ объемахъ*).

*) Алюминій обходится въ Россіи 120 р. пудъ, тогда какъ 1 пудъ серебра стоитъ 800 рублей; въ виду того что по объему 4 пуда серебра равняются 1 пуду алюминія, можно сдѣлать столько же издѣлій определенной величины,

Добываніе алюминія какъ предпріятіе промышленное уже давно стало волновать всѣ предпріимчивые умы западной Европы. Мы слышимъ постоянно о вновь возникающихъ обществахъ, обладающихъ крупными капиталами для эксплоатаціи того или другого способа производства.

Къ сожалѣнію столь важная, имѣющая громадную будущность, отрасль промышленности еще не проникла къ намъ въ Россію.

Малое знакомство съ производствомъ алюминія, а также разбросанность свѣдѣній, появляющихся въ печати и, вообще, бѣдность нашей литературы въ этомъ направленіи, дали мнѣ мысль собрать, по возможности, всѣ свѣдѣнія по вопросу о добываніи алюминіи въ нѣчто цѣлое и заняться составленіемъ настоящаго изданія, представляемаго благосклонному вниманію лицъ, интересующихся алюминіемъ.

Собирая все, что печаталось въ иностранной литературѣ, въ видѣ ли отдѣльныхъ сочиненій, въ видѣ ли статей и свѣдѣній, разбросанныхъ

сколько изъ 4 пудовъ серебра; другими словами, на предметъ на который пойдеть серебра на 1 рубль алюминія потребуется всего на 4 коп. Такимъ образомъ, сравнивая алюминій даже съ серебромъ, съ которымъ онъ отчасти можетъ конкурировать, цѣна алюминія все же не высока и не можетъ уже болѣе задерживать постепеннаго его примѣненія для различныхъ потребностей.

VIII

по различнымъ журналамъ, я счелъ полезнымъ пользоваться также различными привиллегіями, взятыми за послѣднее время въ разныхъ странахъ Европы и у насъ въ Россіи.

Для болѣе яснаго пониманія всего послѣдующаго, явилась необходимость изложить, въ возможно сжатомъ видѣ, элементарныя понятія и законы электролиза въ примѣненіи его къ электрометаллургіи.

Источники, которыми я пользовался, доходятъ до 1892 года включительно. Изъ нихъ я считаю долгомъ указать на главнѣйшіе:

- «*Lumière électrique*», статьи Мине и Ришара.
- «*L'année électrique*», различныя привиллегіи.
- «*La Metallurgie*» (журналъ).
- «*Revue scientifique*» XLVII, № 10 Henriot.
- «*Genie civil*» 1889 года.
- «*Moniteur scientifique*» 1887 г. Edward Self.
- «*Revue des sciences pures et appliquees*» 1891 г.
- «*L'électricien*» 1890—92 г. различныя свѣдѣнія по алюминію.

Politechnisches notizblatt	} нѣмецкія привиллегіи по 91 г.
Electrotechn. anzeiger	

Сочиненія:

Electrolyse, Fontaine.

Galvanoplastie, Danato Tomasi.

Electrochimie, Tomasi.

Traité de mineralogie par Jagneux.

Traité de chimie appliquée a l'industrie par Renard.

Leçons sur l'électricité Eric Gerard.

Galvanoplastic, Bouant.

L'aluminium, Henry Sainte Claire Deville.

Mierzinsky, Fabricatiun des aluminiums.

Wagner, Chemiche Technologie.

Le Châtelier, Influence de la temperature sur les propriétés mécaniques des métaux.

Изъ русскихъ сочиненій я пользовался:

«Техническимъ Сборникомъ».

«Горнымъ Журналомъ».

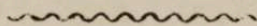
«Алюминій» Корнблита.

«Алюминій и его сплавы» сообщеніе Гольцгауера Императорскому Русскому Техническому Обществу.

Привиллегіи: Коульса, Геру́, Грабо, Бернара и многихъ другихъ.

Не смотря на полное желаніе собрать и систематизировать все существенно важное, касающееся алюминія, мой трудъ не можетъ имѣть значенія полной металлургіи алюминія, а представляетъ изъ себя лишь первый опытъ такой систематизаціи, какъ простой очеркъ столь важной отрасли промышленности. Въ этомъ очеркѣ найдутся безъ сомнѣнія пропуски, невольныя недосмотры или неточности и я былъ бы крайне признателенъ, если бы эти недостатки были мнѣ благосклонно указаны для будущаго ихъ исправленія.

Составитель.



ОГЛАВЛЕНІЕ.

	Стран.
Предисловіе	I

О т д ѣ л ъ I.

Введеніе	1
Основныя понятія	6
Работа тока	9
Электрическія единицы измѣренія	10
Электролитическіе законы:	
А. Законы мощности тока	13
В. Законы электродвигательной силы	21
С. Электролитическая работа.	24
Общія примѣчанія по отношенію электролиза мокраго пути.	29
Электролизъ огненно жидкой плавки	30

О т д ѣ л ъ II.

Способы производства алюминія	38
I. Способы электрическіе.	
А. Электролитическіе:	
Способъ Мине.	41
« Галля.	72
« Диля	75
« Нансена.	77
« Рожера	—
« Кастнера	78
« Дугласъ Диксона	80
« Фельта	85
« Воле	87

В. Способы электрическіе:

Способъ Коульса.	90
« Геру	103
« Жерара Лекюйэ.	109
« Киліани	110
« Паркера.	113
« Шнелера и Асгфалька	115
« Вріп.	117
« Клейнера	118
« Фармера.	119
« Фора	120
« Омлотъ, Боттигеръ, Зейдлеръ	125
« Пеарсона и Пратта	126
« Стефанитъ.	—

II. Способы химическіе.

Историческій очеркъ	128
Способъ Сентъ Клера Девиля.	132
« Грабб	147
« Нетто	154
« Гамберга	159
« Western aluminium Co.	160
« Гринвуда	161
« Мансье	163
« Кастнера	165
« Фризмута	168
« Вебстера	—
« Томсона.	169
« Бальдвина.	—
« Фельдмана	170
« Форн	—
« Форстера.	—
« Томсона (натрій)	171
« Тоульса (натрій)	—
Разные способы	—
Заводъ близъ г. Питсбурга.	173
« « Нейгаузена.	178

О т д ѣ л ъ III.

Алюминій и его свойства:

Физическія свойства 191

Химическія свойства 200

Обработка чистаго алюминія:

Обработка инструментами 205

Плавка и отливка —

Ковка 210

Прокатка. 211

Пайка —

Гальванопластич. серебрёніе и золоченіе. 214

Плакировка —

Сплавы алюминія 216

Алюминій—олово 217

Алюминій—цинкъ 218

Золото—алюминій 219

Висмутъ—алюминій —

Серебро—алюминій —

Алюминіевая амальгама —

Мѣдь—алюминій (алюминіевая бронза) 220

Общія правила. —

Легкіе сплавы 223

Тяжелые сплавы (обработка свойства) . . . 226

Алюминіевая латунь 240

Свинець—алюминій 245

Никель -- алюминій 246

Ферро—алюминій и кремнистый ферро-алюминій. —

Разные сплавы:

Серебряная бронза Коульса 248

Нейзильберъ 249

Неогенъ —

«Minargent» —

Алюминіевый аржантинъ. 250

Соединенія алюминія 251

Глиноземъ —

Водный глиноземъ. 253

Бокситъ	—
Алюнитъ.	254
Кріолитъ.	255
Алюминіевые силикаты.	—
Глина	259
Свойства и сорта глинъ	261
« Каолинъ.	262
« Пластичная глина.	264
« Гончарная «	265
« Валяльная «	266
« Мергель «	—
« Суглинокъ.	267
« Болюсь и охра	—
Анализъ глинъ.	—
Искусственныя соединенія глинозема.	269
Квасцы	—
изъ глины	—
« кріолита.	271
« бокситъ	273
« квасцовога камня	—
Квасцы амміачные.	274
Укусно глиноземная соль	275
Азотнокислый глиноземъ	276
Сѣрнокислый «	—
Хлористый «	—
Фтористый «	278
Сѣрнистый алюминій.	—
Алюминатъ натрія	—
Кремнекислый глиноземъ.	279
Рафинировка стали.	281
« чугуна	293
Желѣзо «Митисъ».	295
Приложеніе I къ стр. 21.	297
« II « « 24.	—
« III къ способу Минне.	298
Таблицы	301
Объявленія.	



Э. ГОЛЬЦГАУЕРЪ

Вознесенскій проспектъ, 37. С.-Петербургъ.

ПОСТАВЩИКЪ

КАЗЕННЫХЪ И ЧАСТНЫХЪ МЕТАЛЛИЧЕСКИХЪ ЗАВОДОВЪ, ЖЕЛѢЗНЫХЪ ДОРОГЪ И ПАРОХОДНЫХЪ ОБЩЕСТВЪ

Предлагаетъ чистый алюминій и его сплавы.

- | | | |
|---------------------|---|---|
| 1. Чистый алюминій: | { | Въ болванкахъ для литья. |
| № I 990/0 | | Въ плиткахъ для прокатки. |
| и | | Въ вальцованныхъ листахъ (5'×18") отъ 1/10 м/м и болѣе. |
| № II ... 95—980/0 | | Въ проволокахъ отъ 1/10 м/м и болѣе. |
| | | Въ канители до тончайшихъ номеровъ. |
| | | Въ молотобойныхъ листкахъ (Blate aluminium). |
2. Ферро—алюминій, 10—150/0 Al.
 3. Алюминіевая бронза изъ чистой мѣди, 2—100/0 Al.
 4. Алюминіевая латунь. №№ 1. 2. 3. 4. съ различнымъ содержаніемъ Al и Zn.
 5. Серебро съ содержаніемъ 98 - 850/0 Al.
 6. Спеціальный сплавъ мѣди съ алюминіемъ для подшипниковъ.
 7. Алюминіевый баббитъ, самосмазывающій №№ 1. 2. 3. (Cowles White Metal), какъ твердый такъ и мягкій, для быстровращающихся, тяжелыхъ и другихъ машинъ, паровозовъ, вагоновъ и проч. Служить въ 3—4 раза долѣе обыкновеннаго.
 8. Алюминіево-марганцевая бронза.
 9. Кремнистая бронза съ содержаніемъ до 120/0 Si.
 10. „Герлулесь“, бронза очень удобная по дешевизнѣ (16 р. 50 коп. пудъ).
 11. Тигли специально приготовленные для плавки алюминія, не содержащіе избытка кремнія (1 пудъ емкости 5 р.).

Всѣ сообщенія адресовать:

Единственному Представителю для Россійской Имперіи

Компаніи Синдиката Коульсѣ.

Э. Гольцауеръ.

Вознесенскій Проспектъ, № 37. С.-Петербургъ.

ПРОЕКТЫ ЗАВОДОВЪ
И УСТАНОВОКЪ, А РАВНО И САМОЕ ПРОИЗВОДСТВО
АЛЮМИНІЯ
И ЕГО
СПЛАВОВЪ

изъ крайне дешеваго и общераспространеннаго матеріала, по новому усовершенствованному электро-плавильному способу, принимаетъ на себя составитель
КНИГИ

Николай Жуковъ.

Способъ производства можетъ быть демонстрированъ.

За справками обращаться:

Москва, Плющиха, д. Орлова, въ книжный магазинъ К. П. Карбасникова.

Отдѣлъ I.

Введеніе.

Алюминій или металлъ квасцовъ получилъ свое названіе отъ латинскаго слова «alumen» — квасцы; онъ называется также глиніемъ потому, что содержится въ глинѣ. Въ видѣ различныхъ соединеній, онъ находится въ изобиліи въ природѣ, входя въ составъ земной коры; онъ находится въ неизмѣримо большемъ количествѣ на поверхности и въ нѣдрахъ земли, чѣмъ всевозможныя соединенія другихъ металловъ и металлоидовъ, кромѣ щелочныхъ. Достаточно указать, что алюминій есть одна изъ главныхъ составныхъ частей глины, чтобы стала ясна громадная его распространенность въ природѣ.

Такое богатство алюминіемъ земной коры, дающее неизсякаемый источникъ для его добыванія, заставило ученыхъ обратить серьезное на него вниманіе и заняться изысканіемъ способовъ и средствъ для его добыванія.

Металлическій алюминій былъ открытъ Геттингенскимъ профессоромъ Вёлеромъ въ 1827 году. Получивъ его впервые въ видѣ мелкаго порошка, при дѣйствіи калия на хлористый алюминій, Вёлеръ,

уже въ 1845 году, имѣлъ возможность получить алюминій въ видѣ корольковъ бѣлаго металла и заняться опредѣленіемъ его свойствъ.

Въ 1862 году Сентъ Клеръ Девилль предсказывалъ громадное значеніе, которое суждено играть алюминію въ будущемъ, разъ будетъ достигнута возможность добывать его легко и дешево изъ рудъ, т.-е. изъ глинозема.

Со времени открытія Вёлеромъ алюминія прошло много лѣтъ и алюминій былъ преданъ забвенію.

Только въ 1854 году, послѣ введенія нѣкоторыхъ усовершенствованій въ способъ Вёлера, Девилль получилъ королекъ весьма чистаго алюминія при нагрѣваніи хлористаго алюминія съ натріемъ. Докладъ объ алюминіи академіи наукъ вызвалъ назначеніе коммисіи для провѣрки сообщеній Девиля. 14 августа того же года былъ прочитанъ второй докладъ, а также представлено академіи нѣсколько брусковъ чистаго алюминія, изъ которыхъ была отчеканена медаль для императора Наполеона III. Въ 1855 году, за счетъ императора, на химическомъ заводѣ въ Жавеллѣ, были произведены опыты въ большихъ размѣрахъ и 18 іюня академіи наукъ было уже поднесено нѣсколько слитковъ новаго металла.

Способъ, разработанный этимъ ученымъ, былъ примѣненъ на заводахъ въ Ла-Гласіерѣ, Нантеррѣ и Салендрѣ. Однако, въ виду того, что для производства 1 кило алюминія, необходимо было 3 кило натрія, стоившаго 6000 франковъ, цѣна алюминія была столь высока, что препятствовала его распространенію.

Серьезнаго значенія алюминій еще долго не могъ завоевать не смотря на то, что Девилю удалось понизить, настойчивыми трудами, его стоимость до 300 фр. кило. Уже тогда, многіе ученые, знакомые съ этимъ металломъ, пророчили ему блестящую будущность и считали его призваннымъ занять мѣсто тяжелаго ржавѣющаго желѣза. Самъ Девиль въ рефератѣ 1862 года сказалъ:

«Алюминій или какъ его называютъ «серебро глины» составляетъ переходъ отъ простыхъ металловъ къ благороднымъ; это связующее звено доселѣ отсутствовавшее, замѣщалось различными сплавами не обладающими отличительными свойствами благородныхъ металловъ, т.-е. неокисляемостью отъ дѣйствія воздуха и безвредностью. Алюминій, дѣйствительно, тоже не настолько сопротивляется дѣйствию химическихъ веществъ, какъ благородные металлы, но онъ противустоитъ воздуху, водѣ, сѣрной, азотной кислотамъ и сѣрнистому водороду, дѣйствию которыхъ подвержены желѣзо, мѣдь и серебро. Эти свойства, а равно малый удѣльный вѣсъ, звучность, ковкость, гибкость и тягучесть чистаго алюминія, точно опредѣляютъ его мѣсто въ техникѣ. Я былъ бы вполне доволенъ, если бы техника примѣнила этотъ металлъ, какъ онъ того заслуживаетъ. Если же, когда либо, удалось бы найти способъ дешеваго его добыванія изъ рудъ, т. е. изъ глинозема, представляющаго столь распространенную составную часть земной коры, то можно полагать, что примѣненіе его превзойдетъ даже примѣненіе желѣза».

Мечты Девиля нынѣ осуществились: изъ гли-

нозема добывается алюминій легко и дешево и не граммами, а цѣлыми тоннами.

Однако, прошло еще много лѣтъ, пока алюминій имѣлъ возможность выступить на практическую почву.

За послѣдніе годы алюминіевая промышленность значительно возрастаетъ и ставитъ алюминій на ряду съ обыкновенными металлами. Усовершенствованный способъ Девиля, а равно и вновь изобрѣтенные Кастнеромъ, Нетто въ Англіи, Граббъ во Франціи, понизили цѣну алюминія въ очень значительной степени. Съ другой стороны, способы, въ которыхъ электричество играетъ первенствующую роль, возникли нѣсколько лѣтъ тому назадъ и по своей простотѣ и дешевизнѣ затѣмняющіе всѣ предъидущія, понизили цѣну алюминія до 15 франковъ килограммъ.

Способы Минэ, Галль, Геру и Киліани, Клейнера, Коульса и многихъ другихъ получили, благодаря простотѣ, легкости и дешевизнѣ производства, преобладающее значеніе и поставили производство алюминія на коммерческую почву.

Такимъ образомъ, электричество снова пришло на помощь и оказало незамѣнимую услугу. Легко понять, что разъ была получена возможность путемъ электричества добывать алюминій, способы его полученія оказались незамѣнимыми, такъ какъ естественныя силы природы (напр. водяная сила), въ свою очередь, дали необходимую и дешевую энергію для полученія электричества. Это условіе, имѣющее первенствующее значеніе въ особенности

для тѣхъ странъ и мѣстностей, гдѣ дорого топливо, имѣетъ также большое значеніе и для Россіи, такъ какъ при изобиліи водяной силы и раціональной ея эксплуатаціи, расходы на двигатели значительно сокращаются.

Въ настоящее время, благодаря пользованію естественными силами природы для полученія могучей электрической энергіи, позволительно сомнѣваться, чтобы какой-либо другой путь, чисто химическій, далъ бы возможность рѣшить задачу извлеченія алюминія изъ его рудъ болѣе легко и просто.

Ранѣе чѣмъ приступить къ изложенію способовъ и аппаратовъ для добыванія алюминія, необходимо дать основныя понятія о законахъ, управляющихъ электрометаллургіей.

Задача, поставленная нами и касающаяся производства одного только алюминія, не позволяетъ, къ сожалѣнію, развить во всей своей полнотѣ ученіе объ электролизѣ и мы ограничимся его изложеніемъ лишь по сколько это необходимо для послѣдующаго пониманія. Затѣмъ мы перейдемъ къ описанію многоразличныхъ способовъ производства алюминія, постараемся изучить его свойства и качества, обработку, производство сплавовъ и ихъ примѣненіе.

Основные понятія.

Электрическій токъ достаточной силы, проходя чрезъ какое-либо химическое соединеніе, приведенное въ жидкое состояніе и способное подвергнуться разложенію, разъединяетъ его составныя части: металлы, основанія и водородъ относятся къ отрицательному полюсу, тогда какъ кислоты и кислородъ становятся свободными у полюса положительнаго.

Такого рода разложенія, въ большинствѣ случаевъ, сопровождаются второстепенными реакціями, совершенно измѣняющими иногда ожидаемые результаты, что происходитъ по причинѣ обратнаго соединенія разложенной токомъ молекулы съ частями ванны, имѣющими къ ней близкое химическое сродство. Такъ напримѣръ, разлагая растворъ сѣрнокислаго натра ($Na_2 SO_4 + 2 H_2O$), мы должны бы были получить—съ одной стороны, на катодѣ Na_2 , съ другой,—на анодѣ SO_4 ; однако, на самомъ дѣлѣ, этого не бываетъ, такъ какъ вода раствора препятствуетъ образованію Na_2 , съ которой онъ энергично соединяется, образуя растворъ ѣдкаго натра $NaHO$. Кислота SO_4 , отнесенная къ аноду, разъединяется на кислородъ O и ангидридъ сѣрной кислоты SO_3 , этотъ

послѣдній, соединяясь съ молекулой воды, вновь образуетъ сѣрную кислоту около анода, а кислородъ становится свободнымъ и выдѣляется въ воздухъ. Такимъ образомъ мы ожидали получить натрій и сѣрную кислоту, а на самомъ дѣлѣ получили растворъ ѣдкаго натра и свободный кислородъ. Такого рода *второстепенныя явленія* происходятъ довольно часто, замаскировывая первоначальную реакцію.

Разложенія электрическимъ токомъ жидкостей называютъ *электролизомъ*.

Электролитомъ называется сложное тѣло, подвергаемое электролизу.

Оконечность проводника, пластина или какое-либо другое вещество, чрезъ которое токъ *вступаетъ въ электролитическую ванну*, называется *положительнымъ электродомъ* или *анодомъ*; обратно, оконечность проводника, черезъ который токъ *выходитъ изъ ванны*, носить названіе *отрицательнаго электрода* или *катода*.

Ионами называются разложенныя вещества, разносимыя токомъ въ разныя стороны; *аніонами* или *элементами электроотрицательными* принято называть тѣ вещества, которыя относятся къ полюсу положительному; *катіонами* или *элементами электроположительными*—тѣ частицы, которыя относятся къ полюсу отрицательному, гдѣ весьма часто и осаждаются на самомъ электродѣ.

Электролизъ можетъ происходить при *раствореніи* тѣла въ водѣ или кислотахъ, или же при *приведеніи тѣла въ расплавленное состояніе*. Первый изъ нихъ носить названіе *электролиза мокраго пути* и

примѣняется въ настоящее время при рафинировкѣ металловъ, какъ напримѣръ, мѣди, свинца, никеля и др. а также—въ гальванопластикѣ; второй способъ носить названіе *электролиза огненно жидкой плавки* и примѣнимъ особенно въ тѣхъ случаяхъ, когда электро-положительный элементъ, который желаютъ получить, по причинѣ сильнаго сродства къ кислороду не можетъ образоваться въ водномъ растворѣ.

Именно это обстоятельство и относится до алюминія, магнія и вообще всѣхъ щелочныхъ металловъ.

Послѣдній способъ электролиза огненно жидкой плавки встрѣтилъ вначалѣ большія, чисто матеріальныя, затрудненія для своего осуществленія, однако, какъ мы увидимъ далѣе, при описаніи способовъ, употребляемыхъ въ электрометаллургіи алюминія, всѣ затрудненія эти нынѣ устранены.

Можно сказать что, въ настоящее время, этотъ послѣдній способъ представляетъ значительныя преимущества передъ электролизомъ мокраго пути; среди его преимуществъ, къ которымъ мы еще вернемся, слѣдуетъ особенно упомянуть о способности электричества развивать въ *крайне ограниченномъ* пространствѣ громадную энергію.

Законы, управляющіе электролизомъ, присущи въ одинаковой степени обоимъ способамъ.

Однако, ранѣе чѣмъ перейти къ этимъ законамъ, необходимо дать понятіе о знакахъ, которыми условились обозначать электрическія, механическія и химическія величины электролитической системы, а равно и опредѣлить ихъ математическія формулы по отношенію работы тока.

Такимъ образомъ мы будемъ обозначать:

- Eg химическій эквивалентъ, выраженный въ граммахъ.
- εq электро-химическій эквивалентъ простыхъ тѣлъ, выраженный въ миллиграммахъ.
- t^0 температура Цельзія.
- c калорическая энергія въ большихъ калоріяхъ.
- j механический эквивалентъ теплоты Жуля (428,4).
- g ускореніе, получаемое тѣломъ при паденіи въ концѣ первой секунды (9,8094).
- R, r сопротивленіе, оказываемое твердыми тѣлами прохождению электрическаго тока.
- ρ сопротивленіе жидкостей.
- I *сила* i мощность тока, выраженная въ амперахъ.
- $Q=(Ia)$. . . количество электричества въ кулонахъ.
- E электродвигательная сила въ вольтахъ.
- E^1 электродвигательная сила какого-либо источника электричества.
- e минимальная электродвигательная сила, необходимая для разложенія.
- ε разница потенціала на электродахъ или электродвигательная сила при входѣ или выходѣ изъ электролитической ванны.
- U электроемкость въ фарадахъ.
- u « « микро-фарадахъ.

Работа тока.

- T работа развиваемая токомъ при данной мощности I , сопротивленіи R (твердаго

или жидкаго тѣла) и времени a . Она равна.

$$T = \frac{RI^2a}{g}.$$

T_c предъидущая работа, выраженная въ калоріяхъ:

$$T_c = \frac{RI^2a}{g \times j}$$

Wk . . . энергія въ килограмметръ-секундахъ при силѣ тока данной мощности I , электро. двигательной силы E и времени a :

$$Wk = \frac{E Ia}{g}$$

W энергія въ паровыхъ силахъ секундахъ:

$$W = \frac{E Ia}{g \times 75}$$

W_c энергія въ большихъ калоріяхъ:

$$W_c = \frac{E Ia}{g \times j}$$

Для вычисленія израсходованной энергіи въ цѣлой системѣ или въ электролитическихъ ваннахъ, при условіи, что электрическая энергія доставляется однимъ источникомъ, достаточно замѣстить въ формулахъ Wk , W , W_c величину E соотвѣтствующими величинами E , e и ε .

Электрическія единицы измѣренія.

Практическія единицы измѣренія, принятые электротехниками на конгрессѣ 1881 года суть еди-

ницы производныя отъ системы Ц. Г. С. (сантиметръ, граммъ-масса, секунда). Въ настоящее время они вошли въ языки всѣхъ странъ. Ихъ всего шесть *омъ, амперъ, кулонъ, вольтъ, фарадъ и уайтъ*.

1. *Омъ* есть практическая единица сопротивленія; его нормальная величина можетъ быть представлена въ видѣ столба ртути длиною въ 106 сантиметровъ при 1 миллиметрѣ сѣченія; онъ можетъ быть представленъ также въ видѣ проволоки изъ химически чистой мѣди длиною въ 48,64 метра при діаметрѣ въ 1 миллиметръ.

2. *Амперъ* есть единица ^{силы} мощности тока. Для представленія одного ампера берутъ обыкновенно количество серебра, которое онъ отлагаетъ въ одну секунду. По вычисленію Кольрауша, оно равняется 0,00111888 граммъ.

3. *Кулонъ* есть единица количества электричества, проходящая по цѣпи въ одну секунду при мощности тока въ одинъ амперъ.

Электрическій токъ въ 1 кулонъ, разлагая воду на ея составныя части, выдѣляетъ:

На анодѣ: кислородъ . . .	0,08288 миллиграммъ
» катодѣ: водородъ . . .	0,01036 »

Такъ, на примѣръ, токъ мощностью въ одинъ амперъ въ теченіе часа (3600 секундъ), доставляющій слѣдовательно 3600 кулоновъ, выдѣляетъ слѣдующее количество металла:

Никелля	1,102 грамма
Мѣди	1,184 »
Серебра	4,025 »
Платины	3,693 »
Золота	3,675 »

4. *Вольтъ* есть единица электродвигательной силы; это есть напряженіе электричества, способное поддерживать токъ мощностью въ 1 амперъ при сопротивленіи одного ома.

5. *Фарадъ* есть единица емкости; это есть емкость конденсатора, способнаго вмѣстить 1 кулонъ.

6. *Уайтъ* (или ваттъ) есть произведеніе вольтовъ на амперы; такимъ образомъ 1 уайтъ представляет токъ мощностью въ 1 амперъ при 1 вольтѣ напряженія. Уайтъ служить величиною крайне удобною для измѣренія общей энергіи, доставляемой даннымъ источникомъ электричества.

Омъ, вольтъ и амперъ связаны между собою важнымъ закономъ, устанавливающимъ соотношеніи между этими тремя единицами и гласящимъ, что «сопротивленіе прямо пропорціонально электродвигательной силѣ и обратно пропорціонально мощности тока», т.-е.

$$R = \frac{E}{I}, \text{ откуда } E = IR \text{ и } I = \frac{E}{R}.$$

Благодаря этому закону, легко вычислить любую величину, разъ даны двѣ другія. Формулы эти имѣютъ преобладающее значеніе въ электрометаллургіи и будутъ встрѣчаться постоянно.

Электролитическіе законы.

Для того чтобы электролизъ могъ совершаться, необходимы два главныхъ условія:

1) тѣло, подвергаемое электролизу, должно быть электропроводно, и

2) оно должно быть приведено въ жидкое состояніе, при чемъ, повидимому, безразлично, какими путями достигнуто это состояніе, т.-е. раствореніемъ тѣла въ жидкости или путемъ огненной плавки. Все дѣло въ томъ, чтобъ уничтожить между молекулами даннаго тѣла тѣсную связь.

А. Законы мощности тока.

Главные и основные законы электролиза были изложены Фарадеемъ въ слѣдующемъ видѣ:

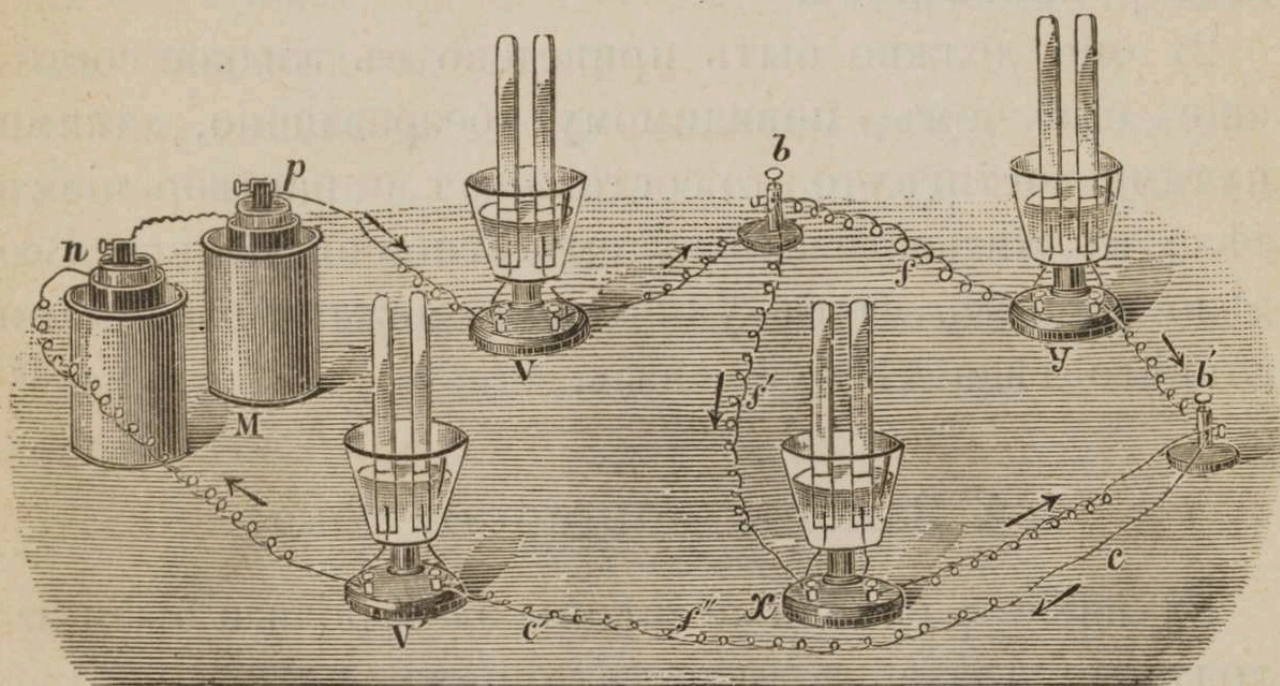
1 законъ. *Химическое дѣйствіе тока одинаково во всѣхъ точкахъ цѣпи.*

Чтобы доказать на опытѣ этотъ законъ, берутъ нѣсколько водяныхъ вольтметровъ, различныхъ между собою, какъ по степени кислотности, такъ равно по формѣ и разстоянію электродовъ ихъ вводятъ одновременно въ цѣпь, состоящую изъ нѣсколькихъ элементовъ (6), соединенныхъ послѣдовательно.

Несмотря на очень значительную разницу въ со-

противленіи, каждаго изъ этихъ четырехъ вольтметровъ, увидимъ, что электролитическое дѣйствіе тока одинаково въ каждомъ изъ нихъ, такъ какъ черезъ опредѣленное время всѣ 4 отрицательныхъ колокола содержатъ одинаковое количество водорода.

2 законъ. Количество вещества, разложеннаго въ извѣстный промежутокъ времени, пропорціонально мощности тока или, другими словами, количеству кулоновъ, проходящихъ сквозь ванну. Законъ этотъ провѣряется при помощи тѣхъ же водяныхъ вольтметровъ. Введя въ цѣпь два (черт. 1) вольт-



Черт. 1.

метра V и V_1 , введемъ въ отвлѣтвленіе два другихъ x и y . Измѣривъ количество водорода, выдѣленнаго въ V , x и y въ одинаковый промежутокъ времени, мы увидимъ, что отрицательный колоколъ V содержитъ вдвое болѣе газа, чѣмъ колоколъ x и y . Такимъ образомъ токъ, дойдя до b , раздѣлился и черезъ каждый вольтметръ x и y прошло количество электричества,

вдвое меньшее чѣмъ черезъ V и V_1 . Очевидно, что при увеличеніи мощности вдвое, втрое и т. д. разъ, всегда получится вдвое, втрое большее количество разложеннаго вещества.

Изъ этого перваго закона вытекаетъ очень важное слѣдствіе состоящее въ томъ, что для разложенія какого-либо вещества, напримѣръ 1 грамма водорода, потребно опредѣленное количество электричества, которое можетъ быть названо *электрическимъ эквивалентомъ*.

3 законъ. *Когда одинъ и тотъ же токъ дѣйствуетъ одновременно на цѣлый рядъ различныхъ вольтаметовъ съ разными электролитами, вѣсъ разложенныхъ веществъ пропорціоналенъ ихъ химическимъ эквивалентамъ.*

Напримѣръ, токъ, проходящій сквозь 3 ванны, изъ которыхъ одна содержитъ воду, вторая — азотно-кислую мѣдь, третья — азотно-кислое серебро, на каждый 1 граммъ выдѣленнаго водорода въ первой ваннѣ, выдѣлится во второй — 31,75 граммъ мѣди и въ третьей — 108 граммъ серебра: числа 1, 31,75, 108 представляютъ изъ себя химическіе эквиваленты водорода, мѣди и серебра.

Этотъ законъ еще яснѣе показываетъ справедливость перваго закона. Такъ какъ количество разложеннаго вещества, на основаніи втораго закона, зависитъ отъ одной мощности тока, то мы можемъ сказать, что мощность тока одинакова во всѣхъ точкахъ цѣпи.

4 законъ. *Электролитическое дѣйствіе независимо отъ положенія источника электричества.*

Законъ этотъ легко можетъ быть доказанъ, такъ какъ стоитъ лишь перемѣстить аппаратъ въ другое мѣсто, не измѣняя конечно условій, чтобы ясно увидать, что количество разложеннаго электролита не измѣняется, будь источникъ электричества расположенъ въ самой ваннѣ или на большомъ отъ нея разстояніи.

5 законъ. *Количество эквивалентовъ цинка, которое растворяется въ элементъ, всегда равно количеству эквивалентовъ металла, выдѣленнаго въ каждомъ электролитѣ, составляющимъ часть цѣпи.*

Этотъ законъ выраженъ примѣнительно къ элементу съ цинкомъ, на примѣръ, элементу Даніеля.

Если такой элементъ соединить проволокой на себя, то токъ циркулируетъ отъ цинка къ мѣди и производитъ химическое разложеніе, во всемъ одинаковое съ ванной, которая была бы включена вмѣсто него въ цѣпь; мѣдь образующаяся отъ разложенія мѣднаго купороса отлагается на мѣдную доску элемента, въ то время, какъ растворяется одинаковое по вѣсу количество эквивалентовъ цинка. Изъ этого закона ясно, что количеству раствореннаго металла въ какомъ-либо электролитѣ на анодѣ всегда соответствуетъ такое же количество металла, отложеннаго на катодѣ. Законъ этотъ можетъ быть легко провѣренъ, пользуясь какимъ угодно элементомъ. Это есть слѣдствіе 4-го закона, который показываетъ, что токъ дѣйствуетъ въ гальваническомъ элементѣ совершенно такъ же какъ и въ электролитахъ и что химическая работа тока одинакова во всѣхъ частяхъ цѣпи (1-ый законъ).

Все сказанное можетъ быть провѣрено при простыхъ разложеніяхъ, тамъ, гдѣ не происходитъ никакой второстепенной реакціи; на практикѣ же почти всегда приходится встрѣчаться съ второстепенными явленіями, происходящими отъ чисто химическихъ реакцій между отложенными на катодѣ іонами и составомъ самой ванны: происходитъ это или потому, что металлъ *in statu nascendi* разлагаетъ воду, или же потому, что кислота и кислородъ, становясь свободными, растворяютъ анодъ. Результаты электрохимическихъ разложеній колеблются отъ температуры, состава электродовъ и состава самой ванны.

Если законы Фарадея не осуществляются, то приписать это можно лишь тому, что упущена изъ вида одна или нѣсколько причинъ, которыя измѣняютъ ожидаемые результаты.

Электрохимическимъ эквивалентомъ называется вѣсъ различныхъ электролитовъ, разложенныхъ единицей электричества въ единицу времени (1 амперомъ въ 1 секунду).

Электрическіе эквиваленты пропорціональны своимъ химическимъ эквивалентамъ. Чтобы вычислить электрохимическій эквивалентъ какого-либо тѣла, стоитъ лишь количество водорода, выдѣленнаго единицей электричества (т.-е. 0,01036 миллиграммъ), умножить на химическій эквивалентъ даннаго тѣла; полученное произведеніе и будетъ электро-химическимъ эквивалентомъ этого тѣла; другими словами, это будетъ количество граммовъ выдѣленнаго вещества однимъ амперомъ въ одну секунду (кулономъ).

Согласно изслѣдованіямъ Кольрауша, единица электричества отлагаетъ 0,0011363 грам. серебра изъ составного тѣла, въ которомъ химическій эквивалентъ серебра 108.

Лордъ Райлей (Rayleigh), при болѣе точныхъ изслѣдованіяхъ, нашелъ, что 1 амперъ отлагаетъ въ часъ 4,025 грам. серебра, что соотвѣтствуетъ:

$$\frac{4,025}{3600} = 0,001118 \text{ грам. серебра.}$$

Такимъ образомъ одна электромагнитная единица тока Ц. Г. С. (10 амперъ) отлагаетъ $0,001118 \times 10 = 0,01118$ серебра или, по закону Фарадея, выдѣляетъ

$$\frac{0,01118}{108} = 0,0001035 \text{ грам. водорода.}$$

или разлагаетъ $0,0001035 \times 9 = 0,0009315$ грам. воды и т. п.

Количество граммъ серебра, представляемыхъ химическимъ эквивалентомъ этого металла, такимъ образомъ потребуетъ

$$\frac{108}{0,01118} = 9651 \text{ абсолютныхъ электромагнитныхъ}$$

единицъ системы Ц. Г. С. или 96512 куломбовъ.

Итакъ: 96512 куломбовъ выдѣляютъ 108 граммъ серебра, 9 граммъ воды, 1 граммъ водорода и т. д., или какъ говорится сокращенно: 1 эквивалентъ водорода, 1 эквивалентъ воды, 1 эквивалентъ серебра; поэтому число 96512 куломбовъ называется электрическимъ эквивалентомъ.

Законы Беккереля. Беккерель опредѣляетъ слѣдующимъ образомъ законы электро-химическихъ разложеній.

Если токъ проходитъ черезъ два или нѣсколько двойныхъ соединеній, разложеніе электролита всегда происходитъ въ определенныхъ пропорціяхъ такимъ образомъ, что на одинъ эквивалентъ электричества, на положительный полюсъ переносится одинъ химическій эквивалентъ тѣла, играющаго роль кислоты въ электролитъ (элементъ электроотрицательный); въ то же время на отрицательный полюсъ относится одинъ химическій эквивалентъ тѣла, играющаго роль металла (элементъ электроположительный).

Беккерель поэтому выводитъ слѣдующее заключеніе. *Если одинъ химическій эквивалентъ какого-либо простого или сложнаго тѣла соединяется съ однимъ или нѣсколькими эквивалентами другого, если при этомъ, первый играетъ въ соединеніи роль кислоты, то выдѣленіе электричества, происходящее отъ химической реакціи, даетъ 1 эквивалентъ электричества. Поэтому въ источникахъ электричества, основанныхъ на химическихъ реакціяхъ, количество электричества, которое можетъ быть доставлено, опредѣляется тѣломъ, играющимъ роль кислоты.*

Какъ слѣдствіе изъ всѣхъ только-что изложенныхъ законовъ Фарадея, Беккереля, а также работъ Вебера, Маскара, Кольрауша и другихъ можетъ быть выведенъ слѣдующій законъ количества, примѣняемый въ электрометаллургіи.

Законъ количества. *Когда сквозь электролитъ проходитъ количество электричества, равное 96512 кулонамъ, количество разложеннаго вещества будетъ выражено атомнымъ его вѣсомъ въ граммахъ, при томъ*

условіи, что электроотрицательный элементъ входитъ въ составъ формулы однимъ эквивалентомъ.

Примѣръ. Если пропустить электрическій токъ достаточной силы черезъ серію электролитовъ, введенныхъ въ цѣпь послѣдовательно, причемъ, напри-
мѣръ, ихъ химическая формула будетъ:

Хлористый натрій.	$NaCl$
Двухлористое олово.. . . .	$SnCl_2$
Фтористый алюминій	Al_2F_6

Al_2F_6

и допустить, что количество электричества, дѣйствующее на каждый изъ нихъ, будетъ равно 96512 кулонамъ, вѣсь разложеннаго вещества выразится слѣдующими электролитическими формулами:

Хлористый натрій.	$NaCl$
Двухлористое олово.. . . .	$Sn^{1/2}Cl$
Фтористый алюминій	$Al^{2/3}Fl.$

Для вычисленія точнаго вѣса выдѣленнаго вещества, слѣдуетъ лишь помножить электро-химическій эквивалентъ даннаго тѣла на количество кулоновъ, проходящихъ сквозь электролитъ, чтобы получить вѣсь вещества, разложеннаго на полюсѣ положи-
тельномъ.

$$\text{На анодѣ: } p = Eq \times (Ia).$$

Для элементовъ, относящихся къ катоду, произведе-
ніе ($Eq \times Ia$) должно быть помножено на тотъ ко-
эффициентъ тѣла, играющаго роль электро-положи-
тельнаго элемента, который входитъ въ электроли-
тическую формулу.

Такимъ образомъ мы получимъ слѣдующее количество олова и алюминія:

$$\text{На катодѣ} \begin{cases} \text{Олово} & = Eq \times Ia \times 1/2. \\ \text{Алюминій} & = Eq \times Ia \times 2/3. \end{cases}$$

В. Законы электродвигательной силы.

Слѣдствіемъ закона Фарадея является необходимость употреблять въ дѣло токъ достаточнаго напряженія, чтобы электролизъ совершался.

Въ самомъ дѣлѣ, происходящая отъ электролиза химическая работа измѣряется произведеніемъ вольтовъ на амперы (EI).

Количество разложеннаго вещества, будучи пропорціонально одной лишь мощности тока, всегда независимо отъ электродвигательной силы.

Поэтому, уменьшая или увеличивая одну только мощность, мы тѣмъ самымъ измѣняемъ лишь количество разложенія, но не имѣемъ никакой возможности, путемъ этого измѣненія, получить необходимую энергію, потребную для разложенія.

Такого рода энергію можетъ доставить только E — электро-двигательная сила. Попытка получить необходимую энергію, увеличивая одно I — мощность, была бы равносильна тому, если бы мы желали уравновѣсить чашки вѣсовъ съ неравнымъ вѣсомъ, ставя на обѣ чашки гири равнаго вѣса, — равновѣсія существовать никогда не будетъ. Поэтому для электролиза необходима извѣстная величина электродвигательной силы. *Какова бы мощность тока ни была, если электродвигательная сила не достигаетъ строго необходимой*

величины, — электролизъ невозможенъ; напротивъ, при величинѣ электродвигательной силы выше строго необходимой, электролизъ всегда будетъ имѣть мѣсто.

Мы уже знаемъ, что:

$$Wk = \frac{Qe}{9,81} \text{ килограмметровъ,}$$

откуда

$$e = \frac{Wk \times 9,81}{Q}.$$

Если ϵq есть электрохимическій эквивалентъ разложеннаго вещества, общій вѣсъ, разложенный Q кулонами, будетъ, очевидно, равенъ $Q\epsilon q$. Обозначая черезъ C — количества калорій, выдѣленныхъ 1 граммомъ разложеннаго вещества при обратномъ его соединеніи для образованія первоначальнаго раствора, количество теплоты, выдѣленной $Q\epsilon q$, будетъ $Q\epsilon q C$; такъ какъ механическій эквивалентъ теплоты = 0,424 килограмметра для одной калоріи (килограммъ-градуса), соотвѣтствующая работа будетъ:

$$Wk = 0,424 Q\epsilon q C \text{ килограмметровъ,}$$

но такъ какъ

$$Wk = \frac{Qe}{9,81},$$

слѣдовательно

$$e = 4,16 \epsilon q C \text{ вольтъ.}$$

Замѣтивъ, что $\epsilon q C$ представляетъ собою теплоту, выдѣляемую 1 граммомъ даннаго тѣла, умноженную

на электро-химическій эквивалентъ того же тѣла, можно опредѣлить величину электродвигательной силы, необходимую для разложенія даннаго электролита по химическимъ эквивалентамъ и вмѣсто

$$e = 4,16 \text{ } \varepsilon q C \text{ вольтъ, писать:}$$

$$e = 4,16 \cdot 0,01036 \text{ } C E q, \text{ откуда}$$

$$e = 0,0431 \text{ } C E q \text{ вольтъ,}$$

гдѣ $E q$ химическій эквивалентъ разлагаемаго тѣла, $C E q$ количество калорій (килограммъ - градусовъ), выдѣленныхъ обратнымъ соединеніемъ одного химическаго эквивалента даннаго тѣла. Слѣдовательно 1 вольтъ соотвѣтствуетъ:

$$\frac{1}{0,0431} = 23 \text{ калоріямъ.}$$

Отсюда становится уже легко вычислить необходимую электродвигательную силу для какого либо электролита, которая получается дѣленіемъ на 23 количества калорій, выдѣляемыхъ однимъ химическимъ эквивалентомъ разлагаемаго металла при его переходѣ въ растворъ, чтобы образовать вновь электролитъ.

Возьмемъ для примѣра разложеніе воды.

1 граммъ водорода, который въ данномъ случаѣ играетъ роль металла, при образованіи вновь воды выдѣляетъ 34,45 калорій.

На основаніи только—что сказаннаго, электродвигательная сила, необходимая для разложенія, будетъ:

$$e = \frac{34,45}{23} = 1,495 \text{ или около } 1\frac{1}{2} \text{ вольта.}$$

Это есть строго необходимая электродвигательная сила и при меньшей ея величинѣ ни въ какомъ случаѣ электролизъ не можетъ совершаться; напротивъ при 2, 3, 4 и т. д. вольтахъ онъ всегда будетъ имѣть мѣсто.

Многіе естествоиспытатели полагали, на основаніи наблюденій и опытовъ, что можно разложить воду меньшей электродвигательной силой, но такія наблюденія слѣдуетъ приписать ошибкамъ измѣренія и недоразумѣніямъ. Въ настоящее время положительно установлено, что разложеніе воды при силѣ—меньшей 1,495 вольта, не можетъ совершаться.

По прилагаемымъ въ концѣ книгъ таблицамъ, подобно только-что изложенному, можно вычислить необходимую электродвигательную силу для всякаго другаго соединенія.

Законъ Спрага. *На электродахъ отлагаются тѣ вещества, которыя для своего выдѣленія поглощаютъ наименьшее количество энергіи.*

Этотъ законъ есть слѣдствіе закона Беккереля, названнаго «принципомъ наибольшей работы», изложеннаго имъ въ слѣдующемъ видѣ:

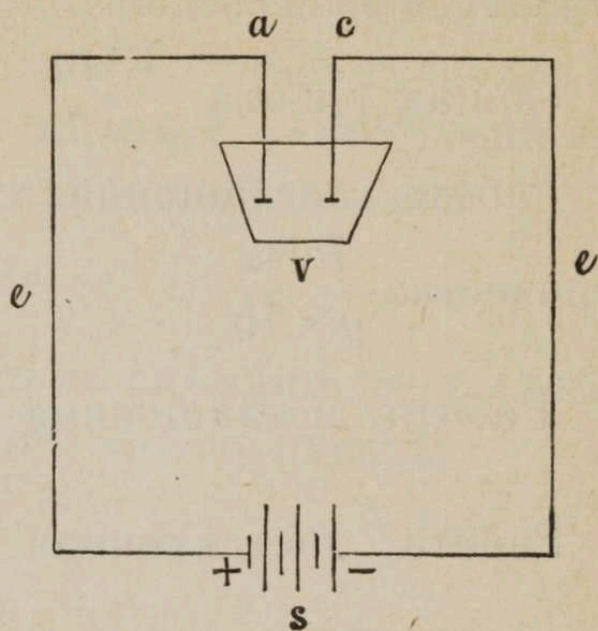
Всякое химическое измѣненіе, безъ вмѣшательства посторонней силы, стремится къ образованію тѣла или системы тѣлъ, выдѣляющихъ наибольшее количество теплоты при своемъ образованіи.

С. Электролитическая работа.

Для подробнаго изслѣдованія совершившагося электролиза приходится иногда, производить вычисле-

нія различныхъ видовъ работы, произведенной токомъ; въ особенности когда этотъ электролизъ долженъ служить основаніемъ для электрометаллургическаго производства.

Чертежъ 2 представляетъ схематическій чертежъ электролитической системы, гдѣ:



Черт. 2.

S . . . источникъ электричества при внутреннемъ сопротивленіи R , выраженномъ въ омахъ и электродвигательной силѣ E^1 въ вольтахъ.

V . . . Вольтметръ или ванна, заключающая электролитъ при ея сопротивленіи въ p омъ

ϵ . . . Разница потенціаловъ на электродахъ въ ac , т.-е. при входѣ и выходѣ тока.

$\underline{e}$. . . проводникъ, передающій токъ въ вольтметръ, имѣющій сопротивленіе r

I . . . мощность тока въ амперахъ

a . . . продолжительность изслѣдованія.

По слѣдующимъ формуламъ легко уже вычислить всѣ отдѣльные факторы, изъ которыхъ состоитъ совокупность работы, доставляемой источникамъ электричества, а также общую работу и

энергію, поглощаемую разложениемъ. Работа эта будетъ выражена въ паровыхъ силахъ:

$$\text{Общая работа } \frac{E^1 I a}{g \times 75}$$

$$\text{Работа, поглощенная самимъ источникомъ электричества } \frac{R I^2 a}{g \times 75}$$

$$\text{Работа, поглощенная проводниками } \frac{r I^2 a}{g \times 75}$$

$$\text{Работа, доставленная въ ванну } \frac{\varepsilon I a}{g \times 75}$$

$$\text{Работа, поглощенная ванной } \frac{p I^2 a}{g \times 75}$$

$$\text{Химическая работа, поглощенная разложениемъ молекулы } \frac{e I a}{g \times 75}.$$

Если мы желаемъ разложить всю электрическую работу на ея составныя части, то она слѣдовательно выразится:

$$\frac{E^1 I a}{g \times 75} = \frac{R I^2 a + r I^2 a + p I^2 a + e I a}{g \times 75},$$

или если допустить, что R_1 есть общее сопротивленіе системы, при чемъ

$$R^1 = (R + r + p)$$

то формула приметъ слѣдующій конечный видъ:

$$\frac{E^1 I a}{g \times 75} = \frac{(R I^2 + e I) a}{g \times 75}.$$

Если изъ этой формулы устранить всѣ обычные факторы работы, мы получимъ математическую формулу, представляющую соотношеніе между электро-

двигательной силой источника электричества, общимъ сопротивленіемъ всей цѣпи (понимая подъ нимъ сопротивление самого источника, проводниковъ и электролита), противодѣйствующей электродвигательной силой разложенія и мощностью тока

$$E^1 = R^1 I + e.$$

Точно также, если принять во вниманіе одну лишь работу поглощенную ванной, можно писать:

$$\frac{\varepsilon I a}{g \times 75} = \frac{p I^2 a}{g \times 75} + \frac{e I a}{g \times 75},$$

откуда:

$$\varepsilon = p I + e.$$

Отдача системы. Отдача какой-либо электролитической системы можетъ разсматриваться съ двухъ сторонъ. Съ одной стороны вычисленіе даетъ отдачу φ по отношенію количества электричества проходящаго сквозь электролитъ. Пусть будетъ:

p вѣсъ отложеннаго металла
 p_1 вѣсъ металла, который долженъ быть отложенъ теоретически, согласно закону количества, если бы не было никакой потери.

Имѣемъ:

$$p_1 = \varepsilon q (I_1 a_1)$$

$$\varphi = \frac{p}{p_1} = \frac{p}{\varepsilon q (I_1 a_1)}$$

Съ другой стороны второе вычисленіе выражаетъ отдачу φ_1 по отношенію количества электричества

поглощенного электролитомъ; другими словами, φ_1 выражаетъ количество отложеннаго металла, со-
отвѣтствующаго количеству поглощенной энергіи
равной одной паровой силѣ въ часъ (лошадь—часъ).

Согласно предыдущему имѣемъ:

$$\varphi_1 = \frac{p}{W} = \frac{p \times g \times 75}{\varepsilon (I_1 a_1)}$$

Отдача φ очень высока; при электролизѣ мок-
раго пути она вообще близко подходитъ къ едини-
цѣ. Во всякомъ случаѣ эта отдача остается неиз-
мѣнной для данной электролитической системы, од-
нако при условіи, чтобы во все время процесса
составъ электролита оставался неизмѣннымъ, а так-
же при условіи, чтобы *поверхность электродовъ* измѣ-
нялась бы соотвѣтственно мощности тока. Полагая:

$$p = p_1 = \varepsilon q (I_1 a_1)$$

если мы въ формулѣ φ_1 подставимъ вмѣсто p_1
его дѣйствительную величину то:

$$\varphi_1 = \frac{\varepsilon q \times (I_1 a_1) g \times 75}{\varepsilon (I_1 a_1)}$$

откуда:

$$\varphi_1 = \frac{\varepsilon q \times g \times 75}{\varepsilon}$$

или

$$\varphi_1 = \frac{K}{\varepsilon}$$

Изъ этого послѣдняго выраженія можно вывести
слѣдствіе, что φ_1 не зависитъ отъ количества эле-

ктричества, проходящаго сквозь электролитъ и что величина этой отдачи обратно пропорціональна разницѣ потенціаловъ на электродахъ ϵ .

Общія примѣчанія по отношенію электролиза мокраго пути.

Для того, чтобы получить правильность и постоянство хода работы во время электролиза, въ особенности когда процессъ долженъ идти непрерывно долгое время, бываетъ необходимо принять много предосторожностей, указанныхъ практикой: одни изъ нихъ касаются *состава самаго раствора ванны, его поддержания въ неизмѣнномъ состояніи, температуры, степени концентраціи* и т. п., другія же имѣютъ существенное значеніе по отношенію къ *размѣрамъ электродовъ, ихъ разстоянію, а также количеству, кулоновъ могущихъ безъ вреда проходить черезъ единицу поверхности катода.*

Всевозможныя расположенія ваннъ и аппаратовъ, которыя приходится принимать на практикѣ, для полученія отложенія хорошаго качества, не могутъ быть подчинены какому-либо общему закону. Одинъ лишь опытъ можетъ дать на то указаніе.

Въ электролизѣ мокраго пути электроположительный элементъ отлагается всегда въ твердомъ состояніи (исключеніе представляетъ одна ртуть). Было замѣчено, что, для правильности процесса и качества отложенія, поверхность катода должна быть пропорціональна мощности тока; т. е., другими словами: для каждаго элемента существуетъ извѣстный предѣлъ *плотности тока* (мощность по отношенію къ

одному квадратному сантиметру поверхности катода) выше котораго отложеніе становится не только плохимъ, но и сопровождается второстепенными явленіями, какъ на примѣръ окисленіемъ, портящимъ чистоту осадка и его строеніе. Такимъ образомъ, играя существенную роль при производствѣ, плотность тока различна по отношенію къ тѣмъ или другимъ элементамъ.

Путемъ практики оказалось возможнымъ опредѣлить эту плотность или поверхность катодовъ S по отношенію къ мощности тока.

Наибольшая допустимая плотность оказалась:

Элементы электро- положительныя.	Поверхность катода.	Плотность тока.
	S	$d \cdot \frac{S}{I}$
Мѣдь	100 □ сантим.	0,01 амперъ
Желѣзо	67, 5 » около	0,0148 «
Золото	96 »	0,0104 »
Серебро	290 »	0,0034 »
Алюминій	97 »	0,0103 »

Вообще слѣдуетъ замѣтить что одна лишь практика въ состояніи установить эту величину крайне измѣнчивую. Обыкновенно практики работаютъ на заводахъ, далеко не достигая этой предѣльной величины.

Электролизъ огненно жидкой плавки и его преимущества передъ электролизомъ мокраго пути.

Разъ имѣется возможность расплавить тѣмъ или другимъ способомъ (вольтовой дугой или жаромъ

угля) вещество, подвергаемое обработкѣ, и сообщить ему достаточную электропроводность для токовъ высокаго напряженія, электролизъ будетъ совершаться, что можетъ быть достигнуто при помощи электродовъ изъ угля.

Теплота, выдѣляемая токомъ, является столь дѣятельною помощію для электролитическаго процесса, что никакое вещество не въ состояніи ему противустоять.

Электролитъ можетъ быть предварительно расплавленъ огнемъ, затѣмъ уже капельножидкое состояніе подвергается электролизу; расплавленное состояніе можетъ быть достигнуто точно также плавкою вольтовой дугой и подвергнуто одновременно электролизу. Это послѣднее имѣетъ особенное значеніе при выдѣленіи металловъ, находящихся въ трудноплавкомъ первоначальномъ состояніи и не распадающихся при обыкновенной температурѣ, которою мы располагаемъ.

На первый взглядъ можетъ показаться, что значительная стоимость электрической энергіи, подъ видомъ теплоты, исключаетъ собою возможность широкаго примѣненія этого способа къ возстановленію металловъ, на которые уголь оказываетъ лишь слабое дѣйствіе. Дѣйствительно, изъ всей энергіи подъ видомъ теплоты, полученной отъ сожженного подъ паровымъ котломъ горючаго матеріала, всего лишь 0,8 могутъ быть утилизированы во внѣшней цѣпи динамо машины. Однако не слѣдуетъ терять изъ виду, что въ обыкновенныхъ печахъ, употребляемыхъ для металлургическихъ процессовъ, наибольш-

шая часть теплоты идетъ на нагрѣваніе самихъ печей; при значительномъ ихъ размѣрѣ и поверхности, потеря теплоты очень велика. Напротивъ того, тепловая энергія вольтовой дуги очень высока (4800°) и можетъ быть сконцентрирована въ *крайне ограниченномъ пространствѣ* развивая такимъ образомъ громадную энергію.

Извѣстны, на примѣръ, очень сильные источники свѣта вольтовой дуги, образующей токкомъ въ 300 амперъ и 50 вольтъ, и позволяющіе такъ сопоставить дѣло, что энергія, сконцентрированная въ одномъ мѣстѣ, достигаетъ 20 паровыхъ силъ.

Общее положеніе таково:

«Каково бы ни было явленіе производимое электричествомъ (свѣтовое, тепловое, электролитическое), полученная въ распоряженіе энергія будетъ тѣмъ больше, чѣмъ пространство, въ которомъ происходитъ явленіе, будетъ ограничѣнное, т. е. другими словами: энергія, получаемая концентраціей электричества, обратно пропорціональна пространству.

Прилагаемая таблица показываетъ, что наивыгоднѣйшее пользованіе калоріями, выдѣляемыми сгораніемъ угля, будетъ, въ извѣстныхъ случаяхъ, получено тогда, когда эта калорическая энергія проходитъ черезъ рядъ преобразованій (трансформируется).

Мы уже сказали, что обыкновенно допускаютъ что количество теплоты развиваемой токкомъ, составляетъ лишь 0,8 всей теплоты получаемой отъ сгоранія угля подъ паровымъ котломъ для приведенія въ дѣйствіе паровыхъ двигателей.

Термическія величины для электрической плавки 1 килограмма металла.

М е т а л л ы.	Теплоемкость	Количество калорій.	Температура плавленія.	Поглащенные калоріи $C. = (ct + c_1).$	Количество угля израсхо- дованнаго паровымъ котломъ $1,56 \times C.$
	c	c_1	t		
	Кало- рій.	Кало- рій.	Граду- совъ.	Кало- рій.	Граммъ.
Калій.....	0,162	—	90	15	23,40
Натрій.....	0,293	—	58	17	26,52
Олово.....	0,056	14,25	230	27	42
Свинецъ.....	0,031	5,40	330	15,80	24,60
Цинкъ.....	0,096	28,10	360	62,70	98
Магній.....	0,250	—	380	75	148
Сюрьма.....	0,052	—	432	22,50	35
Алюминій.....	0,214	—	625	134	209
Серебро.....	0,057	21,10	1000	78	122
Мѣдь.....	0,095	—	1090	104	162
Золото.....	0,030	—	1100	33	51,50
Чугунъ.....	0,110	—	1500	165	257
Сталь.....	0,110	—	1800	198	309
Никкель.....	0,110	—	1300	128	309
Желѣзо.....	0,110	—	1900	209	326
Платина.....	0,032	—	2000	64	107

Исходя изъ этой точки зрѣнія, а также зная, что теоретически 0,125 грамм. угля выдѣляютъ одну калорію, необходимо будетъ затратить 1,56 граммъ угля подъ паровымъ котломъ, чтобы быть въ состоя- ніи развить одну электрическую калорію въ любой точкѣ внѣшней цѣпи.

На основаніи этой таблицы вычислено количество

теплоты, необходимой для плавки 1 килограмма какого-либо металла, не принимая во вниманіе количества калорій, когда онѣ не были опредѣлены, что впрочемъ не измѣняетъ значительно результатовъ.

6-я графа даетъ соотвѣтствующій вѣсъ угля, который долженъ быть израсходованъ для приведенія въ дѣйствіе паровой машины, когда примѣняютъ электрическій способъ плавки.

Нѣтъ никакого сомнѣнія, что полученные цифры ясно показываютъ преимущество электрическаго способа, надъ непосредственной плавкой жаромъ угля, *въ томъ видѣ, въ какомъ онъ употребляется нынѣ.*

Оставивъ въ сторонѣ тѣ металлы, которыхъ температура плавленія низка, рассмотримъ лишь тѣ изъ нихъ, которые требуютъ значительной температуры. Допустимъ при этомъ потерю въ электрическихъ печахъ въ 50% и удвоимъ, слѣдовательно, числа 6 графы; при этомъ можно согласиться, что потеря въ 50% можетъ быть принять за maximum, разъ дѣло идетъ правильно.

Будетъ ли достаточно 103 грам. непосредственно сожженного угля для того чтобы расплавить 1 килогр. золота, или 200 грам. угля для плавки 1 килогр. платины?

Очевидно нѣтъ,—они не расплавятся; происходитъ это, благодаря тѣмъ трудностямъ, съ которыми приходится встрѣчаться при огненной плавкѣ этихъ металловъ, трудностямъ, которыя болѣе зависятъ отъ той температуры, до которой нужно довести самый тигель, топливо и печь, чѣмъ отъ количества поглощенныхъ калорій; въ способахъ же электрическихъ одинъ лишь металлъ и тигель, въ которомъ

происходитъ реакція, доводятся до необходимой температуры. Такимъ образомъ является возможность устранить въ значительной степени причины охлаждения и получить болѣе выгодный способъ утилизиrowанія теплоты, не принимая во вниманіе быстроты происходящей реакціи. Эта быстрота, съ которою восстанавливается вещество (напр. алюминій изъ его окиси), значительно превышаетъ всѣ другіе металлургическіе способы.

Здѣсь въ особенности уместно указать на ту громадную выгоду, которую доставляетъ примѣненіе естественныхъ силъ природы. Сокращая до минимума расходы на рабочія руки и топливо, оно даетъ возможность получить электрическую энергію крайне дешево и просто, что имѣетъ особенное значеніе въ мѣстностяхъ, гдѣ водяная сила находится въ изобиліи или гдѣ дорого топливо.

Электролитическія явленія огненно жидкой плавки и его преимущества передъ электролизомъ мокраго пути. Мы покажемъ далѣе, что высказанное нами положеніе относительно выгоды пользованія сконцентрированной электрической энергіей одинаково касается электролитическихъ процессовъ огненно жидкой плавки и представляетъ несомнѣнныя преимущества этого послѣдняго.

Такъ какъ пространство или сфера дѣятельности электрическаго тока подъ видомъ теплоты, можетъ быть гораздо болѣе ограничена, чѣмъ при электролизѣ мокраго пути, является возможность наилучше и наиболѣе выгодно примѣнять электрическую энергію.

При бѣгломъ сравненіи этого рода электролиза съ

обыкновеннымъ мокрымъ. мы увидимъ, что, дѣйствительно, этотъ послѣдній вноситъ болѣе простоты въ дѣло. Мы рассмотримъ послѣдовательно размѣры электродовъ, минимальную электродвигательную силу, необходимую для разложенія, и поглощенную теплоту.

Размѣры электродовъ: а) мокраго пути. Мы уже указали ранѣе, что для полученія отложенія хорошаго качества плотность тока на катодѣ колеблется отъ 0,03 до 0,01 ампера на 100□ сантиметръ поверхности.

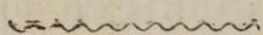
б). огненно жидкаго плавки. Температура самой ванны, будучи выше точки плавленія металла, производитъ то, что металлъ при первоначальномъ своемъ образованіи (*in statu nascendi*) отлагается въ жидкомъ состояніи и мощность тока, по отношенію къ поверхности катода, можетъ быть значительно увеличена, что происходитъ, вѣроятно, лишь вслѣдствіе этого образованія. Опытнымъ путемъ установлено, что плотность тока въ этомъ случаѣ можетъ быть увеличена въ 250 разъ. Дѣйствительно, оказалось возможнымъ установить правильный ходъ процесса при плотности тока въ 2,5 ампера на 1□ сантиметръ поверхности.

Минимальная электродвигательная сила, необходимая для разложенія, всегда нѣсколько менѣе при электролизѣ въ расплавленномъ состояніи по слѣдующей причинѣ: электролитъ находится въ расплавленномъ состояніи, теплота же необходимая для разложенія вычислена для тѣлъ, образующихся въ твердомъ состояніи; такимъ образомъ тѣла, не доходя

при разложеніи до состоянія твердаго, требуютъ и теплоты нѣсколько меньшей а, слѣдовательно и электродвигательной силы ей соотвѣтствующей.

Поглощенная теплота. Опыты показали, что она одна и та же въ обоихъ случаяхъ. Слѣдуетъ замѣтить, что здѣсь идетъ рѣчь о теплотѣ, развиваемой въ электролитѣ прохожденіемъ тока. Въ самомъ дѣлѣ, когда переходятъ отъ электролиза мокраго пути къ электролизу плавки, размѣры электродовъ уменьшаются, но остаются въ обратномъ отношеніи къ степени проводимости электролита; въ виду же того, что разстояніе въ обоихъ случаяхъ одинаково, сопротивленіе остается безъ измѣненія. Къ этому послѣднему всегда долженъ стремиться практикъ.

Количество теплоты, развиваемой токомъ въ крайне ограниченномъ пространствѣ достаточно велико, чтобы поддерживать электролитъ въ расплавленномъ состояніи. Количество угля, необходимое для полученія этого состоянія (если плавка не производится одновременно съ электролизомъ вольтовой дугой), а также чтобы не допускать слишкомъ сильнаго охлажденія во время работы, очень незначительно сравнительно съ количествомъ химической и калорической энергіи, развиваемой во все время процесса.



О т д ѣ л ъ II.

Способы производства алюминія.

Способы употребляемые для полученія алюминія изъ его соединеній многочисленны.

Эта юная отрасль промышленности, волновавшая всѣ предприимчивые умы Западной Европы и Америки, къ сожалѣнію, еще не проникла къ намъ въ Россію.

Съ каждымъ годомъ алюминіевая промышленность все возрастаетъ; мы слышимъ постоянно о вновь возникающихъ заводахъ, обладающихъ крупными капиталами для эксплоатаціи различныхъ способовъ добыванія алюминія, все болѣе и болѣе удешевляющихъ этотъ металлъ, который скоро будетъ предоставленъ на рынокъ по цѣнѣ мѣди и, такимъ образомъ, зовоуетъ себѣ широкое примѣненіе въ виду своихъ несравненныхъ качествъ.

Всѣ способы производства алюминія могутъ быть раздѣлены на двѣ главныхъ группы, при чемъ первая изъ нихъ можетъ быть, въ свою очередь, раздѣлена на двѣ части различныя между собою.

I. Способы электрическіе.

А. Способы электролитическіе или расплавленіе электролита жаромъ угля и въ расплавленной массѣ электролизъ.

В. Способы электротермическіе или расплавленіе электролита вольтовой дугой и возстановленіе металла при помощи громаднаго жара ею развиваемаго.

II. Способы химическіе.

Въ нѣкоторыхъ способахъ не существуетъ строгаго подраздѣленія, указаннаго нами въ электрическихъ способахъ и обѣ группы А и В соединяются въ одну.

Къ способамъ электротермическимъ относятся тѣ, въ которыхъ разни́ца потенциа́ловъ на электродахъ равна, по крайней мѣрѣ, напряженію тока необходимаго для полученія вольтовой дуги, т.-е 30—35 вольтамъ.

Напротивъ того, при способахъ электролитическихъ стараются работать съ напряженіемъ приближающимся возможно болѣе къ минимальной электродвигательной силѣ разложенія.

Въ электролитическихъ способахъ количество отложеннаго металла всегда пропорціонально количеству проходящихъ сквозь ванну кулоновъ.

Въ электротермическихъ способахъ вѣсь отложеннаго металла можетъ значительно превышать теоретическую величину отложенія, вычисляемую по

количеству работавшаго электричества. Такого рода аномалія объясняется тѣмъ, что электричество въ данномъ случаѣ, дѣйствуетъ лишь какъ источникъ громаднаго жара развиваемаго вольтовой дугой и что соединенія не разлагаются токомъ, не подвергаются электролизу, но просто возстановляются подъ совокупнымъ дѣйствіемъ угля и приносимаго токомъ сильнѣйшаго жара.

Такимъ образомъ, если мы замѣтимъ, что въ томъ или другомъ электротермическомъ способѣ вѣсь отложеннаго металла пропорціоналенъ количеству работающихъ кулоновъ, мы вправѣ будемъ сказать, что при этомъ происходитъ настоящій электролизъ; потому такой способъ можно считать принадлежащимъ къ смѣшанной группѣ, при чемъ данное химическое соединеніе можетъ быть разложено лишь при той минимальной электродвигательной силѣ которая соотвѣтствуетъ силѣ необходимой для полученія вольтовой дуги.

Описывая различные способы мы будемъ указывать на тѣ изъ нихъ, которые получили практическое примѣненіе. Описаніе же другихъ будетъ служить лишь для того, чтобы лица, интересующіеся этимъ дѣломъ, не дѣлали безплодныхъ попытокъ надъ тѣми способами, которые получили явную несостоятельность.

I. Способы электрическіе.

A. Электролитическіе.

1. Способъ Мине.

Историческій очеркъ. Среди всевозможныхъ способовъ этого рода предложенныхъ въ послѣднее время, одно изъ крупныхъ и выдающихся мѣстъ занимаетъ способъ французскаго ученаго Адольфа Мине (Ad. Minet), касающійся расплавленнаго электролиза фтористаго алюминія. Систематическія изысканія этого ученаго, продолжавшіяся непрерывно на заводѣ Бернара (Bernard), основанномъ въ Парижѣ для добыванія чистаго алюминія, дали ему возможность поставить способъ производства на практическую почву и, такимъ образомъ, занять одно изъ первенствующихъ мѣстъ среди всевозможныхъ способовъ, возникающихъ чуть не ежедневно, но страдающихъ главнымъ образомъ своей малой примѣнимостью для коммерческаго предпріятія. Слѣдующее количество алюминія, выдѣленное имъ въ теченіи трехъ первыхъ лѣтъ, показываетъ насколько его способъ примѣнимъ для заводскаго дѣла:

Въ 1887	году	500	кило	алюм.	200	кило	сплавовъ.
» 1888	»	2500	»	»	1500	»	»
» 1889	»	3500	»	»	2000	»	»

Въ послѣдующіе года производство это возросло въ нѣсколько разъ.

Однако Мине не удовольствовался одними практи-

ческими сторонами этого дѣла, но какъ истинный ученый, постарался выяснить и дать теорію электролиза огненно-жидкой плавки фтористыхъ соединений.

Здѣсь слѣдуетъ замѣтить, что способъ Минэ относится не только къ одному алюминію, но и вообще ко всѣмъ металламъ точка плавленія которыхъ не превышаетъ 1100°.

Извѣстно, что со времени открытія Сентъ Клера Девиля, впредь до нашего времени, многими учеными описывались различные способы для рѣшенія задачи добыванія чистаго алюминія. Не смотря однако на множество описанныхъ способовъ, полученные результаты были почти отрицательны до работъ Минэ, если не считать способа Коульса (Cowles) въ Америкѣ и Геру (Herout) во Франціи, относящихся въ то время до приготовленія алюминиевыхъ сплавовъ.

Съ того времени, какъ Минэ блестящимъ образомъ рѣшилъ задачу полученія чистаго алюминія изъ его фтористыхъ соединений, было основано нѣсколько заводовъ, какъ напр. Галль (Hall) въ Америкѣ, Геру и Киліани во Франціи и Швейцаріи и многіе другіе. Описание способовъ производства на этихъ заводахъ касалось главнымъ образомъ аппаратовъ, при чемъ крайне мало занимались научными изслѣдованіями самихъ реакцій.

Тѣмъ не менѣе всѣ эти реакціи основаны, по видимому, на явленіяхъ, служившихъ основаніемъ для дальнѣйшихъ изысканій Минэ, Лантена (Lontin) и др. и заключались въ раствореніи безводной окиси

алюминія во фтористыхъ соединеніяхъ и электролизъ полученнаго такимъ образомъ соединенія, преимущественно въ огненно-жидкой массѣ.

Въ виду особенной важности этого способа мы рассмотримъ его подробно, сообразуясь съ данными, неоднократно опубликованными авторомъ въ его отчетахъ Академіи Наукъ въ Парижѣ.

Мы начнемъ изложеніе въ послѣдовательномъ порядкѣ съ начала этихъ изслѣдованій и скажемъ въ какомъ видѣ находилось дѣло до изслѣдованій Адольфа Мине (1887 годъ), а затѣмъ перейдемъ ко всѣмъ способамъ нынѣ практикуемымъ или изобрѣтеннымъ,

Итакъ, до изслѣдованій Мине, дѣло находилось въ слѣдующемъ видѣ:

Кремній. Среди способовъ, относящихся къ добыванію металлоидовъ, электролизъ огненно-жидкаго пути примѣнялся лишь къ добыванію кремнія, но лишь въ незначительномъ количествѣ, скорѣе лабораторнымъ способомъ. Описанъ онъ былъ слѣдующимъ образомъ: «смѣшавъ въ равныхъ частяхъ фтористый калий (KFl) и фтористый натрій ($NaFl$) прибавляютъ обожженнаго кремнія ($Si O_2$). Расплавивъ эту смѣсь пропускаютъ черезъ нее токъ отъ 4-хъ элементовъ Бунзена. Кремній относится къ отрицательному полюсу, состоящему изъ платиновой пластинки и соединяется съ этой послѣдней; къ полюсу положительному относится кислородъ».

Слишкомъ слабый токъ доставляемый элементами, былъ причиной тому, что происходящія при этомъ реакціи были слишкомъ ничтожны. Количество крем-

нія, выдѣляемое однимъ кулономъ (его электрохимическій эквивалентъ) равно 0,0719 миллиграммъ. Полагая, что элементы Бунзена, будучи расположены послѣдовательно, даютъ 10 амперъ въ 1 часъ или 36.000 кулоновъ, вѣсъ отложеннаго металла p будетъ

$$p = 0,0719 \times 36.000 = 2,6 \text{ грамма.}$$

Количество это слишкомъ ничтожно, чтобы была возможность получить его въ чистомъ состояніи, а не въ видѣ сплава.

Всѣ дальнѣйшія изысканія клонятся къ отысканію вещества, изъ котораго долженъ быть сдѣланъ тигель, въ которой находится электролитъ и происходитъ реакція. Какъ мы увидимъ далѣе, это послѣднее обстоятельство имѣетъ большое значеніе при электролизѣ огненно-жидкомъ, въ особенности при расплавленныхъ фтористыхъ соединеніяхъ, когда процессъ долженъ идти довольно долго, а разъѣдающему дѣйствию фтора не противустоятъ ни одно вещество. Мне рѣшилъ эту задачу, какъ увидимъ ниже, крайне остроумнымъ способомъ.

Щелочные металлы. Въ 1808 году Дэви желалъ разложить калий и соду для опредѣленія ихъ состава. Расплавивъ въ платиновомъ тиглѣ до краснаго каленія калий, онъ соединилъ тигель съ отрицательнымъ полюсомъ сильной батареи Воластона изъ 100 элементовъ и опустилъ въ расплавленную массу проволоку служившую отрицательнымъ электродомъ. Тотчасъ же онъ замѣтилъ, что на мѣстѣ прикосновенія проволоки съ расплавленной массой, по-

явился столбъ огня, который, казалось, происходилъ отъ сгоранія какого-то тѣла; при этомъ первоначальномъ опытѣ онъ не могъ опредѣлить состава сгоравшаго тѣла. Наконецъ ему удалось получить при помощи ртути амальгаму, изъ которой уже свободно могло быть выдѣлено нѣсколько крупинокъ металла.

Какъ уже было сказано, цѣль этого опыта заключалась въ опредѣленіи составныхъ частей щелочныхъ окисей, но нисколько не преслѣдовала цѣли дать способъ для добыванія калия или натрія.

Литій былъ выдѣленъ тѣмъ же ученымъ, располагая окись литія или скорѣе безводный хлористый литій. Положительный полюсъ состоялъ изъ угля, тогда какъ отрицательный состоялъ изъ желѣза, на которомъ осаждался крупинками литій. Крупины эти легко отдѣлялись.

Электролитъ былъ расплавленъ въ платиновомъ тиглѣ.

Тростъ усовершенствовалъ этотъ способъ, располагая безводный хлористый литій въ желѣзномъ, герметически закупоренномъ, тиглѣ для избѣжанія выдѣленія хлористыхъ паровъ литія. При этомъ способѣ, который составляетъ большой шагъ впередъ въ дѣлѣ электролиза огненно жидкой плавки, дѣйствіе аппарата очень постоянно и процессъ можетъ длиться нѣсколько часовъ, давая значительное количество литія.

Магній выдѣленъ Матиссеномъ, подвергая электролизу расплавленную смѣсь 4 эквивалентовъ хлористаго магнія ($MgCl$), 3 эквивалентовъ калия (KCl)

и 1 эквивалента хлористаго аммонія (NH_4Cl). Не смотря на то, что способъ этотъ не употребителенъ, онъ можетъ быть легко примѣнимъ благодаря очень низкой температурѣ плавленія.

Кальцій, стронцій и барій были выдѣлены подвергая обработкѣ расплавленные двойныя хлористыя соединенія, при чемъ отрицательный полюсъ состоялъ изъ металлической пластины. Количество полученнаго отложенія было ничтожно.

Алюминій. Бунзенъ, а также Генри Сентъ Клеръ Девильтъ (Henri Sainte Claire Deville) въ 1854 г. указали на возможность разложить токомъ расплавленный хлористый и фтористый алюминій. Девильтъ получилъ электролизомъ небольшое количество этого металла въ крупинкахъ и порошокѣ; тѣмъ не менѣе онъ отдавалъ преимущество способу химическому, состоящему въ возстановленіи хлористаго и фтористаго алюминія натріемъ.

Слѣдуетъ замѣтить, что въ то время, когда Девильтъ дѣлалъ свои изысканія, еще не располагали тѣми могучими источниками электричества, которые служатъ намъ въ настоящее время. Такимъ образомъ, всѣ тѣ результаты которые получены нынѣ, обязаны частью той громадной электрической энергіи которой мы располагаемъ. Химическій способъ изобрѣтенный Девиллемъ съ нѣкоторыми усовершенствованіями эксплуатировался во Франціи (Salindres), но благодаря дороговизнѣ нынѣ оставленъ.

Мысль электролиза алюминія раствореннаго въ расплавленной ваннѣ вновь была принята въ 1883 г. *Лонтеномъ* при чемъ смѣсь состояла изъ хлорис-

таго натра съ алюминіемъ; немного позднѣе Геру испыталъ смѣсь, состоящую изъ одного кріолита. Эти первые опыты повидимому не дали удовлетворительныхъ результатовъ.

Способы *Кастнера* въ Германіи и Англіи были лишь усовершенствованіемъ химическаго способа *Девилля* по отношенію качества матеріала подвергаемаго обработкѣ и степени доходности предприятия.

Слѣдуетъ также упомянуть, что до изысканій *Мине* существовало еще нѣсколько лицъ занимавшихся изслѣдованіемъ вопроса объ алюминіи.

Клейнеръ въ Цюрихѣ разлагалъ двойной фтористый алюминій и натрій вольтовой дугой силой въ 30 — 40 вольтъ. Матеріаломъ служилъ кріолитъ.

Грётцель, взявшійся снова въ 1884 г. за изслѣдованія *Девилля* бралъ въ видѣ электролита хлористый алюминій смѣшанный съ избыткомъ хлористаго натрія. Онъ располагалъ противъ анода пластины алюминія, которыя должны были поглощать выдѣленіе хлора и возобновлять ванну. Опыты его вначалѣ не дали хорошихъ результатовъ. Однако онъ примѣнилъ этотъ способъ для извлеченія магнія.

Коульсъ въ Америкѣ достигъ возможности практически примѣнить свой способъ. Но онъ касался полученія алюминіевыхъ сплавовъ, но не чистаго алюминія. Состоялъ онъ въ томъ, что безводный глиноземъ, вмѣстѣ съ углемъ и другими металлами, желѣзомъ или мѣдью, подвергается совокупному дѣйствію жара вольтовой дуги и возстановительной

способности угля, почему вся смѣсь получала очень высокую температуру. Алюминій оказывался восстановленнымъ и тотчасъ же соединялся съ желѣзомъ или мѣдью, образуя сплавъ. Безъ прибавки этихъ металловъ онъ улетучивался.

Способъ этотъ примѣненъ въ большихъ размѣрахъ въ Америкѣ въ Кливлендѣ въ штатѣ Нью-Йорка на Локпортскомъ заводѣ, а также въ Англіи на Мильтонскомъ заводѣ въ Стокѣ о-Трентѣ въ Стаффордширѣ. На этомъ послѣднемъ заводѣ производятъ 650—1000 килограммъ въ день богатаго по содержанию ферро-алюминія и алюминіевой бронзы.

Геру въ 1887 г. примѣнилъ способъ, аналогичный способу Коульса, но съ нѣкоторыми усовершенствованіями, касающимися расположенія аппаратовъ и питанія самой ванны.

Его способъ примѣненъ въ Лауфенѣ въ Швейцаріи и Фрожъ во Франціи.

Латтэ, *Лосье* и многіе другіе занимались тѣми же изслѣдованіями.

Изъ всего вышесказаннаго можно вывести заключение, что, если электролизъ огненно-жидкаго пути могъ разсматриваться какъ теоретически рѣшеннымъ, однако онъ все же не былъ примѣненъ на практикѣ, за исключеніемъ полученія алюминіевыхъ сплавовъ.

Въ мартѣ 1887 года способъ Мине началъ эксплуатироваться во Франціи и, благодаря этому ученому, давшему многія драгоцѣнныя указанія, электролизъ быстро двинулся впередъ.

Способъ его даетъ возможность получать какъ

сплавы, такъ равно и чистый алюминій. Нѣсколько заводовъ, въ числѣ 3, обязаны своимъ происхожденіемъ инициативѣ братьевъ Бернаръ, нынѣ перешедшихъ къ преемнику Полю Бернаръ.

Первый заводъ возникъ въ Парижѣ (impasse du Moulin Joli) и просуществовалъ до 1888 года.

Заводъ располагалъ двигателемъ въ 6 силъ и динамо машиной Грамма въ 250 амперъ и 12 вольтъ напряженія. Въ это время и было выдѣлено 500 килограммъ чистаго алюминія и 150 килограммъ сплавовъ.

Второй заводъ въ Крейлѣ рзботалъ въ 1888 года по октябрь 1891 года и производилъ ежедневно 10 килограммъ чистаго алюминія и 4—5 килограммъ сплавовъ.

Двигательная сила доставлялась старой машиной въ 40 силъ, приводящей въ движеніе динаму Эдиссона въ 27,5 вольтъ при 1200 амперъ. Отъ этой динамы требовалось всего 16 вольтъ и 1000 амперъ, что было вполне достаточно для питанія трехъ ваннъ; такимъ образомъ полезная работа во всѣхъ ваннахъ соотвѣтствовала 24 силамъ.

Въ настоящее время обширный заводъ въ С^{тѣ} Мешелѣ, приводимый въ дѣйствіе водяной силой, приступилъ уже къ производству.

Отводящій воду каналъ построенъ Гроссомъ и Перрэнномъ подъ наблюденіемъ Гиллѣре. Двигательная сила, доставляемая паденіемъ рѣки Валуаретты, впадающей въ Аркъ около с. Мишеля, будетъ равняться 6000 силъ, что дастъ возможность имѣть въ распоряженіи 4000 силъ, работающих въ аппара-

тахъ. Впослѣдствіи предполагается еще болѣе расширить дѣло, для чего вода будетъ браться еще далѣе отъ завода на высотѣ 630 метровъ и доставить заводу 30,000 силъ.

Мы рассмотримъ способъ Мине возможно подробнѣе, такъ какъ, кромѣ интереса, какъ выдающагося способа, онъ освѣщаетъ многія темныя стороны этого рода электролиза.

Способъ Мине есть электролизъ фтористаго алюминія.

При изложеніи мы рассмотримъ послѣдовательно:

1. Выборъ электролита, его свойства, температуру плавленія и восстановительную способность.

2. Размѣръ и составъ заключающаго электролитъ сосуда; размѣры и составъ электродовъ.

3. Общій ходъ процесса, его математическое исчисленіе по отношенію работы тока, размѣровъ электродовъ и количества выдѣланнаго металла въ зависимости отъ количества кулоновъ.

4. Поляризація электродовъ послѣ прохода тока.

1. Выборъ электролита и его свойства. Существуетъ два рода солей алюминія, которыя могутъ быть подвергнуты электролизу огненно-жидкаго пути: а) соли галоидныя, т. е. тѣ, въ которыхъ радикалъ кислоты есть одинъ изъ галоидовъ (хлоръ, іодъ, бромъ фторъ и в) двойныя соли, т.-е. такія, которыя состоятъ изъ окиси алюминія въ соединеніи съ галоидной солью алюминія. Таковы хлоръ окиси и фторъ окиси. Точно также, вѣроятно, могутъ быть подвергнуты электролизу плавки и сѣрнистыя соединенія.

Наиболѣе изученными являются фтористыя и хлористыя соединенія алюминія. Въ состояніи простой соли фтористый алюминій $Al_2 Fl_6$ очень тугоплавокъ, тогда какъ хлористый $Al_2 Cl_6$ крайне летучъ при его тепературѣ плаванія и потому очень неудобенъ.

Для того чтобы электролитическій процессъ шелъ постоянно и правильно необходимо, чтобы электролитъ былъ доведенъ до *наиболѣе жидкаго состоянія*, возможно близкаго къ капельно-жидкому состоянію той же соли въ водномъ растворѣ, что трудно достижимо съ названными солями.

Полагали достигнуть хорошихъ результатовъ, соединяя соль алюминія съ другимъ металломъ наиболѣе электроположительнымъ, напримѣръ, съ натріемъ и, образовавъ такимъ образомъ двойную соль, смѣшивать эту послѣднюю съ избыткомъ соли натрія.

Мине испробовалъ на опытѣ слѣдующія смѣси:

1-я смѣсь	{	Двойной хлористый алюминій и	
		натрій $Al^{2/3} Cl, Na Cl$. . .	25—45 ⁰ / ₀
		Хлористый натрій $Na Cl$. . .	75—55 ⁰ / ₀
2-я смѣсь	{	Двойной фтористый алюминій и	
		натрій $Al^{2/3} Fl, Na Fl$. . .	25—45 ⁰ / ₀
		Хлористый натрій $Na Cl$. . .	75—55 ⁰ / ₀

Первая смѣсь, будучи даже смѣшана съ избыткомъ натрія все еще слишкомъ непостоянна и летуча; подъ этимъ мы подразумѣваемъ, что температура улетучиванія смѣси очень близка къ температурѣ ея плавленія. Эта смѣсь представляетъ большія затрудненія для работы и выдѣляетъ обильные пары безводнаго хлористаго алюминія. Ванна быстро бѣднѣетъ алюминіемъ, становясь тѣстообразной, благодаря

малому количеству удерживаемаго хлора; электролизъ идетъ очень не равномерно и составъ электролита быстро измѣняется. Въ виду всего изложеннаго есть основаніе сомнѣваться, чтобы онъ могъ быть осуществленъ.

Вторая смѣсь даетъ несравненно лучшіе результаты. При температурѣ 900° она достаточно жидка и до 1100° почти совсѣмъ не летуча; при этой температурѣ въ 1100° , за которую нѣтъ никакой необходимости переходить, улетучивается всего 4—5% всей расплавленной массы. Электролизъ идетъ правильно, т. е. слѣдуетъ всѣмъ законамъ электролиза мокраго пути.

Результаты эти могли быть получены только благодаря особому расположенію самого пріемника—ванны, содержащей электролитъ. Фторъ дѣйствуетъ настолько разрушительнымъ образомъ на всѣ вещества кромѣ угля, что, долгое время, пришлось искать способа предотвратить это вредное вліяніе фтора на стѣнки сосуда; описанный ниже способъ совершенно устраняетъ это затрудненіе и сосудъ можетъ служить безостановочно болѣе 1000 часовъ.

Возстановленіе ванны. Двойной фтористый алюминій и натрій существуютъ въ природѣ подъ названіемъ кріолита въ Гренландіи и находится въ достаточно чистомъ состояніи, чтобы идти прямо въ дѣло для приготовленія расплавленной электролитической ванны. При 900° смѣсь совершенно расплавляется; ванна очень прозрачна и жидка и, при слоѣ толщиной въ 35 сантим., дно сосуда явственно видно.

При проходѣ тока, фтористый алюминій разлагается и алюминій относится къ отрицательному полюсу, въ то время какъ у положительнаго становятся свободными: фторъ, который выдѣляется, и натрій, остающійся въ ваннѣ. Такимъ образомъ, если по мѣрѣ надобности ванна получаетъ соразмѣрное количество *одного* кріолита, она все болѣе и болѣе будетъ обогащаться фтористымъ натріемъ и процессъ быстро остановится по причинѣ избытка этой соли, которая начала бы давать натрій вмѣсто алюминія. Это доказано опытами.

Недостатокъ этотъ устранимъ двумя способами:

а) *Возстановленіе ванны фтористымъ алюминіемъ.* Способъ этотъ наиболѣе цѣлесообразенъ. Дѣйствительно, достаточно по мѣрѣ разложенія прибавлять соотвѣтствующія части одного фтористаго алюминія (т. е. одной изъ составныхъ частей кріолита) чтобы поддерживать составъ ванны неизмѣннымъ.

в) *Возстановленіе ванны безводнымъ глиноземомъ* (окисью алюминія). Посмотримъ, что происходитъ если вмѣсто фтористаго алюминія прибавить въ ванну безводнаго глинозема въ видѣ очень мелкаго порошка.

Расплавивъ смѣсь хлористаго натра и кріолита въ такой пропорціи, чтобы точка плавленія была близка къ 750° , Мине прибавилъ къ этой смѣси безводнаго глинозема въ размѣрѣ $\frac{1}{200}$ части всей массы. Ванна была достаточно прозрачна и дно сосуда было явственно видно; легко было замѣтить, что глиноземъ осаждался на дно. Затѣмъ температура ванны была доведена до 1000° . Явленіе продолжалось

и окись алюминія оставалась не тронутой. Тогда былъ пропущенъ токъ достаточной мощности чтобы фтористый алюминій, содержащійся въ ваннѣ могъ быстро разложиться. Спустя нѣкоторое время, можно было замѣтить присутствіе натрія у положительнаго полюса; ванна становилась тѣстообразной; проба, взятая изъ этой ванны и подвергнутая изслѣдованію микроскопомъ, показала, что она содержитъ смѣсь кристалловъ хлористаго натра, кріолита и *нетронутого* глинозема.

Изъ этихъ опытовъ производившихся очень тщательно, слѣдуетъ:

1. Безводный глиноземъ не растворимъ во фтористыхъ соединеніяхъ.

2. Будучи прибавленъ въ электролитъ не разлагается ни токомъ, ни свободнымъ натріемъ, происходящимъ отъ разложенія фтористаго натрія.

Явленіе это было еще замѣчено С. Клеромъ Девиллемъ, который говорилъ, что глиноземъ не растворимъ во фтористыхъ соединеніяхъ и что поэтому онъ и не можетъ быть подвергнутъ электролизу.

Однако, есть возможность возстановить отчасти ванну безводнымъ глиноземомъ, но только въ томъ случаѣ, если онъ будетъ примѣшиваться со фтористымъ соединеніемъ того же металла (смотри ниже). Мине вѣроятно правъ, говоря, что настоящій электролитическій способъ есть электролизъ фтористаго соединенія и что, глиноземъ, прибавляемый въ ванну, преобразуется во фтористое соединеніе ранѣе самой электролизаціи. Фторъ является возстановленнымъ, но лишь отчасти; вѣроятно поэтому и бываютъ при-

нуждены прибавлять фтористый алюминій одновременно съ его окисью. Смѣсь этихъ двухъ солей въ пропорціи, указанной практикой и измѣняющаяся сообразно общей массы ванны, количества работающих амперъ и т. п., одна лишь въ состояніи поддерживать неизмѣннымъ составъ электролитической ванны и давать возможность реакціи идти правильно и безостановочно. Было бы крайне интересно изучить это явленіе, остающееся еще темной и не достаточно выясненной стороною этого процесса.

Наилучшій составъ электролита. Путемъ многихъ опытовъ и изысканій на заводѣ Бернара установленъ слѣдующій наилучшій составъ ванны и ея восстановленія.

Ванна состоитъ изъ смѣси хлористаго натра и двойного фтористаго алюминія и натрія отвѣчающей формулѣ: $6 NaCl + Al_2F_3, 3 NaF$ (т.-е. 60% $NaCl$ и 40% $Al_2F_3, 3 NaF$). Точка ея плавленія = 675°, выдѣленіе паровъ происходитъ при 1035°. Плотность при 820° = 1,76; коэффициентъ расширенія = 5×10^{-4} . Электропроводность при 870° = 3,1; по отношенію къ температурѣ электропроводность можетъ быть вычислена на формулѣ:

$$Ct = 3,1 [1 + 0,0022 (t - 870)].$$

При напряженности тока въ 1200 амперъ вся ванна вѣситъ 20 килограммъ и въ этомъ случаѣ плотность тока = 1 амперу при разницѣ потенціала на электродахъ въ 5,5 вольта.

По мѣрѣ разложенія, составъ ванны поддерживается неизмѣннымъ посредствомъ смѣси:

Водной окиси алюминія отчасти высушенной: $6 (Al_2 O_3, 2H_2O) \dots \dots 410,4$

Двойного фтористаго алюминія и натрія:

Γ_6	$Al_2 Fl_3, 3Na Fl \dots \dots \dots$	210,4
Γ_6	Фторъ окиси алюминія $Al_2 Fl_3, 3 Al_{1,2} O_3$	238,4

Этотъ наилучшій способъ возстановленія ванны даетъ возможность съ пользою употреблять $\frac{2}{3}$ фтора, выдѣляющагося на положительномъ электродѣ. Уровень ванны остается одинаковымъ при прибавкѣ смѣси по данной пропорціи.

2°. Размѣръ и составъ сосуда. Теперь намъ слѣдуетъ опредѣлить вещество, изъ котораго должна состоять ванна и электроды, а равно ихъ размѣры и нѣкоторыя подробности всей установки.

Матеріаль, изъ котораго должна состоять оболочка ванны долженъ быть таковъ, чтобы растворъ ванны не вліялъ на нее. Кромѣ того, раствореніе оболочки ванны вносило бы посторонній элементъ, загрязняя растворъ, сама ванна оказалась бы въ короткое время не годной къ употребленію.

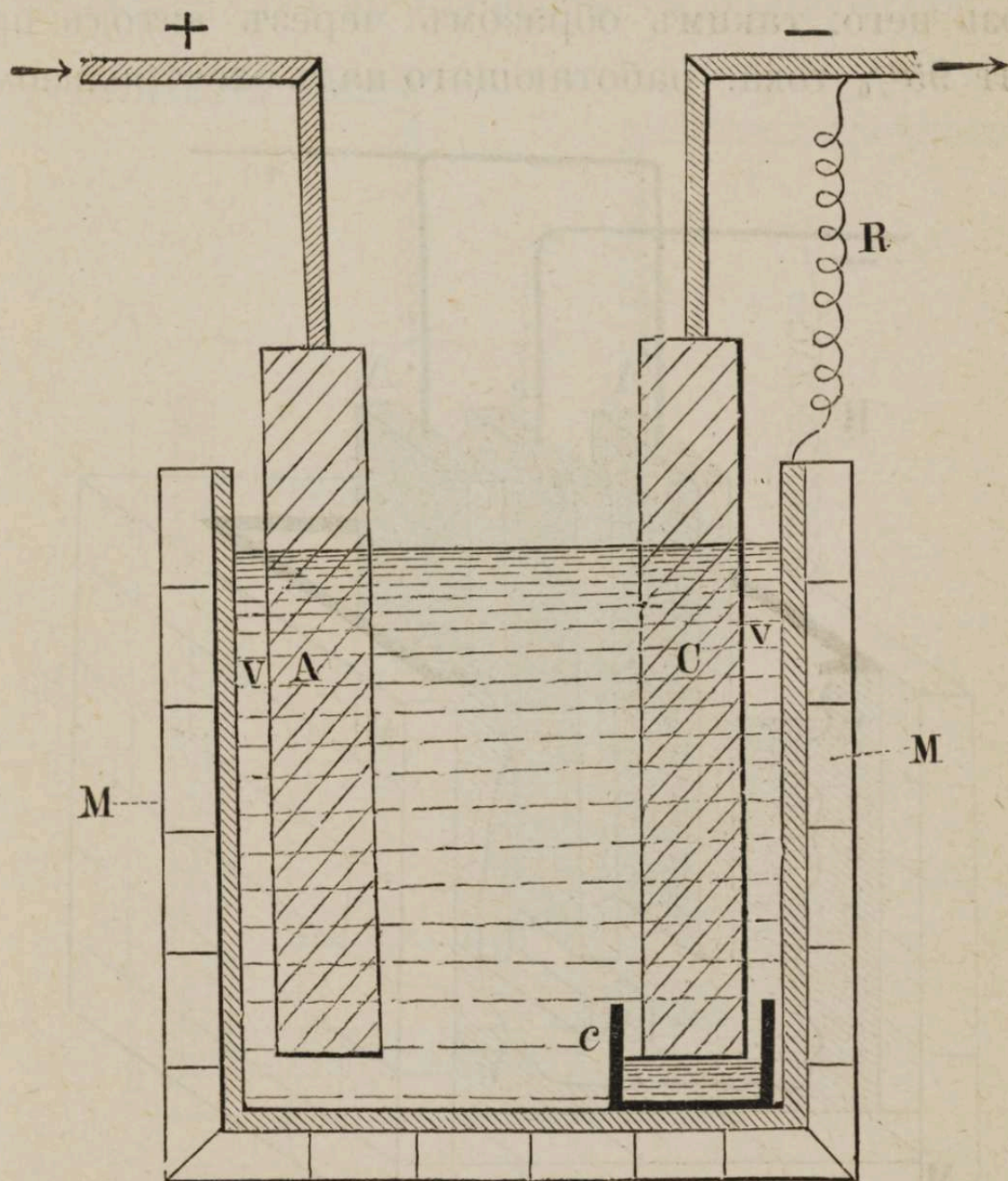
Извѣстно, что ни одно вещество, кромѣ угля, не выдерживаетъ разъѣдающаго вліянія расплавленныхъ фтористыхъ соединеній. Сосудъ, сдѣланный изъ угля крайне неудобенъ, такъ какъ, кромѣ затруднительности сдѣлать его одной консистенціи, въ немъ скоро появляются трещины и процессъ не можетъ продолжаться.

Послѣ длиннаго ряда безплодныхъ попытокъ, Мине рѣшилъ задачу очень остроумнымъ способомъ.

Взявъ сосудъ квадратной формы, сдѣланный изъ чугуна 20—40 сантиметровъ, сообразно напряженности тока, колебавшейся отъ 89 до 1430 амперъ,

онъ легко могъ ожидать, что чугунъ будетъ быстро уничтоженъ фторомъ; однако слѣдующее расположе-
ніе совершенно устранило затрудненіе.

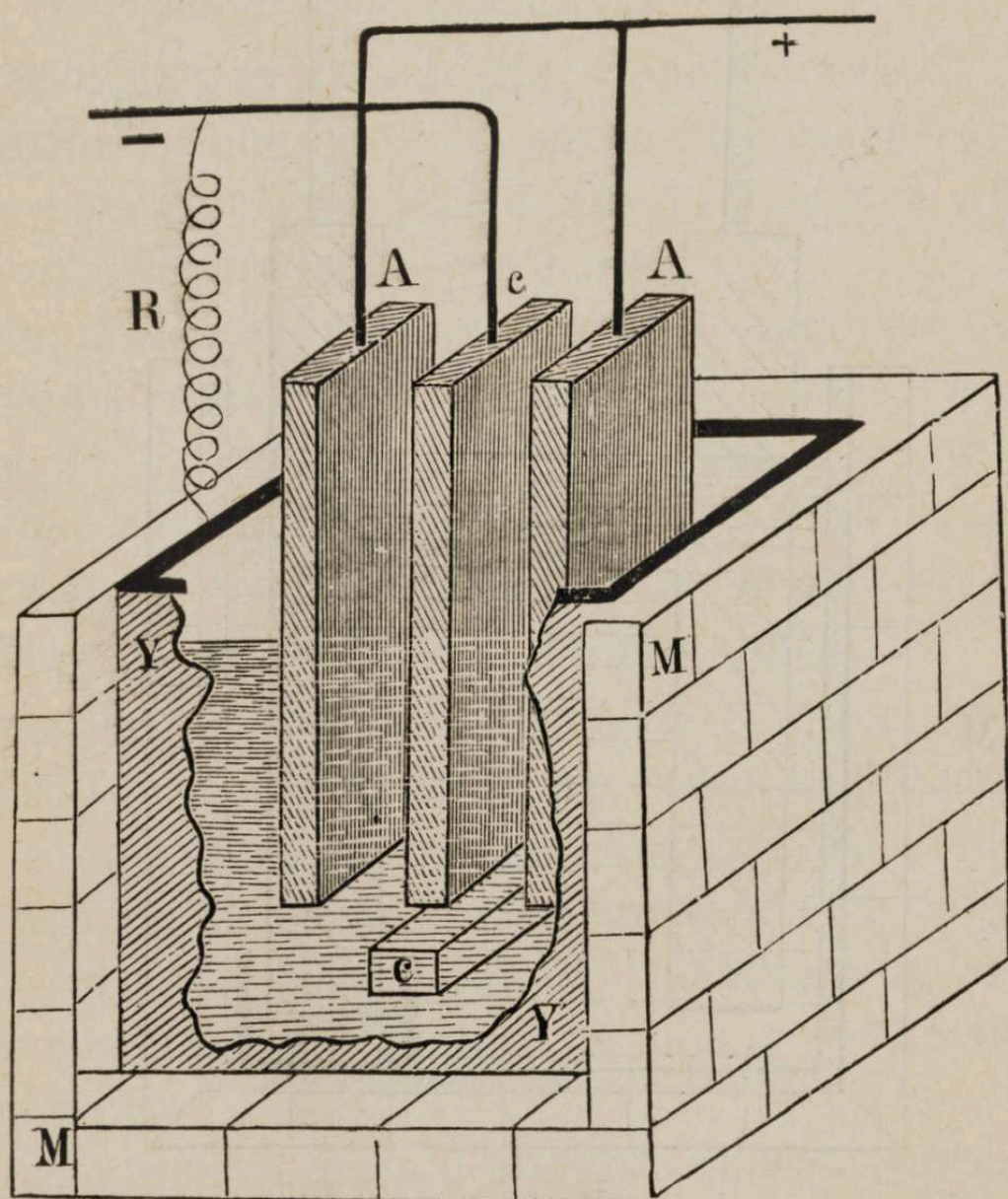
Сосудъ (черт. 3) облицованъ снаружи огне-
упорнымъ кирпичемъ, чтобы предохранить его отъ
непосредственнаго соприкосновенія съ огнемъ при



Черт. 3.

плавленіи. Электроды, A—положительный и C—
отрицательный, состоятъ изъ угля, подвергнутаго
агломерациі, по составу одинаковаго съ углемъ

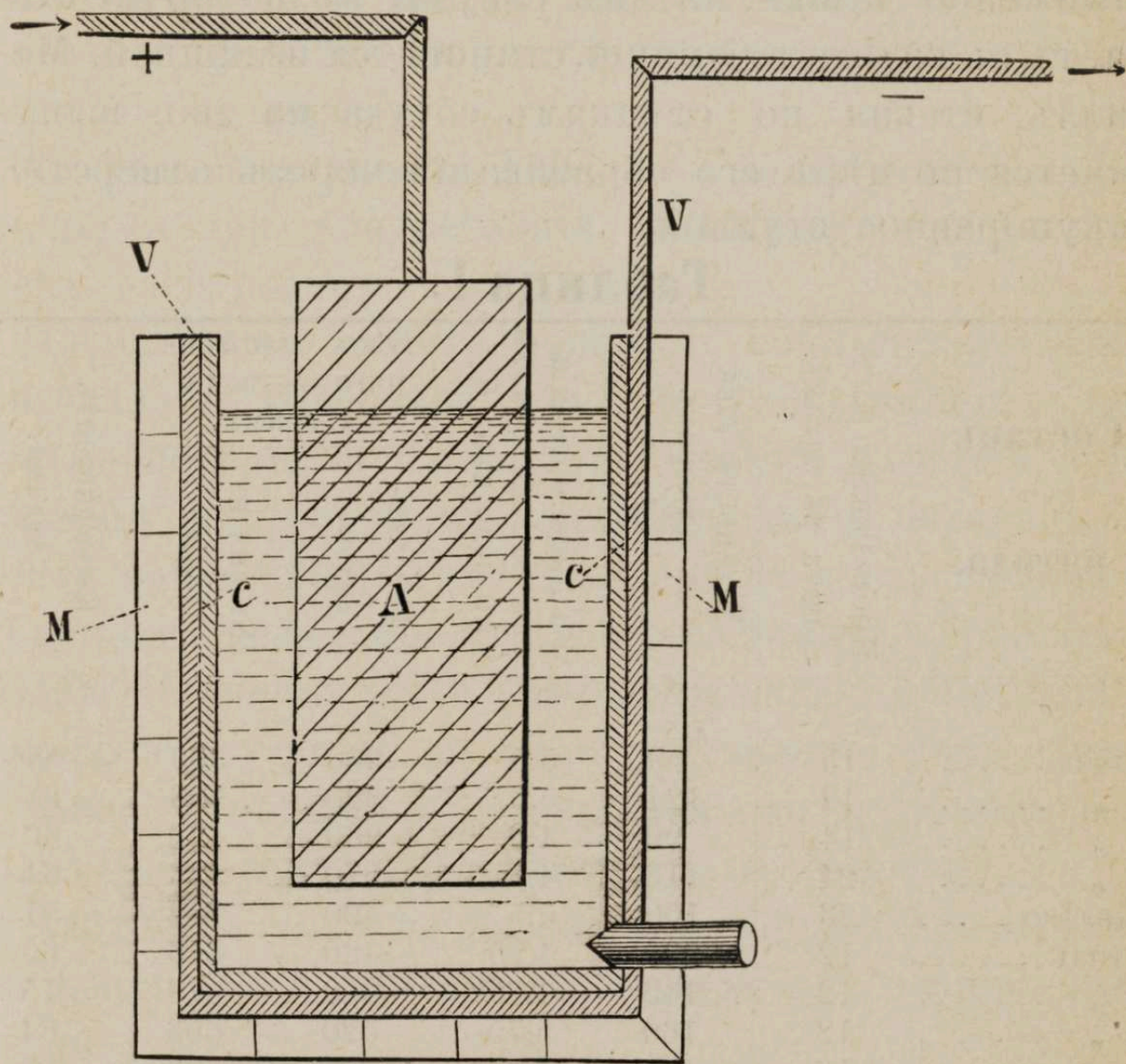
употребляемымъ для освѣщеніи. Подъ катодомъ *C* находится небольшая чашка—тигель, въ который поступаетъ алюминій по мѣрѣ его образованія, стекая съ катода. Сосудъ расположенъ въ отвѣтвленіи отъ катода посредствомъ проволоки *R*, такого сопротивленія, чтобы лишь 5% всего тока проходило сквозь него; такимъ образомъ черезъ катодъ проходитъ 95% тока, работающаго надъ электролизомъ.



Чер. 4.

При помощи такого рода устройства внутреннія стѣнки сосуда покрыты постоянно необыкновенно

тонкимъ слоемъ алюминія, который и предохра-
няетъ сосудъ отъ вреднаго дѣйствія выдѣляющагося
фтора и раствора ванны; полученный въ чашкѣ-
тиглѣ алюминій содержитъ крайне небольшое коли-
чество желѣза и то лишь при первомъ процессѣ;
содержаніе это не превышаетъ 0,002—0,005.



Чер. 5.

На черт. 4 показано расположение прибора, когда
мощность тока достигаетъ 1400 амперъ. Въ этомъ
случаѣ приходится ставить два анода А А, размѣры
которыхъ исчислены такимъ образомъ, чтобы сопро-
тивленіе электролита оставалось постоянно обратно

пропорціональнымъ мощности тока, проходящаго сквозь ванну.

Чертежъ 5 представляетъ нѣкоторыя видоизмѣненія и улучшеніе. Анодъ А расположенъ по срединѣ ванны, тогда какъ самъ сосудъ, обложенный внутри углемъ с, служить катодомъ. Благодаря этому расположенію чашка, на днѣ сосуда, въ которую стекаетъ съ катода алюминій, становится излишней. Металлъ, стекая по стѣнкамъ сосуда на дно, выпускается по мѣрѣ его образованія черезъ отверстіе, закупоренное втулкой.

Таблица I.

Составъ катода.	Продолжительность опыта въ часахъ.	Мощность тока въ амперахъ <i>I</i> .	Разница потенциа- ловъ на электродахъ въ вольтахъ <i>E</i> .	Вѣсъ отложен- наго металла въ грамм.		Коэффициентъ отдачи.
				Дѣйстви- тельн.	По вычи- сленію.	
Уголь	15	89	5,5	200	363	55 ⁰ / ₀
„	12	124	5,5	320	506	63
„	14	90	4,0	260	428	60
„	24	113	4,5	570	923	61
Желѣзо	23	100	5,5	400	782	51
Уголь	12	200	4,25	420	816	63
„	12	142	4,75	380	579	75
„	12	160	5,75	520	653	64
„	13	180	6,0	500	796	62
„	12	255	5,5	600	1040	57
„	12	360	6,0	1000	1460	68
„	22	650	5,8	2430	4860	50
„	20	700	5,6	2600	4760	54
„	20	800	5,6	2800	5340	52
Желѣзо	20	800	5,8	3400	5440	52
„	7	975	6,1	1900	2320	82
Уголь	7	1200	6,35	1680	2860	60
„	7 ¹ / ₂	1330	6,0	1850	3393	55

Когда желаютъ получить металлъ совершенно чистый, внутренность сосуда покрывается угольными пластинами. Если же наоборотъ, алюминій долженъ быть въ видѣ сплава, въ который входитъ какъ составная часть металлъ самой ванны, катодъ изъ угля можетъ быть уничтоженъ. Во всякомъ случаѣ примѣсь металла крайне незначительна. Аппаратъ такого устройства въ состояніи непрерывно работать 20—30 дней.

4^о. Ходъ электролиза. Таблица I показываетъ ходъ процесса при употребленіи желѣзныхъ или угольныхъ электродовъ.

Несмотря на то, что мощность тока значительно измѣнялась, колебаясь отъ 89—1330 амперъ, не считая потери на отвѣтвленіе, легко замѣтить, что разница потенціаловъ на электродахъ оставалась почти одинаковой. Результатъ этотъ достигнуть измѣненіемъ величины электродовъ такимъ образомъ, *чтобы плотность тока оставалась неизмѣнной*. Лишь только это условіе не было соблюдено, ходъ электролиза становился неправильнымъ и непостояннымъ и не могъ продолжаться долгое время.

Плотность тока не должна превышать 2,5 амперъ на квадратный сантиметръ катода и 1 ампера для анода.

Математическое вычисленіе электролиза. Когда происходитъ электролизъ мокраго пути простой соли въ растворѣ, при плотности тока, рассчитанной такъ, чтобы сопротивленіе электролита не измѣнялось вмѣстѣ съ мощностью и когда не происходитъ никакого второстепеннаго явленія, мы знаемъ,

что работа, поглощенная самой ванной, выражается уравненіемъ (см. стр. 27):

$$\varepsilon = p I + e.$$

откуда:

$$e = 0,04355 C,$$

гдѣ 0,04355 есть коэффициентъ, зависящій отъ принятыхъ термическихъ и электрическихъ величинъ, а C —теплота образованія въ растворенномъ видѣ соли съ однимъ эквивалентомъ электроотрицательнаго элемента въ граммахъ.

Путемъ опыта, выяснено что явленіе огненно жидкаго электролиза подчинено тѣмъ же законамъ.

Наименьшая электродвигательная сила. Теплота образованія солей алюминія, входящихъ въ составъ ванны, а также наименьшая электродвигательная сила, строго необходимая для разложенія, видна изъ слѣдующей таблицы:

Таблица II.

Теплота образованія солей алюминія.

Составъ.	Электролитическая формула.	Теплота образованія C .	Минимальная электродвиг. сила разложенія e .
Фтористый	$Al \frac{2}{3} Fl$	73,3	3,19
Окись	$Al \frac{2}{3} O$	65,3	2,84
Хлористый	$Al \frac{2}{3} Cl$	53,6	2,33

Температура ванны, подвергавшаяся измѣненіямъ въ продолженіи цѣлаго ряда опытовъ, въ каждомъ случаѣ можетъ быть приблизительно опредѣлена по слѣдующимъ признакамъ:

Темно-красный цвѣтъ соотвѣтствуетъ	525 ⁰
Красный.	700 ⁰
Темно-вишневый.	800 ⁰
Вишневый.	900 ⁰
Свѣтло-вишневый.	1000 ⁰
Темно-оранжевый.	1100 ⁰
Свѣтло-оранжевый	1200
Бѣлый.	1300
Ослѣпительно бѣлый	1500

Такого рода способъ опредѣленія температуры, довольно неопредѣлененъ когда имѣютъ передъ собой одну ванну; если же имѣется нѣсколько ваннъ одна около другой, температура можетъ быть опредѣлена довольно вѣрно.

Изъ всѣхъ своихъ изысканій и наблюденій Мине выводитъ слѣдующее заключеніе:

1⁰ Когда электроды расположены такимъ образомъ, чтобы плотность тока поддерживалась неизмѣнной, соотвѣтствуя наибольшей мощности, электролизъ огненной плавки удовлетворяетъ уравненію.

$$\varepsilon = p I + e.$$

2⁰ Наибольшая плотность тока для катода во всякомъ случаѣ не должна превышать 2,5 амперъ на 1 □ сантиметръ поверхности; плотность тока для анода остается неизмѣнной и равной 1 амперу.

3⁰ Когда плотность тока на анодахъ равна или меньше 1 ампера, сопротивление электролита изменяется, сообразно температуры ванны; взаимное отношение между этими величинами выражаются формулой:

$$p = a_1 - b, t.$$

4⁰ Когда известна температура, а плотность тока анода меньше 1 ампера, сопротивление электролита обратно пропорционально поверхности анода, полагая, что поверхность катода и расстояние между электродами оставалось неизменнымъ.

Въсѣ выдѣленнаго металла по отношенію единицъ тока, проходящаго сквозь электролитъ. (Отдача φ см. стр. 27). Количество алюминія, выдѣленное изъ электролита однимъ кулономъ, выведено изъ электрохимическаго эквивалента этого металла и равно 0,095 миллиграммъ.

Мы знаемъ, что: $p = \varepsilon q \times \frac{2}{3} = \frac{\varepsilon q \times 2/3}{96512} = 0,095$ миллиграммъ. Следовательно, количество электричества равное 1 амперъ — часу (3600 кулоновъ), выдѣлитъ 0,34, такъ какъ:

$$p = p. 3600 = 0,095 \times 3600 = 0,34 \text{ грамма.}$$

Посредствомъ этого коэффициента и были вычислены числа содержащіяся въ 6-мъ столбцѣ I таблицы.

При внимательномъ разсмотрѣніи этой таблицы, можно замѣтить, что, употребляя катодъ изъ желѣза получается 60—80% отдачи сравнительно съ вѣсомъ, вычисленномъ теоретически. При употребленіи же катода изъ угля количество металла уменьшается и доходитъ всего до 55 — 60%. Разница эта происходитъ по двумъ причинамъ.

1-я причина. Часто случается, что разница потенциаловъ, по той или другой причинѣ, увеличивается настолько, что токъ начинаетъ разлагать хлористый натръ, сопровождающій соли алюминія, откуда происходитъ потеря части тока въ ущербъ главному процессу. Происходитъ это въ особенности въ концѣ операциі, когда аноды болѣе или менѣе разрушены и подработались, отчего уменьшается ихъ поверхность и ходъ электролиза становится неправильнымъ.

2-я причина. Какова бы ни была температура, въ ваннѣ всегда существуетъ значительное количество свободного фтора, который вновь растворяетъ отложенный металлъ. Эта второстепенная реакція есть главная причина той потери въ вѣсѣ отложеннаго металла сравнительно съ вѣсомъ, который бы долженъ получиться теоретически. Причина, почему при катодахъ изъ желѣза количество отложенія больше, чѣмъ при угольныхъ та, что употребляя первыя, металлъ, по мѣрѣ своего образованія стекаетъ легче, чѣмъ при вторыхъ, что было замѣчено на опытѣ; когда изъ ванны вынимаютъ желѣзный катодъ, его поверхность гладко отполирована и похожа на зеркало; напротивъ того, на поверхности угольнаго электрода замѣтны плотно приставшіе шарики, которые не стекаютъ, а отпадаютъ, когда ихъ отдѣлить соотвѣтствующій вѣсъ нарастаемаго металла; по этому, оставаясь болѣе долгое время на катодѣ изъ угля, они болѣе подвергаются разрушительному дѣйствію фтора.

Изъ таблицы I видно, что количество полученнаго металла составляло всего 60%.

При условіи уменьшенія разницы потенциаловъ на электродахъ, можно достигнуть отдачи въ 70 – 80% каковая и получается при 4 вольтахъ.

Отсюда уже легко вычислить вѣсъ металла p , который долженъ получиться, принимая Ia равнымъ 1 амперъ—часу или 3600 кулонамъ:

$$p = 0,34 \times 0,8 \times Ia = 0,272 (Ia) \text{ граммъ}$$

Примѣчаніе. Металлическіе катоды употребляются только тогда, когда алюминій долженъ получаться въ видѣ сплава, въ составную часть котораго входитъ металлъ катода.

Таблица III.

Время.	Введенное сопротивленіе.	Разница потенціала.	Мощность I .
0'	0,075 омъ	1,95	25,3
5	—	1,88	25
15	—	1,58	21
30	—	1,38	18,4
45	—	1,29	17,2
60	—	1,20	16
75	—	1,20	16

Поляризація электродовъ послѣ прохода тока. Если послѣ прохода тока въ 800 амперъ въ продолженіи нѣсколькихъ часовъ, внезапно прервать цѣпь и соединить поляризованные электроды проводникомъ, имѣющимъ сопротивленіе въ 0,075 омъ, по проводнику проходитъ токъ, получающій черезъ нѣ-

которое время довольно постоянную величину. По причинѣ довольно быстрого охлажденія ванны, невозможно было точно опредѣлить продолжительность этого явленія. Таблица III показываетъ данныя найденныя опытнымъ путемъ.

Другіе опыты, относящіеся къ явленію поляризаціи предприняты были съ цѣлью опредѣлить въ одно время электродвигательную силу поляризаціи и сопротивленіе электролита въ разное время опыта.

Таблица IV.

Періодъ из- слѣдованія.	Внѣшнее сопро- тивленіе.	Разница потенціал.	Мощность тока I .	Сопротивле- ніе ванны по вычисленію.	Среднее со- противленіе ванны.	Общее сопротивле- ніе.
1	Разомкнутая цѣпь . 0,0750 омъ 0,0125 „ Разомкнутая цѣпь	1,72 1,58 1,10 1,72	0 21 88 0	— 0,0081 0,00705 —	} 0,0076	} 0,0071
2	Разомкнутая цѣпь.. 0,0125 омъ 0,0083 „ 0 0050 „ Разомкнутая цѣпь .	1,26 0,795 0,715 0,550 1,26	0 64 86 110 0	— 0,0072 0,0063 0,0065 —		
3	Разомкнутая цѣпь . 0,0125 омъ 0,0050 „ Разомкнутая цѣпь .	1,17 0,755 0,480 1,17	0 60,4 96 0	— 0,0068 0,0072 —	} 0,0070	
4	Разомкнутая цѣнь.. 0,0125 омъ 0,0050 „ Разомкнутая цѣпь..	0,825 0,510 0,343 0,825	0 40,8 68,6 0	— 0,0077 0,0070 —		

Пропустивъ сквозъ ванну, въ продолженіи 4-хъ часовъ, токъ въ 800 амперъ, цѣпь была разомкнута и въ разное время дѣлалось измѣреніе противодѣйствующей электродвигательной силы поляризаціи; для этого была взята разни́ца потенциа́ловъ съ концевъ разомкнутой цѣпи, а также разни́ца потенциа́ловъ на электродахъ, для чего они соединялись между собой посредствомъ извѣстныхъ заранѣе сопротивленій разныхъ величинъ. Разни́ца потенциа́ловъ разомкнутой цѣпи бралась каждый разъ въ началѣ и концѣ каждаго опыта.

Таблица IV показываетъ, что величина ея оставалась постоянной въ каждомъ періодѣ во все время опыта. Послѣ этого уже явилась возможность примѣнить формулу, чтобы найти величину p

$$p = \frac{e - \varepsilon}{I}$$

Разсматривая эту таблицу легко замѣтитъ, что при мощности тока, колебавшейся отъ 0—100 амперъ, электродвигательная сила поляризаціи колеблется между 0,825—1,720 вольтъ, сопротивление же электролита остается неизмѣннымъ и равно 0,0071 ома.

Нормальный ходъ процесса. Слѣдующія изысканія, произведенныя съ большою точностью на заводѣ Бернара во Франціи даютъ указанія нормальнаго хода процесса, въ томъ видѣ, въ которомъ онъ происходитъ на заводѣ въ 1891 году. Ниже помѣщенные данныя представляютъ среднее пропорціональное число, полученное при работѣ однимъ и тѣмъ же токомъ въ продолженіи 1 мѣсяца.

Расположеніе ванны то же, но сама ванна немного меньше и выложена агломерированнымъ углемъ служащимъ катодомъ. Динамо-машины Эдисона.

Плотность тока анода $\delta=0,75$ амперъ

» » катода $\delta=0,5$ »

Температура $t^0=920^0$.

Продолжительность опыта $a=22$ часа.

Мощность тока $I=1500$ амперъ.

Количество электричества $Ia=350$ амперъ часовъ.

Теоритическій вѣсъ отложенія $P=Ia \times 0,34=11220$ граммъ.

Полученный вѣсъ отложенія $p=6500$ граммъ.

Отдача системы $\frac{p}{P}=58\%$

Наименьшая электродвигательная сила $e=2$ волта.

Сопротивленіе электролита $\rho=0,0017$ ома.

Разница потенціаловъ на электродахъ $\varepsilon=e+\rho I=4,55$ вольтъ.

Электрическая энергія въ паровыхъ силахъ

$$=-\frac{\varepsilon I}{736}=9,27 \text{ силъ.}$$

Общее количество затраченной энергіи въ паровыхъ силахъ $W=204$ силы въ часъ.

Вѣсъ полученнаго металла при затратѣ электрической энергіи въ электролитѣ, соотвѣтствующей 1 силѣ въ часъ $=31,9$ граммъ.

Количество энергіи, затраченной въ электролитѣ для производства 1 киллограмма алюминія $=31,3$ силъ въ часъ.

Употребляя для питанія ванны обыкновенный торговый глиноземъ и переводя его непосредственно во фторъ окись безъ предварительной очистки, полученный металлъ содержитъ отъ 2—3% примѣсей, большею частью состоящихъ изъ кремнія, при чемъ содержаніе желѣза не превышаетъ 0,006—0,008.

Тѣмъ не менѣе алюминій можетъ коваться и обрабатывать на холоду. Процентное его содержаніе 99.

Наблюденія, сдѣланныя въ 1891 году, въ періодъ выше приведеннаго изслѣдованія, даютъ надежду, что разница потенціала можетъ быть еще болѣе понижена и можетъ достигнуть 4 вольтъ, какова бы ни была мощность тока, что можетъ быть достигнута лишь при условіи, если будетъ обращено особое вниманіе на расположеніе ваннъ. При такой разницѣ потенціала хлористый натръ входящій 65% въ растворъ ванны, не можетъ уже болѣе разлагаться токомъ, такъ какъ необходимая на его разложеніе наименьшая электродвигательная сила = 4,35 вольта. Благодаря этому, отдача повысится до 70%.

Потеря будетъ все же въ 30%, причины каковой въ точности не могли быть опредѣлены. По всѣмъ вѣроятіямъ главная тому причина, заключается въ обратномъ соединеніи отложеннаго металла со свободнымъ фторомъ.

Потеря эта значительно уменьшается и отдача близко приближается къ теоритической, когда аппаратъ устроенъ для полученія алюминіевыхъ сплавовъ; въ этомъ послѣднемъ случаѣ внутренняя об-

кладка становится излишней, сама ванна состоитъ изъ металла, входящаго въ составъ сплава. Алюминій, *in statu nascendi* соединяется съ металломъ ванны и благодаря этому соединенію обратное раствореніе алюминія сильно затрудняется.

Способъ Мине получилъ широкое примѣненіе и выяснилъ многія неясныя и неизслѣдованныя стороны электролиза огненно жидкаго пути. Способъ его примѣняется въ большихъ размѣрахъ на заводѣ Бернара въ Крейлѣ и С-ть Мишелѣ.

Примѣчаніе. Титровка ванны. Чтобы электролизъ шелъ правильно, необходимо, чтобы составъ ванны оставался неизмѣннымъ, для чего приходится часто подвергать анализу расплавленную смѣсь. Известно, насколько затруднительны анализы фтористыхъ и хлористыхъ соединений, въ особенности когда они должны дѣлаться быстро. Это затрудненіе по Мине устранимо, основываясь на растворимости хлористаго натра и нерастворимости двойнаго фтористаго алюминія, натрія и глинозема. Анализъ производится слѣдующимъ образомъ для полученія быстрой титровки:

Положимъ R есть вѣсъ вещества, подвергаемаго анализу (обращеннаго въ мелкій порошокъ), Q —количество воды, которую прибавляютъ къ R для растворенія хлористаго натра, вѣсъ котораго есть R_1 . Когда пропорція T раствореннаго хлористаго натра

не превышаетъ $\frac{Q}{10}$, величина его можетъ быть опре-

дѣлена простой формулой.

Пусть плотность раствора будет δ , тогда будемъ имѣть

$$\delta = a + bT = 1 + 0,75T$$

если $Q = 10p$ — получимъ

$$T = \frac{\delta - 1}{0,75}$$

δ измѣряется ареометромъ. Количество P_1 раствореннаго хлористаго натра будетъ

$$\frac{P_1}{T} = \frac{Q}{1 - T} \quad \text{откуда} \quad P_1 = Q \frac{T}{1 - T}$$

Такимъ образомъ легко уже будетъ вычислить количество P_2 , нерастворимыхъ соединеній (двойныхъ фтористыхъ соединеній и окисей) содержащихся въ P_1 .

$$P_2 = P - P_1$$

Отсюда получится формула, опредѣляющая пропорцію хлористаго натра и нерастворимыхъ веществъ:

$$\text{Хлористаго натра: } x = \frac{P_1}{P}$$

Фтористаго алюми-

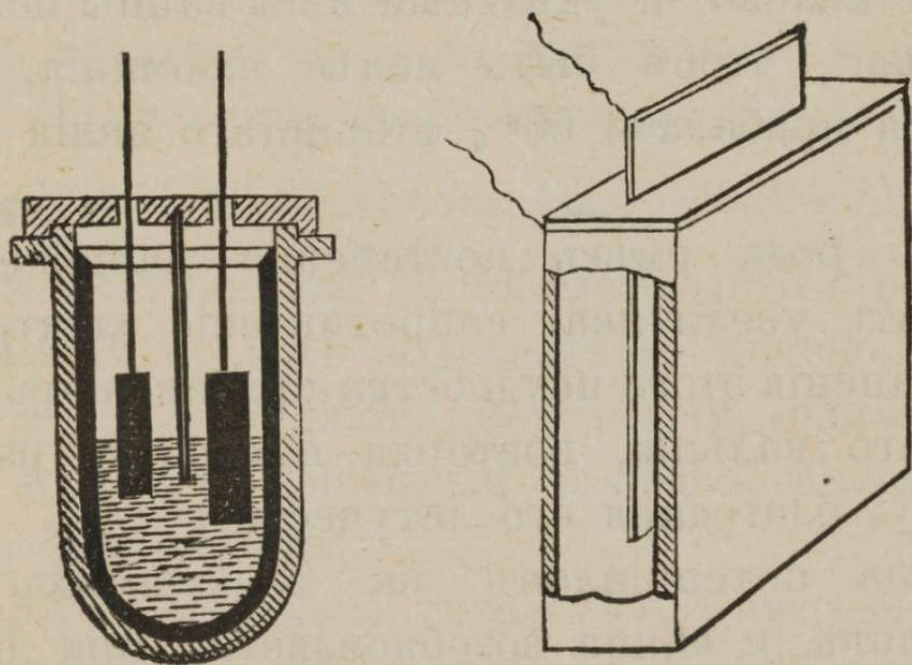
$$\text{нія и натрія: } . . . y = \frac{P - P_1}{P}$$

Способъ Галля.

Способъ Галля, представляющій большое сходство со способомъ Мине, эксплуатируется въ Америкѣ на заводахъ «Pittsburg Reduction Co», а также въ Англіи около Манчестера заводами «Patricroft».

Работа производится надъ смѣсью, состоящею изъ фтористаго алюминія и фтористаго кальція въ пропорціи 168 : 78 по вѣсу. Смѣсь эта, болѣе легкоплавкая, чѣмъ вещества, входящія въ составъ, имѣетъ формулу $Al_2F_6 \cdot CaF_2$ $Al_2H_6 \cdot CaH_2$

Точно также иногда употребляютъ для электролиза расплавленную массу тройнаго фтористаго алюминія, натрія и кальція, что получается, подвергая плавкѣ смѣсь, составленную изъ 420 частей кріолита, 234 частей фтористаго кальція и 507 частей фтористаго алюминія по вѣсу. Однако такой составъ смѣси можетъ нѣсколько измѣняться безъ вреда для дѣла.



Черт. 6.

Тигель, въ которомъ происходитъ электролизъ, нагревается на отдѣльномъ очагѣ извнѣ; внутренность тигля обложена слоемъ угля. Самъ тигель можетъ служить катодомъ, но въ этомъ случаѣ положительный электродъ долженъ находиться въ центрѣ тигля.

Расплавленная масса, будучи бѣльшаго удѣльнаго вѣса, чѣмъ алюминій, производитъ то, что алюминій выдѣляется на поверхность и слѣдовательно легко окисляется воздухомъ или разрушается газами, выдѣляющимися на положительномъ электродѣ. Чтобы избѣжать этого послѣдняго недостатка, электроды были отдѣлены другъ отъ друга перегородкой (черт. 6). и въ тоже время были сдѣланы въ крышкѣ тигля отверстія. При такомъ расположеніе алюминій всплывалъ на поверхность ванны только въ отдѣленіи отрицательнаго электрода, откуда счерпывался по мѣрѣ образованія.

Въ настоящее время повидимому такое расположеніе оставлено, и удѣльный вѣсъ ванны пониженъ на столько, чтобъ быть менѣе алюминія, что достигается прибавкой 60% фтористаго калия или литія.

Такого рода смѣсь постепенно начинаетъ затвердѣвать, увеличивая сопротивленіе электролиза; для устраненія этого неудобства прибавляютъ 3—4% хлористаго кальция, повторяя нѣсколько разъ эту прибавку, благодаря его летучести.

Разница потенціаловъ на электродахъ около 7—8 вольтъ, и ванна возобновляется при помощи фторъ окиси алюминіи или просто чистаго глинозема.

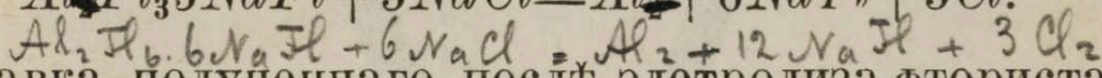
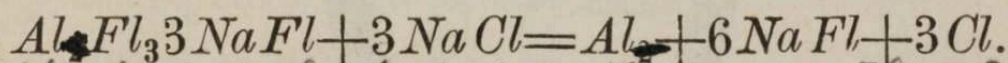
Способъ этотъ въ одинъ 1888—89 годъ далъ возможность выдѣлить 600 кило алюминія, содержащаго среднимъ числомъ 98,5% алюминія. Стоимость производства обходилась около 21 франка килограммъ.

Устройства завода въ Питтсбургѣ описано ниже.

Способъ Дилля.

По англійской привиллегіи отъ 16 января 1889 г., Диль образуетъ смѣсь, состоящую изъ квасцовъ, фтористаго натра, хлористаго кальція или магнія и глауберовой соли въ количествѣ, достаточномъ, чтобы посредствомъ двойнаго разложенія получить, съ одной стороны, двойной фтористый алюминій и натрій, съ другой — сѣрнисто калиевыя и сѣрнисто-натріевыя соли, отдѣляемые промывкой.

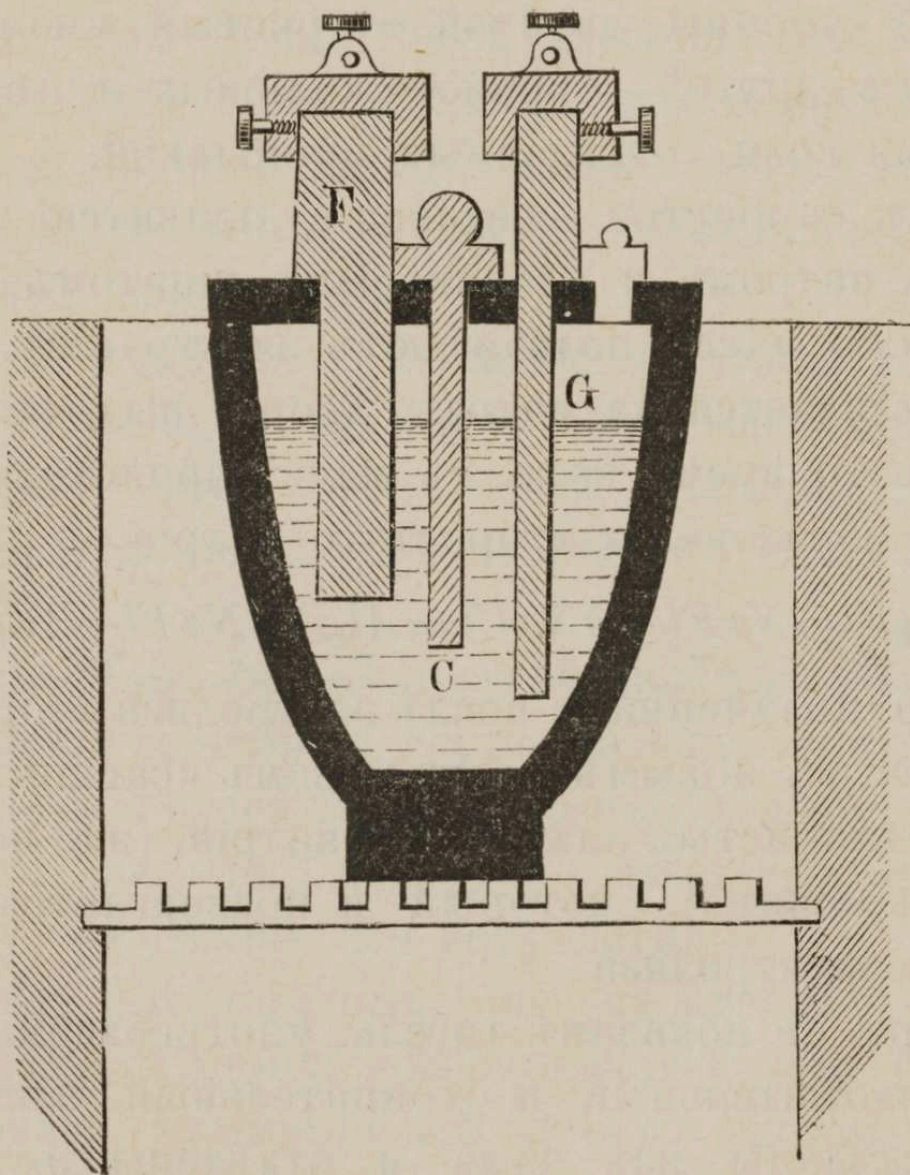
Затѣмъ фтористое соединеніе плавится съ хлористымъ натромъ и плавиковымъ шпатомъ, и расплавленную массу подвергаютъ электролизу. Алюминій отлагается на катодѣ, хлоръ выдѣляется на анодѣ, въ то время какъ въ массѣ происходитъ небольшое образованіе фтористаго натрія по реакціи.



Плавка полученнаго послѣ электролиза фтористаго соединенія съ новымъ количествомъ квасцовъ даетъ двойной фтористый алюминій и натрій, (или искусственный кріолитъ), который и подвергается снова дѣйствию электролиза.

На черт. 7 показанъ тигель, употребляемый Диллемъ. Положительный и отрицательный электроды *F* и *G* сдѣланы изъ угля и отдѣлены другъ отъ друга угольной перегородкой *C*; перегородка эта употребляется въ томъ случаѣ, если желаютъ получать чистый алюминій. Электроды дѣлаются изъ желѣза, мѣди, свинца или другаго металла, если желаютъ работать сплавы. Свинецъ образуетъ сплавъ въ 75% алюминія и можетъ быть легко отдѣленъ,

благодаря своей легкоплавкости и, такимъ образомъ, можетъ быть вновь употребленъ въ дѣло. Съ желѣзомъ или мѣдью образуется богатый сплавъ въ 90% алюминія. При медленномъ остываніи (ликваціи) сплавъ раздѣляется съ одной стороны на кристал-



Черт. 7.

лическій, трудноплавкій и бѣдный алюминіемъ сплавъ, съ другой, — на алюминій болѣе легкоплавкій и почти чистый. Бѣдный алюминіемъ сплавъ можетъ идти на образованіе электродовъ.

Способъ Нансена.

Нансенъ приписываетъ главный неуспѣхъ электролиза мокраго пути алюминія тому обстоятельству, что алюминій *in statu nascendi* дѣятельно разлагаетъ воду при обыкновенной температурѣ. По мнѣнію Нансена, это разложеніе прекращается при температурѣ низшей 4° и, такимъ образомъ, работая при этой температурѣ, можно получить алюминій изъ растворовъ толстымъ и компактнымъ слоемъ. Характерная черта способа заключается, слѣдовательно, въ охлажденіе электролитической ванны, преимущественно вокругъ отрицательнаго электрода. Охлажденіе это можетъ быть достигнуто при помощи змѣевика съ циркулирующей водой въ 0—2°. Кромѣ того, Нансенъ совѣтуетъ употреблять очень концентрированные растворы, которые равномерно перемѣшиваются во время хода процесса. (Англійскія привиллегіи отъ 23 мая 1889 года).

Способъ этотъ повидимому не получилъ примѣненія.

Способъ Рожера.

По словамъ журнала «*La Métallurgie*» отъ 18-го марта 1891 г., Рожеръ при своихъ изысканіяхъ надъ производствомъ алюминія прибавляетъ къ солямъ его сплавъ свинца съ натріемъ.

«Это видоизмѣненіе обыкновеннаго процесса, говоритъ журналъ, увеличиваетъ повидимому отдачу въ значительной степени. Сплавъ свинца съ натріемъ получается при помощи электролиза распла-

вленного хлористаго натра, при чемъ въ видѣ катода служить свинцовая пластина».

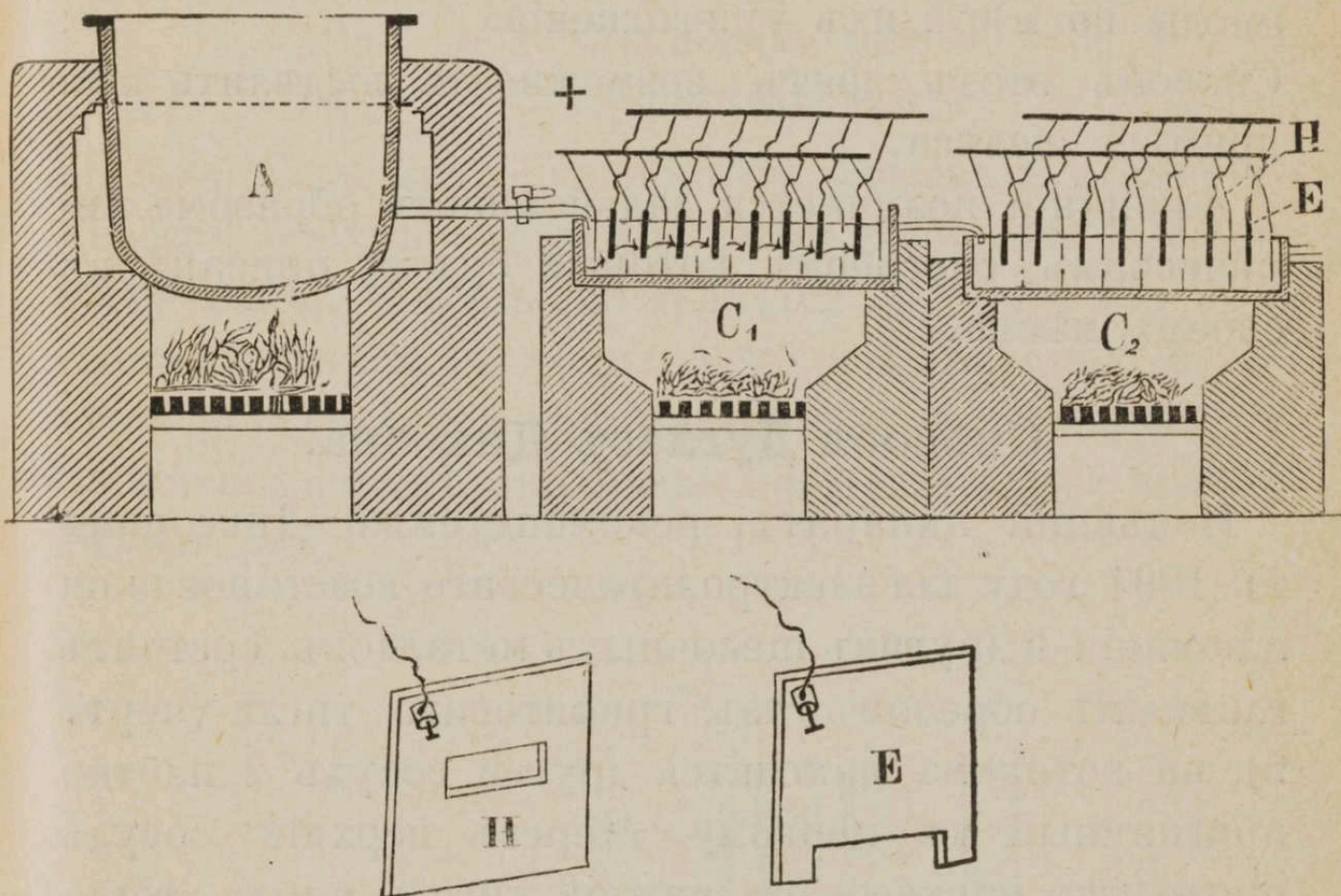
«При одномъ изъ первыхъ опытовъ токъ въ 80 амперъ и 24 вольта проходилъ 4 тигля, соединенныхъ послѣдовательно и содержащихъ каждый 1 часть кріолита, 3 части хлористаго натра и 27 граммъ свинца. Спустя 6 часовъ работы получалось 15 граммъ алюминія, тогда какъ на днѣ тигля оставалось большое количество натрія, сплавленного съ кріолитомъ».

По мнѣнію Рожера, способъ этотъ въ состояніи дать 500 граммъ алюминія въ 24 часа, при затратѣ 1 силы или 80% теоретической отдачи.

Способъ Кастнера.

Около Бирмингама въ Англіи «Alluminium Co limited» эксплуатируетъ химическій способъ Кастнера, испробовавъ много другихъ. Въ настоящее время заводъ работаетъ по усовершенствованному способу Кастнера. Усовершенствованіе состоитъ главнымъ образомъ въ очисткѣ двойнаго хлористаго алюминія и натрія. Аппаратъ, изобрѣтенный Кастнеромъ изображенъ на черт. 8. Хлористое соединеніе, расплавленное въ *A*, протекаетъ сквозь рядъ ваннъ *C*₁ *C*₂ *C*₃, нагрѣваемыхъ снизу, которыя состоятъ изъ эмалированного желѣза. Расплавленная масса циркулируетъ между анодами изъ угля *E*, не доходящими до дна въ то время, какъ катоды *H* состоятъ изъ листового алюминія, въ 1½—3 миллиметра толщины. Сосуды постоянно нагрѣваются для поддержанія въ расплавленномъ состояніи протекающаго хлористаго соеди-

ненія, которое, пройдя по ваннамъ вытекаетъ будучи совершенно очищено. Мощность тока 1000 амперъ. Вся цѣпь со включенными ваннами рассчитана такъ, чтобы въ 1 часъ проходило 600 ам-



Фиг. 8.

перъ въ C_1 , 300 амп. въ C_2 и 100 амп. въ C_3 . Эти 1000 амперъ достаточны, чтобы въ 1 часъ отложить около 700 килограм. желѣза или, иначе говоря, очистить 310 ливровъ (1 ливръ=1 ф. 21 з.) хлористаго соединенія, содержащаго 0,5 желѣза. Если открыть кранъ настолько, чтобы черезъ C_1 проходило 310 ливровъ хлористаго соединенія, токъ въ 600 амперъ отложить 420 грам. желѣза; въ C_2 —300 амперъ отложить 210 грам. и въ C_3 100 амперъ—70 грам.

Необходимо, чтобы расплавленное вещество постоянно циркулировало между электродами и было бы подвержено не разомъ всему току, но постепенно. Процессъ идетъ безостановочно. Достаточно очищать отъ времени до времени катоды и замѣнять аноды по мѣрѣ ихъ уничтоженія. Способъ этотъ даетъ возможность выдѣлить всю примѣсь желѣза.

Алюминій получается дальнейшимъ образомъ химическимъ способомъ который будетъ описанъ въ своемъ мѣстѣ.

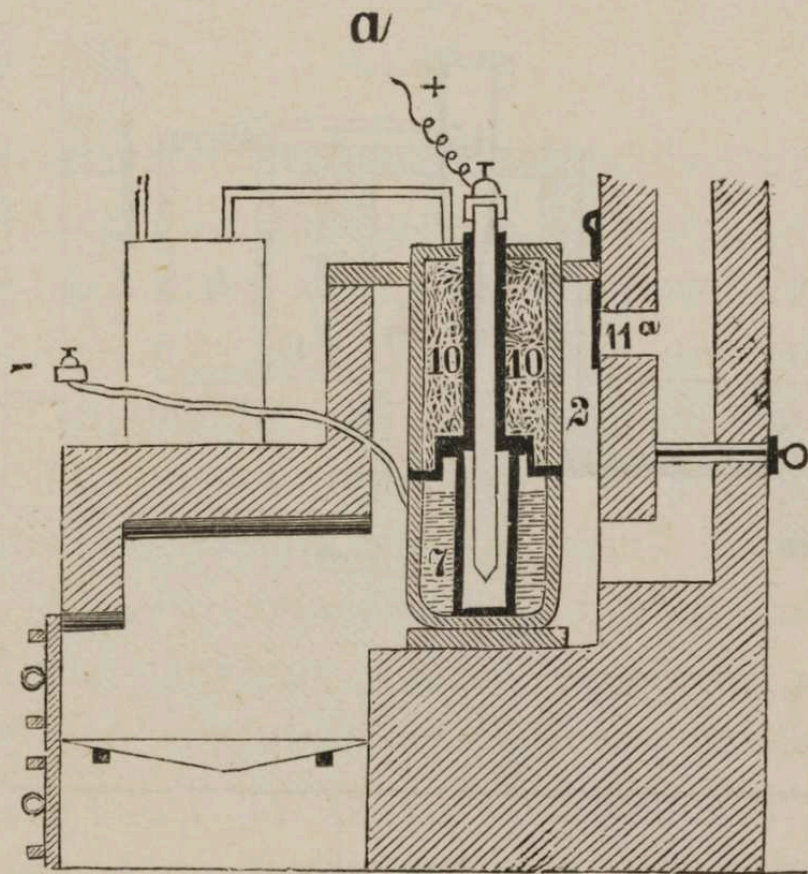
Способъ Дугласъ Диксона.

Новѣйшій аппаратъ, рекомендуемый Диксономъ въ 1891 году для электролитическаго возстановленія алюминія и другихъ щелочныхъ металловъ, состоитъ главнымъ образомъ изъ графитоваго тигля (черт. 9), на которомъ находится другой сосудъ 2 плотно пригнанный къ первому. Черезъ верхній сосудъ проходитъ насквозь въ нижній тигель анодъ, тогда какъ самъ тигель образуетъ катодъ. Верхній сосудъ содержитъ смѣсь угля, глинозема и хлористаго натра; въ верхней своей части этотъ сосудъ сообщенъ съ конденсаторомъ, въ которомъ сгущаются пары хлористыхъ соединеній, выдѣляющихся при реакціи. Положительный электродъ входитъ въ тигель сквозь пористую перегородку 7 съ отверстіями; эта перегородка, заключающая анодъ, задѣлана на глухо внизу, чтобы помѣшать электро-отрицательному элементу выдѣляться непосредственно подъ анодомъ. Газы, выдѣляющіеся при реакціи, изъ тигля про-

ходятъ черезъ отверстія, продѣланныя въ крышкѣ, раздѣляющей сосуда одинъ отъ другого. Для производства алюминія въ тигель насыпаютъ смѣсь, состоящую по вѣсу изъ:

35	частей	хлористаго магнія
25	»	хлористаго калия
40	»	хлористаго натра

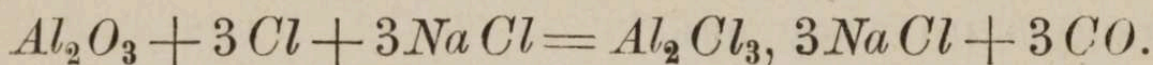
съ 3—5% двойнаго хлористаго алюминія и натрія. Верхній сосудъ содержитъ смѣсь хлористаго натра и глинозема. Тигель нагрѣвается до 800° для поддержанія смѣси въ расплавленномъ состояніи и затѣмъ пропускается электрическій токъ, который ни въ какомъ случаѣ не долженъ превышать 6—8 вольтъ напряженія.



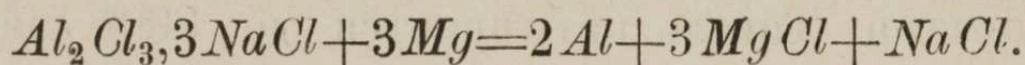
Черт. 9.

Хлористый магній разлагается: магній всплываетъ на поверхность, тогда какъ свободный хлоръ вы-

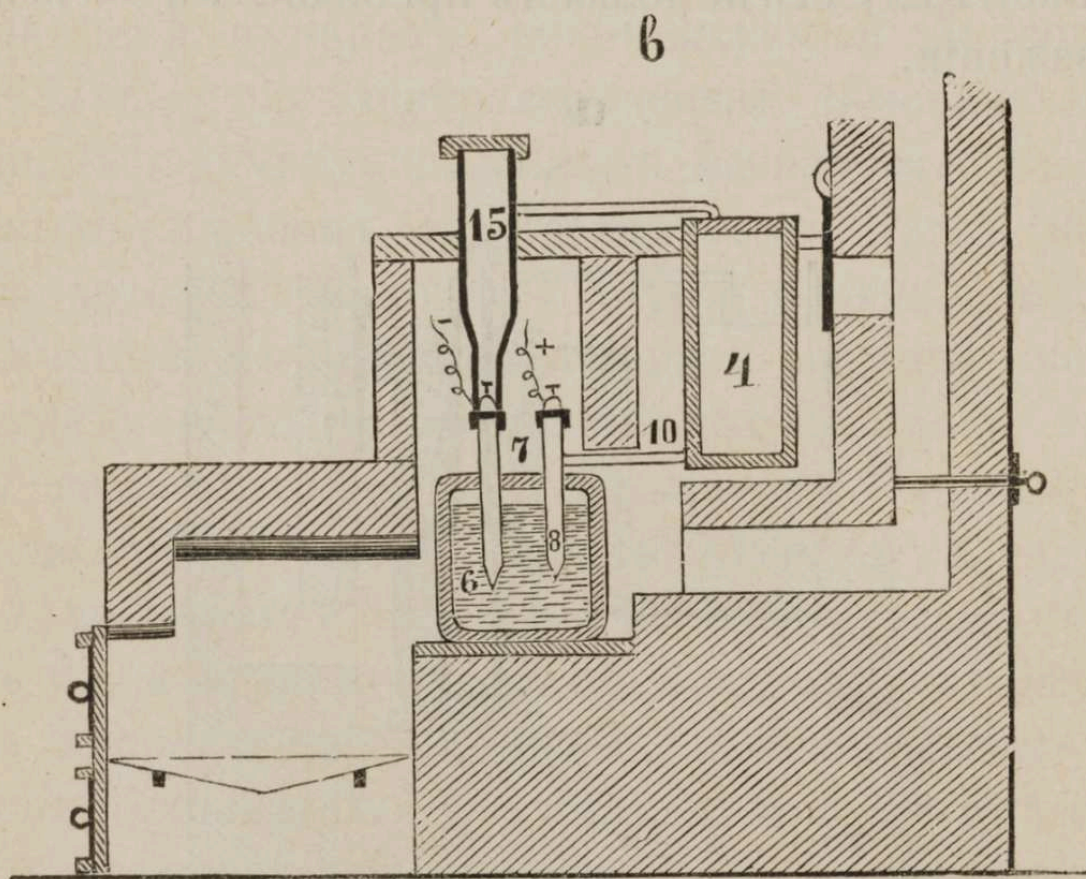
дѣлаясь проходить сквозь отверстія крышки въ верхній сосудъ и образуетъ двойной хлористый алюминій и натрій по формулѣ:



Температура верхняго сосуда достаточно высока, чтобы расплавить это хлористое соединеніе, однако безъ его улетучиванія; такимъ образомъ, падая въ расплавленную ванну тигля, оно возстановляется по формулѣ:



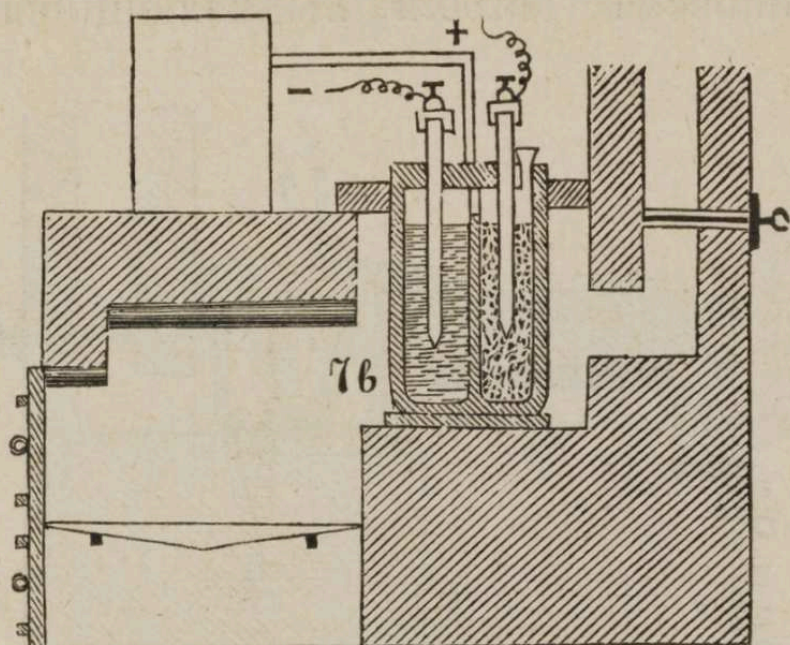
вновь образуя хлористый магній.



Чер 10.

Дальнѣйшее видоизмѣненіе аппаратовъ, указано на черт. 10 и 11. Въ этомъ случаѣ употребляютъ

отдѣльный отрицательный электродъ (8), тогда какъ верхній сосудъ помѣщенъ рядомъ и соединенъ съ тиг-



с

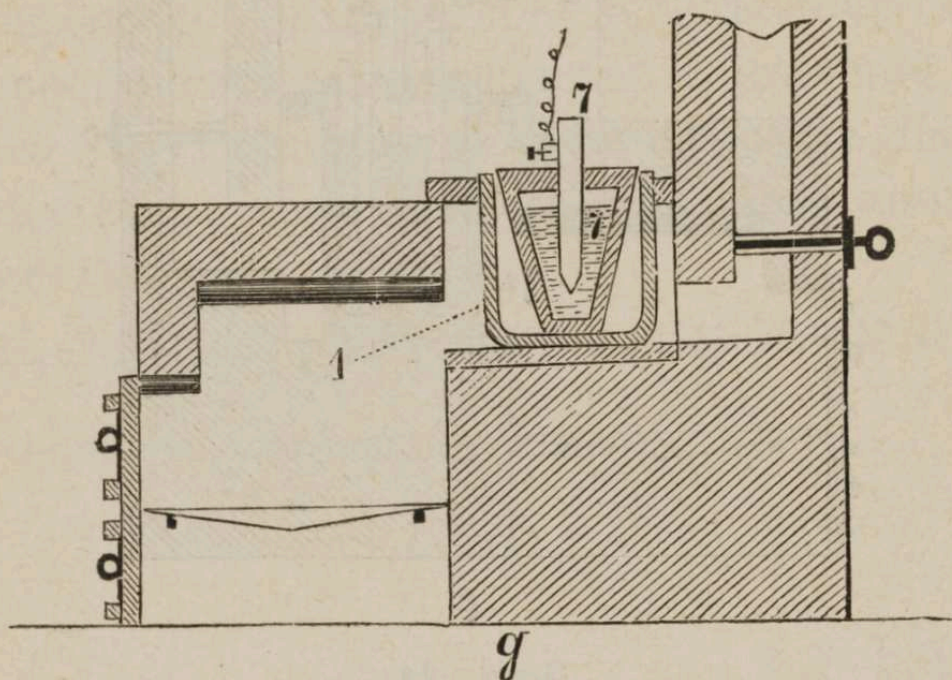
Черт. 11.

лемъ посредствомъ трубки (10). Наполняется этотъ сосудъ той-же смѣсью или другой, но при условіи, чтобы могъ образоваться хлористый алюминій, который улетучиваясь и отлагаясь въ видѣ порошка въ конденсаторѣ 15, падаетъ въ тигель и возстановляется. На черт. 11, смѣсь глинозема и угля раздѣлена отъ возстановительной ванны лишь пористой діафрагмой и такимъ образомъ хлористый алюминій, образуемый выдѣленіемъ хлора на анодѣ, возстановляется непосредственно въ самомъ тиглѣ.

Аппаратъ черт. 12 даетъ возможность возстановлять алюминій посредствомъ реакціи нѣсколько различной отъ предыдущей.

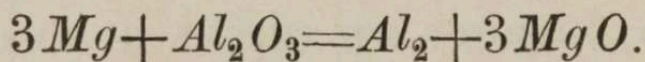
Въ большой тигель помѣщенъ тигель меньшихъ размѣровъ. Тигель 7 содержитъ расплавленную

смѣсь 93 частей хлористаго магнія на 75 частей хлористаго калия съ прибавкой 6—7% фтористаго соединенія, какъ плавня; внѣшній тигель 1 заключаетъ глиноземъ. Магній, выдѣляющійся въ тиглѣ

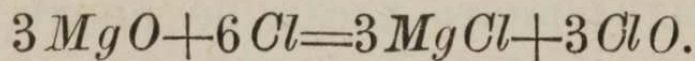


Черт. 12.

катода возстановляетъ алюминій во внѣшнемъ тиглѣ, который падаетъ на дно. Возстановленіе происходитъ по формулѣ:



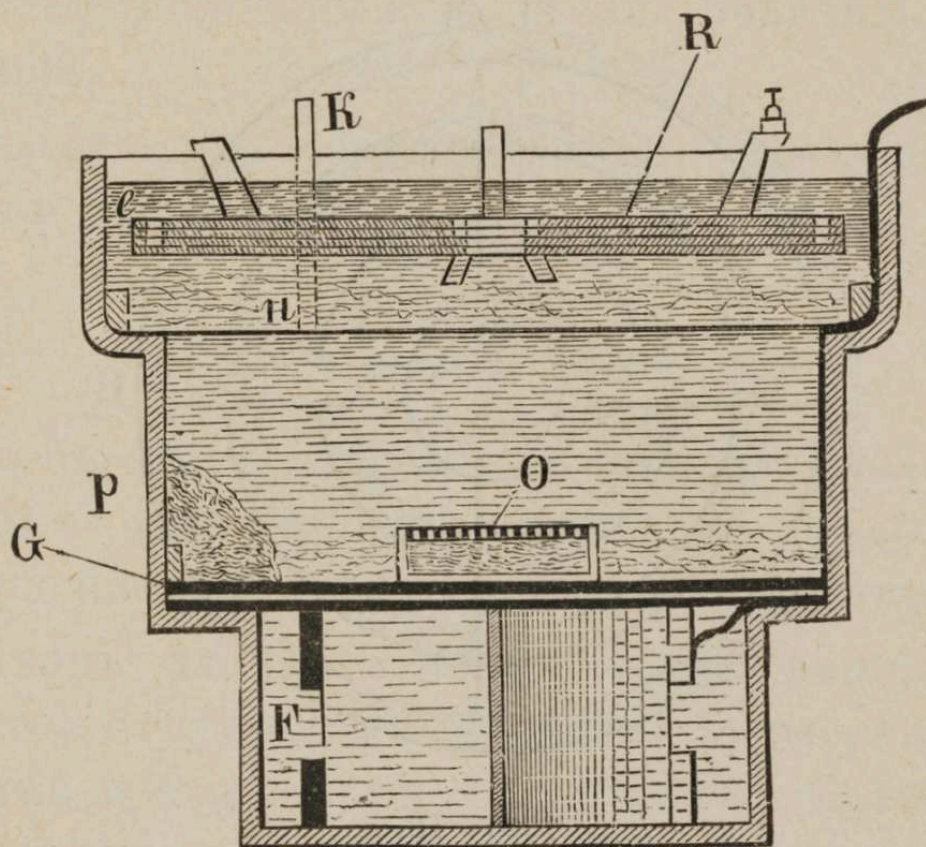
въ то же время окись магнія MgO вновь образуетъ въ тиглѣ 7 хлористый магній по слѣдующей реакціи:



Реакція такимъ образомъ идетъ безостановочно. Сила тока должна быть такова, чтобы не быть въ состояніи разлагать хлористаго калия и должна быть ниже строго необходимой электродвигательной силы для разложенія этого послѣдняго.

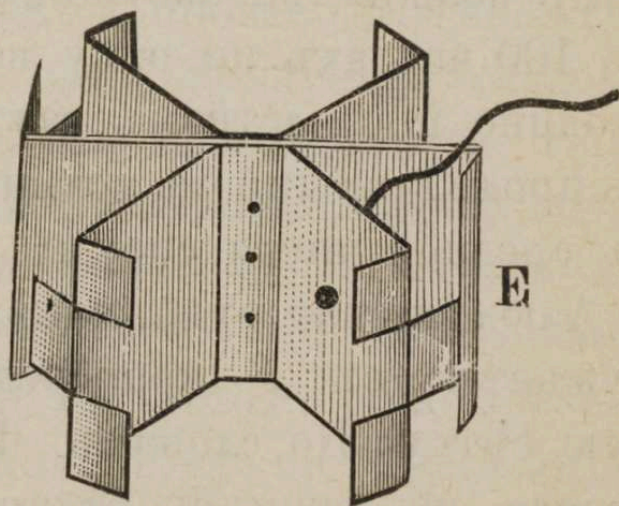
8. Способъ Фельта.

Для электролитическаго отложенія изъ воднаго раствора Фельтъ предлагаетъ слѣдующее располо-
женіе (черт. 13, 14, 15).



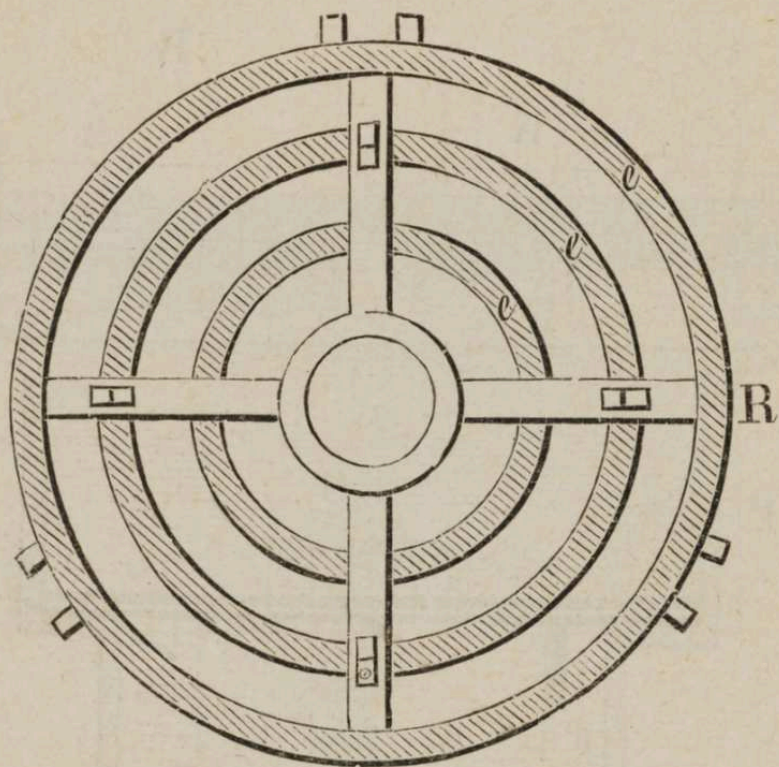
Черт. 13.

Отрицательный электродъ сдѣланъ изъ мѣди и со-
стоитъ, какъ видно по
чертежу, изъ кресто-
образныхъ пластинъ
E, помѣщенныхъ на
дно ванны; по верхъ
катода положена ме-
таллическая сѣтка *G*.
Положительный элек-
тродъ, помѣщенный
вверху аппарата, со-
стоитъ изъ концентрическихъ пластинъ *R* съ углуб-



Черт. 14.

леніями *e* для ртути, чего достаточно для амальгамации. Промежуточная часть аппарата раздѣлена діафрагмой изъ пергаментовой бумаги *H*, съ проходящею сквозь нея трубкой *K*, черезъ ко-



Черт. 15.

торую выдѣляются газы. Растворъ состоитъ изъ разбавленной сѣрной кислоты съ прибавкой небольшого количества азотно-кислой ртути, разведенной въ 100 частяхъ по вѣсу воды и возобновляется постоянно посредствомъ ртути, налитой въ чашку *O* съ продѣланными въ крышкѣ отверстіями и стоящей въ средней части сосуда.

Алюминіевая руда, напимѣръ чистая глина, нагружается въ *P* непосредственно на металлическую сѣтку. По словамъ Фельта, глина эта разлагается на кремній, отлагающійся на дно ванны сквозь сѣтку и на алюминій, отлагающійся на сѣткѣ, но не на остальномъ катодѣ *E*. Чтобы получить

чистый алюминій, покрываютъ лакомъ одну изъ сторонъ сѣтки *G* такимъ образомъ, чтобы заставить алюминій отлагаться лишь на другой сторонѣ; послѣ этого достаточно лишь растворить мѣдь со-освѣтствующей кислотой, чтобы получить чистый алюминій.

Позволительно сомнѣваться въ промышленномъ значеніи этого способа.

Способъ Воле.

Способъ этотъ описанъ въ журналѣ «*Métallurgie*» въ 1891 г. Онъ относится также къ попыткамъ извлечения алюминія изъ его водныхъ растворовъ.

Растворъ для электролитической ванны готовится слѣдующимъ образомъ: растворяютъ 2 килограмма квасцовъ въ 2 литрахъ горячей воды; затѣмъ готовятъ отдѣльно растворъ въ равныхъ по вѣсу частяхъ углекаліевой соли (K^2CO_3) съ прибавкой 8—10 граммъ амміака. Эти два раствора, будучи вмѣстѣ смѣшаны, производятъ вначалѣ бурную реакцію, послѣ чего образуется осадокъ гидрата окиси алюминія; онъ декантируется, тщательно промывается водой и сохраняется отдѣльно. Третій растворъ готовится изъ 4 килограммъ квасцовъ въ 10 литрахъ горячей воды съ прибавкой 2 килограммъ чистаго ціанистаго кали въ твердомъ видѣ. Растворъ наливается на предыдущій осадокъ и все подвергается кипяченію. Послѣ $\frac{1}{2}$ часа кипѣнія прибавляютъ 10 литровъ воды и 2 килограмма ціанистаго кали и вновь кипятятъ

$\frac{1}{4}$ часа, послѣ чего остается лишь собрать осадокъ, годный для состава электролитической ванны.

Въ составленной такимъ образомъ ваннѣ, анодами служатъ пластины алюминія съ отверстіями, расположенныя такимъ образомъ, чтобы онѣ могли легко подыматься и опускаться. Аноды и катоды соединяются съ борнами динамо-машины и растворъ нагревается до 160°C . Привѣшивая къ анодамъ другіе металлы, какъ напримѣръ золото, серебро и т. п., цвѣтъ отложеннаго металла можетъ быть видоизмѣненъ по желанію. Если алюминій полученъ своего естественнаго сѣраго цвѣта, погруженіе его въ растворъ соды достаточенъ, чтобы придать ему блестящій видъ.

II. Способы электротермическія.

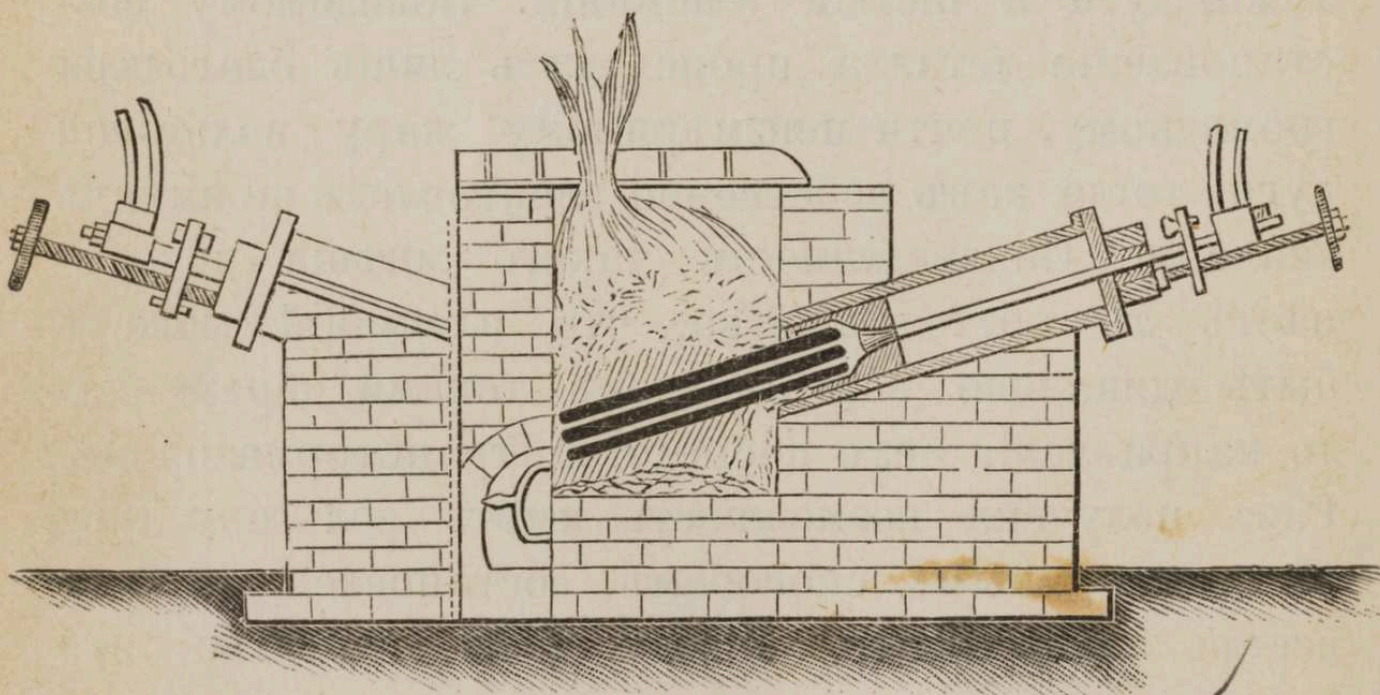
Способы, относящіяся къ этого рода производству, основаны на возстановительной способности громаднаго жара вольтовой дуги, развиваемаго въ очень ограниченномъ пространствѣ, въ соединеніи съ возстановительной способностью угля. Производство этого рода относилось до приготовленія главнымъ образомъ сплавовъ, богатыхъ алюминіемъ, Однако, въ настоящее время, какъ мы увидимъ ниже, явилась возможность получать помощью вольтовой дуги и чистый алюминій. Повидимому возстановленіе металла происходитъ лишь благодаря громадному, почти неизмѣримому жару вольтовой дуги, тогда какъ собственно электролизъ не имѣетъ значенія. Справедливость такого мнѣнія доказываетъ то обстоятельство, что алюминій можетъ быть одинаково возстановленъ токами переменнаго направленія безъ посредства трансформаторовъ. Разъ получена возможность имѣть вольтову дугу тѣмъ или инымъ способомъ, возстановленіе будетъ всегда происходить. Между тѣмъ извѣстно, что электролизъ, въ строгомъ смыслѣ этого слова, при токахъ переменнаго направленія происходить не можетъ. Постороннія примѣси или сгораютъ въ жарѣ дуги и улетучиваются, или же ошлаковываются.

Однако среди этихъ способовъ есть способы смѣшанные, гдѣ электролизъ также играетъ роль.

1. Способъ Коульса.

Способъ Коульса, примѣненный въ Стокѣ-о-Трентѣ въ Англіи и Кливелендѣ около Нью-Йорка, основанъ на взаимодействіи сильнаго жара вольтовой дуги и восстановительной способности угля для разложенія корунда или боксита, содержащаго, главнымъ образомъ, окись желѣза и гидратъ окиси глинозема. Примѣняется онъ для полученія бронзы съ богатымъ содержаніемъ алюминія, а также и для приготовленія ферро-алюминія.

Печи, въ которыхъ происходитъ работа, расположены въ нѣсколько рядовъ и имѣютъ продолговатую



Черт. 16.

форму, будучи сложенны изъ огнеупорнаго матеріала (черт. 16). Толщина стѣнокъ каждого

ящика 20 сантиметровъ; внутреннее пространство $1,50 \times 0,60 \times 0,30$ метра. Каждая печь закрывается сверху чугунной крышкой, обложенной огнеупорнымъ веществомъ съ отверстіями для выдѣленія газовъ, образующихся при реакціи. Съ боковъ, въ печи имѣется по отверстію, сдѣланному изъ чугуна такой величины, чтобы черезъ нихъ было возможно пропустить пучекъ обыкновенныхъ углей, употребляемыхъ для освѣщенія; пучекъ этотъ состоитъ изъ 9 углей въ 65 миллиметровъ діаметромъ и длиною около 75 сантиметровъ. Оба пучка наклонены другъ къ другу подъ угломъ въ 30° и могутъ быть сближаемы и удаляемы при помощи выдвижного винта показаннаго на чертежѣ, или всякаго другого механизма, автоматически регулирующаго сопротивленія (напр. дифференціальнаго регулятора).

Электроды соединены между собой общей оправой, отлитой на угли и крѣпко держащей ихъ вмѣстѣ. Оправа эта соединяется съ проводниками канатами, проводящими токъ отъ динамо-машины. Отъ динамо-машины токъ передается этимъ канатамъ черезъ мѣдные рельсы, по которымъ движется вагончикъ. Каждая печь работаетъ въ одиночку.

Когда нужно приготовить печь къ дѣйствию, ее выкладываютъ слоемъ въ нѣсколько сантиметровъ изъ хорошо просушенной смѣси, состоящей изъ угольнаго порошка вымоченнаго въ известковомъ молокѣ. Угли приводятъ до полнаго соприкосновенія и по срединѣ печи на электроды ставятъ квадратную раму, забивая пространство между нею и обкладкой печи мелкимъ угольнымъ порошкомъ. Рама должна

быть такой величины, чтобы стѣнки изъ угольнаго порошка были бы около 7 сант. толщины, не доходя на 4—5 сантиметровъ до верху. Электроды, такимъ образомъ, находятся надъ угольнымъ порошкомъ. Въ раму засыпается смѣсь, заключающая глиноземъ (бокситъ, кріолитъ, корундъ и т. п.), уголь, дробленую мѣдь или желѣзо, сообразно тому, желаютъ ли получать чистый алюминій, бронзу или ферро-алюминій. Смѣсь состоитъ изъ 7 — 8 кило зерновой мѣди, 5—7 кило глинозема и нѣсколькихъ килограммъ угля въ небольшихъ кускахъ. Рама осторожно вынимается, чтобы не перемѣшать слоевъ нагрузки, и все засыпается сверху слоемъ угольнаго порошка, послѣ чего накладывается печная крышка и хорошенько примазывается глиной.

По окончаніи этой нагрузки динамо-машины пускается въ ходъ.

При первоначальной эксплуатаціи этого способа работала динамо-машина мощностью въ 1570 амперъ при 47,7 вольтахъ напряженія; въ настоящее время установка имѣетъ гораздо болѣе мощныя динамо для ускоренія и увеличенія производства. Эти новѣйшія динамо даютъ 5000 амперъ при 60 вольтъ напряженія и приводятся въ дѣйствіе двигателемъ въ 600 силъ, снабженнымъ маховикомъ въ 30 тоннъ для устраненія внезапныхъ толчковъ, происходящихъ отъ рѣзкихъ измѣненій тока, могущаго достигать въ нѣкоторые моменты операціи 8000 амперъ. Свыше этого предѣла цѣпь размыкается автоматическимъ прерывателемъ, состоящимъ изъ свинца, расплавляющагося при мощности тока въ 8000 амперъ.

Слѣдуетъ здѣсь упомянуть, что вообще при всѣхъ электротермическихъ операціяхъ этого рода, при которыхъ можетъ происходить внезапное рѣзкое колебаніе тока, было бы полезно, въ виду наилучшаго пользованія и сбереженія динамо-машинъ, имѣть аккумуляторы въ отвѣтвленіи. Такого рода расположеніе позволяетъ моментально развить токъ, значительно превосходящій производительность машинъ, и такимъ образомъ доставить имъ равномерность хода и наибольшую отдачу.

Лишь только динамо пущена въ ходъ, угли нѣсколько раздвигаютъ и вводятъ въ цѣпь, для предосторожности и удобства обращенія, искусственное сопротивленіе. По мѣрѣ расплавленія массы угли раздвигаются все болѣе и болѣе. Послѣ нѣсколькихъ минутъ хода динамы, слышится сильное шипѣніе и легкій взрывъ. Мощность тока достигаетъ значительной величины и послѣ взрыва падаетъ почти до нуля но затѣмъ постепенно доходитъ до своей нормальной величины. Искусственное сопротивленіе постепенно выводится. Въ минуту взрыва изъ отверстій крышки выдѣляется зеленоватое пламя отъ мѣди, которое вскорѣ пропадаетъ, замѣняясь бѣлымъ паромъ. Этотъ паръ необходимо немедленно поджечь лучиной для того, чтобы воспрепятствовать накопленію окиси углерода и заключающагося въ печи воздуха, состоящаго изъ гремуче-газовой смѣси. Затѣмъ, изъ отверстій начинается выдѣляться характерное желто-бѣлое пламя и въ это время и совершается возстановленіе алюминія изъ его окиси, а равно и сплавленіе его съ мѣдью или желѣзомъ.

Если бы амперометръ сталъ указывать на слишкомъ большую мощность тока, можно сдѣлать вторичную нагрузку. Когда выдѣленіе желто бѣлаго пламени окончится, цѣпь размыкается и печь прекращаетъ свое дѣйствіе. Необходимо озоботиться тотчасъ же по прекращеніи дѣйствія выдвинуть электроды, дабы они не застыли въ расплавленной массѣ. Затѣмъ такимъ же способомъ пускаютъ въ ходъ слѣдующую печь.

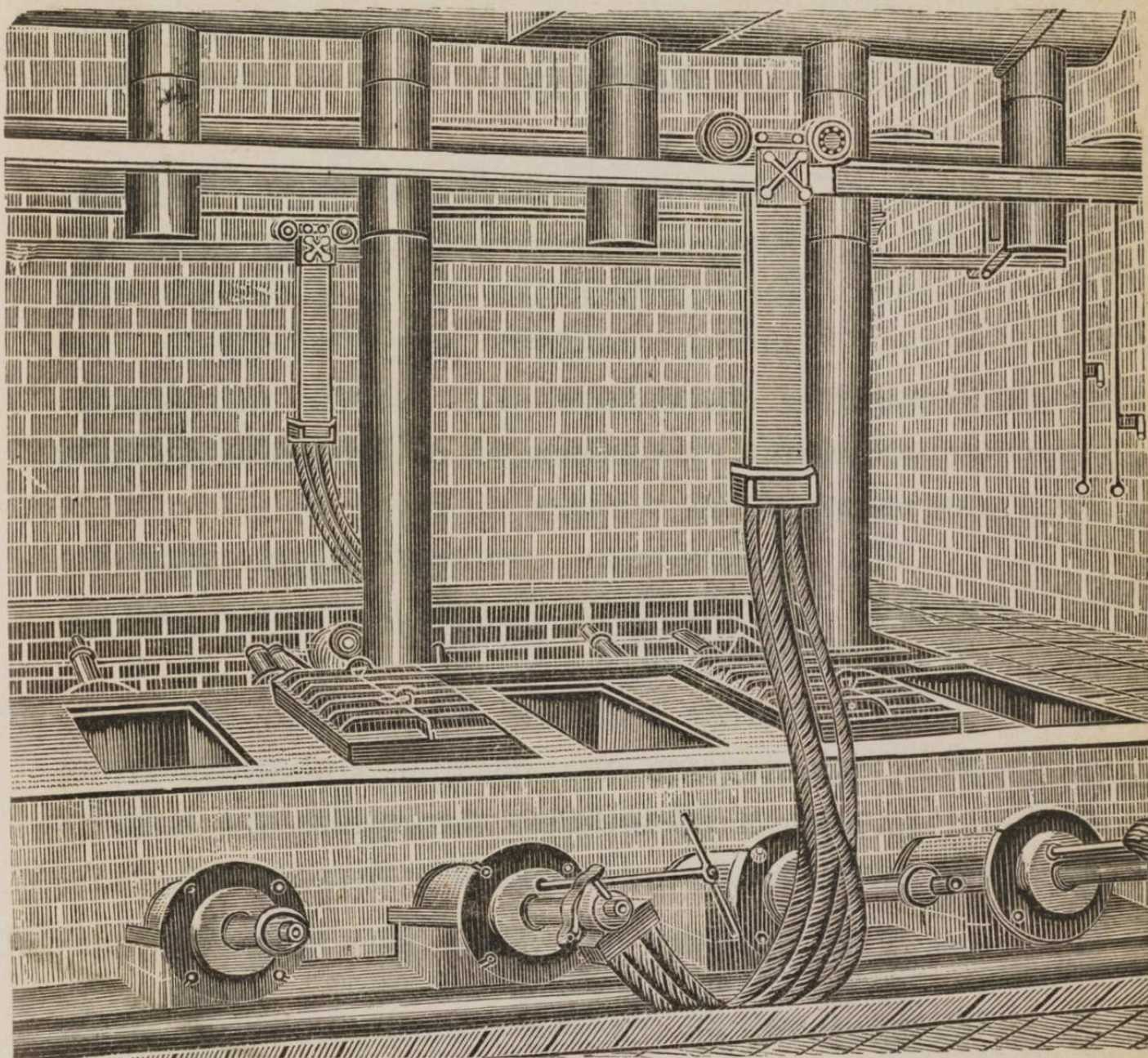
Когда печь остынетъ, ее разгружаютъ. На поду печи находится бѣлый и хрупкій, кристаллическаго сложенія слитокъ, содержащій отъ 18 до 30% алюминія и немного кремнія. Кусокъ сплава бываетъ покрытъ слоемъ невозстановленнаго вещества въ видѣ шлака и, будучи болѣе хрупкимъ чѣмъ полученный металлъ, легко отъ него отдѣляется.

Слитокъ этотъ переплавляется въ тиглѣ или отражательной печи съ прибавкой такого количества металла, чтобъ получить желаемый сплавъ. Поверхъ сплава часто получается значительное количество углеродистаго алюминія, крупнозернистаго сложенія, съ содержаніемъ металла въ 30—60%, который послѣ небольшой обработки идетъ прямо въ продажу.

Шлаки состоятъ изъ угля, невозстановленнаго вещества и сплава и идутъ для прибавки въ слѣдующую нагрузку.

Въ Мильтонѣ, чтобы избѣжать потери времени, каждая печь снабжена сливнымъ отверстіемъ, находящимся около пода, чрезъ которое выпускаютъ расплавленную массу немедленно по окончаніи работы тока.

Количество сплавовъ измѣнчиво сообразно тому, употребляютъ ли нагрузку, состоящую изъ первоначальныхъ веществъ, подвергаемыхъ восстановленію или же прибавляютъ къ нагрузкѣ шлаки отъ предыдущей плавки. Въ первомъ случаѣ получае-



Черт. 17.

тся 30 килограммъ шлака (при нагрузкѣ 15 килограммъ корунда, 30 килогр. дробленой мѣди и нѣкотораго количества угля для большой проводимости смѣси). Во второмъ случаѣ, при прибавкѣ къ предыдущей смѣси, 42 килогр. шлаковъ, послѣ опе-

раціи получится уменьшеніе количества шлаковъ до 7—10 кило на погрузку.

Ежедневно весь соръ на заводѣ подбирается и идетъ въ слѣдующую нагрузку и пропадаетъ лишь то, что улетучится въ воздухъ. Такимъ образомъ въ Локпортѣ извлекаютъ $\frac{2}{3}$ алюминія, заключающагося въ рудѣ. Отдача достигаетъ 36,6% (корундъ содержитъ 55% алюминія).

На черт. 17 показано расположеніе печей Коульса на заводѣ въ Стокъ-о-Трентѣ Каждая печь дѣйствуетъ отдѣльно. Токъ передается въ печи черезъ мѣдную рельсу, расположенную надъ ними, по которой движется вагончикъ; отъ этого послѣдняго черезъ посредство толстыхъ мѣдныхъ кабелей токъ поступаетъ въ печи.

Слѣдующія интересныя данныя были найдены профессоромъ металлургіи Понтьеромъ на заводѣ Лакпорта въ Кливлендѣ въ 1888 году.

Вся работа длится 2 часа и даетъ около 5,2 килог. алюминія подъ видомъ сплава при мощности тока въ 3000 амперъ и 50 вольтахъ напряженія; такимъ образомъ израсходованная энергія была

$$3000 \times 50 \times 3600 \times 2 = 1080000000 \text{ жулей,}$$

слѣдовательно на 1 килограммъ алюминія потребуется

$$\frac{1080000000}{5,2} = 204020000 \text{ жулей или } \frac{204020000}{736 \times 3600} = 77$$

электрическихъ силъ, что соотвѣтствуетъ 13 грам. алюминія на 1 электрическую силу.

Въ Мильтонѣ въ послѣднее время дошли до затраты 40 силъ на килограммъ, что соотвѣтствуетъ 25 грам. алюминія на 1 силу.

Затраченная энергія.

4 кило угля, дающіе CO и выдѣ- ляющіе 4×2483	9432 калоріи
40 электрическихъ силъ или $40 \times 736 \times 3600$	
4,2 $\times$ 1000	25234 »
Всего. 34666 калор.	

Отдача системы (полезная работа въ самой печи).

Теплота образованія безводнаго глинозема равна 392,6 калорій на граммъ молекулу (55 гр.) или 7138 калорій на килограммъ алюминія.

Если при этомъ не принимаютъ во вниманіе теплоту, поглощенную шлаками и плавкой металловъ входящихъ въ составъ сплава, *отдача* или полезная работа печи будетъ:

$$\frac{7138}{34666} = 0,20;$$

если же принять во вниманіе теплоту, поглощенную нагрѣвомъ, плавкой металловъ и шлаковъ,—теплоту, которая составляетъ $\frac{1}{3}$ теплоты нужной для возстановленія, то отдача повысится до 0,30.

Сравнимъ, теперь полезную работу возстановленія желѣза въ Каталонскомъ горну. Извѣстно, что такого рода горнъ требуетъ 2,5 килограмма угля для 1 кило желѣза. Допустивъ, что $\frac{1}{4}$ угля даетъ CO_2 и $\frac{3}{4}$ даетъ CO , получимъ затрату на 1 килогр. желѣза:

$$2,5 + \frac{3}{4} \times 2483 + 2,5 \times \frac{1}{4} \times 8080 = 9705 \text{ калорій}$$

(Возстановленіе въ обыкновенныхъ домнахъ требуетъ лишь половину).

Теплота образованія водной окиси желѣза $Fe_2O_3 \cdot 3H_2O = 19,15$ калорій на граммъ-молекулу (56×2 гр.) или 1638 калор. на 1 килогр желѣза отсюда полезная работа будетъ:

$$\frac{1638}{9705} = 0,17,$$

число, близко подходящее къ 0,20, найденному для печи Коульса.

Не безинтересно сравнить предыдущее вычисленіе съ отдачей, получаемой при химическомъ способѣ Девиля изложенномъ ниже.

На 2 кило алюминія необходимо:

Угля 25,17 килогр.

Натрія 3,44 килогр., который въ свою очередь потребовалъ для полученія

$3,44 \times 7,32$ угля 25,18 килогр.

Всего. . 54,35 килогр.

или $54,35 \times 6000 = 326100$ калорій.

Отсюда полезная работа или отдача выразится:

$$\frac{7138}{326100} = 0,02$$

Полезная работъ способа Коульса *при условіи что двигательная сила есть паровая* значительно падаетъ и становится даже менѣе отдачи Девиля. Дѣйствительно, 40 электрическихъ силъ, считая потерю въ 0,35 на динаму и передачи, соотвѣтству-

ють 69 номинальнымъ силамъ, т.-е. 120 килогр. угля или $120 \times 6000 = 720000$ калоріямъ,

отсюда отдача будетъ $\frac{7138}{9932 + 720000} = 0,01$.

Легко замѣтить, что происходитъ это не отъ способа производства, что доказывается вычисленными нами цифрами 0,20 и 0,02, но единственно благодаря крайне плохому утилизованію калорій, доставляемыхъ углемъ, черезъ непосредственное его употребленіе для отопленія котловъ паровыхъ двигателей.

Изъ всего сказаннаго легко понять, что пользова-ніе естественными водяными силами даетъ громад-ное преимущество для эксплуатаціи способа.

Постараемся теперь разсмотрѣть, что можетъ сто-ить устройство завода по системѣ Коульса произво-дительностью въ день 100 кило алюминія въ видѣ сплава или 1 танны 10% бронзы.

Въ своемъ отчетѣ Понтьеръ даетъ слѣдующія указанія вычисленные во франкахъ.

	Франковъ.
Земля подъ заводомъ.	25,000 00
Паровая машина въ 260 силъ съ пере- дачами и 8 котлами.	110,000 00
Динамо 170 электрическихъ силъ.	20,000 00
Проводники	8,000 00
6 печей.	3,000 00
Дробилка	300 00
2 вагончика для передачи тока.	2,000 00
Печь для сушки угля	1,000 00
3 плавильныхъ печи для отливокъ	6,000 00

Блокъ.	2,500 00
Машина и принадлежности для пробы сплава на разрывъ	1,500 00
Лабораторія.	3,000 00
Постройки.	25,000 00
Оборотный капиталъ	200,000 00
Всего	410,300 00

Принадлежности для отливокъ.

Сушильня.	1,500 00
Опоки и кокили	5,000 00
Инструментъ и принадлежно- сти	10,000 00
Постройка.	4,000 00
	20,500 00
Итого	430,800 00

Ежедневный расходъ.

Корундъ 233 кило по 0,50 франк.	116 50
Шлаковъ 62 кило	31 00
Мѣди 80 кило по 1,75 франк.	140 00
Плавка мѣди для полученія ея въ гранулиро- ванномъ видѣ, 545 кило угля по 18 ф. за тонну	9 80
Древесный уголь въ кускахъ, 135 кило по 85 ф. тонна	14 00
Электродовъ, $\frac{1}{3}$	20 00
Камен. уголь, для топлива 8 тоннъ по 15 фр.	120 00
Графиновые тигли, $\frac{1}{2}$ тигля, въ 50 франк. тигель.	25 00
Уголь для плавки, 1 тонна 18 франк.	18 00

Ручной трудъ.

1 машинистъ по 4 франка за день и 4 франка за ночь	8 00
2 истопника 4 дня	12 00
2 помощника.	8 00
1 электротехникъ при динамѣ. . . .	12 00
3 рабочихъ у электрическихъ печахъ.	18 00
1 литейщикъ.	8 00
1 помощникъ	4 00
3 чернорабочихъ.	7 50
	77 50

Воспламенение образующихся въ печахъ газовъ.	1 35
Разные матеріалы	3 50
Щетки и мелкія принадлежности	4 00

Р е м о н т ъ.

Паровой машины и котловъ	6,000 00
Электрическихъ печей	3,000 00
Динамо машины.	4,000 00
	13,000 00
что составитъ въ день.	43 50
Общіе расходы, жалованье и т. п.	100 00
5 ⁰ / ₀ на капиталъ.	71 70
Погашеніе построекъ изъ 5 ⁰ / ₀	4 84
Погашеніе инвентаря, кромѣ проводниковъ, изъ 10 ⁰ / ₀	57 28
	869 45

Откуда: 1 кил. алюминія въ сплавѣ—8 фр. 70 сантим.

Способъ Коульса даетъ возможность фабриковать не только бронзовые сплавы, но также всѣ тѣ сплавы, въ которыхъ окислы металловъ находятся въ трудно-плавномъ состояніи, какъ напримѣръ окиси: алюминія, кремнія, хрома, марганца, титана, вольфрама и всѣхъ щелочныхъ и щелочноземельныхъ металловъ. Эти металлы, соединяясь въ самой печи съ другими обыкновенными металлами образуютъ сплавы на подобіе алюминіевой бронзы. Способъ этотъ даетъ возможность фабриковать:

1. Купро - алюминій для изготовленія алюминіевыхъ бронзъ и латуни.

2. Купро-кремній, для изготовленія кремнистой бронзы.

3. Купро-манганъ для бѣлой марганцевой бронзы.

4. Ферро-алюминій для прибавки при литьѣ стали и чугуна, а также для рафинировки ихъ.

5. Ферро-хромъ для твердыхъ вещей съ хромомъ.

При производствѣ этихъ сплавовъ слѣдуетъ остерегаться дѣлать въ одной печи разнородные сплавы, такъ какъ остающіяся частицы посторонняго металла могли бы войти въ составъ сплава и значительно понизить его достоинства.

Примѣчанія. Изъ всего вышеописаннаго легко замѣтить, что способъ Коульса существенно страдаетъ въ томъ, что онъ не имѣетъ непрерывности дѣйствія, такъ какъ каждый разъ, какъ печь работала, теряется много времени на остываніе и полную разгрузку и нагрузку. Было бы крайне желательно достигнуть такого устройства печи, при которомъ работа шла бы непрерывно, что дало бы

возможность, кромѣ сокращенія расходовъ на первоначальное устройство, избѣжать непроизвольной потери теплоты при остываніи печей.

Способъ Коульса основанъ на принципѣ Сименса, предложившаго плавить вольтовой дугой металлы, обладающіе высокой температурой плавленія. Основанный на способности электричества развивать громадную температуру въ ограниченномъ пространствѣ, способъ этотъ есть простая диссоціація, а не электролизъ глинозема или его возстановленіе углеродомъ.

Дѣйствительно трудно допустить, чтобы одинъ атомъ углерода, соединяясь съ атомомъ кислорода, чтобы образовать одинъ пай окиси углерода, выдѣляющій 30 большихъ калорій, былъ бы въ состояніи возстановить глиноземъ, выдѣляющій при своемъ образованіи 195 калор.

Окись углерода образуется въ самыхъ холодныхъ частяхъ печи и препятствуетъ кислороду соединяться съ возстановляемымъ алюминіемъ при его сплавленіи съ металлами.

Результаты получаются совершенно одинаковыми, какъ при токахъ прямого напряженія, такъ равно и при токахъ переменныхъ.

Способъ Геру.

Вслѣдъ за американскимъ изобрѣтателемъ Коульсомъ разрѣшилъ вполнѣ самостоятельно задачу добыванія алюминія молодой французскій металлургъ Геру.

Впослѣдствіи, соединившись съ д-ромъ Киліани, эти два изобрѣтателя основали въ Нейгаузенѣ, близъ Лауфена, на водопадѣ Рейна, обширный аллюминіевый заводъ, который и эксплуатируетъ ихъ способъ (описание Нейгаузенскаго завода см. ниже). Способъ ихъ примѣненъ также во Франціи на заводахъ во Фрожѣ.

Способъ Геру относится къ способамъ электрическимъ смѣшаннымъ, такъ какъ онъ основанъ на электролизѣ глинозема, расплавленнаго самимъ токомъ.

По этому способу получается какъ чистый алюминій, такъ и его сплавы.

Работа тока двойная:

а) Токъ расплавляетъ руду (одинъ глиноземъ или глиноземъ, смѣшанный со фтористымъ алюминіемъ для большей легкоплавкости).

б) Токъ разлагаетъ глиноземъ на алюминій, который отлагается на катодѣ и кислородъ, соединяющійся съ углемъ анода.

На заводѣ во Фрожѣ пользуются паденіемъ воды приводящимъ въ дѣйствіе 3 турбины:

1^о Двѣ турбины въ 300 силъ соединены съ двумя динамо-машинами Бровна, способными развить 6,000 амперъ при напряженіи въ 15 вольтъ.

По отзывамъ въ настоящее время во Фрожѣ будто бы достигли возможности работать при 8 вольтахъ напряженія.

2^о Третья турбина въ 100 силъ, съ которой соединена динамо-машина возбудитель, даетъ токъ въ 300 амперъ при 65 вольтахъ напряженія.

Токъ отъ двухъ большихъ динамъ посредствомъ

толстыхъ мѣдныхъ канатовъ питаетъ восстановительныя ванны.

Расположеніе аппарата и нагрузка измѣняется соответственно тому, желаютъ ли получать чистый алюминій или сплавы.

Производство чистаго алюминія. Аппараты состоятъ изъ цилиндрическаго ящика, сдѣланнаго изъ котельнаго желѣза, въ 60 сант. діаметромъ при 75 сант. вышины. Цилиндръ обложенъ углемъ. Цилиндръ, укрѣпленный на стойкѣ, можетъ вращаться вокругъ своей оси. Дно цилиндра имѣетъ одно отверстіе, служащее для постепеннаго сливанія восстановленнаго алюминія; другое отверстіе служитъ для отрицательнаго электрода, состоящаго изъ мѣдной пластинки, изолированной отъ самаго цилиндра что достигается тѣмъ, что на дно цилиндра кладутъ листъ асбеста и замазываютъ его слоемъ тѣснообразнаго, плохо проводящаго токъ, угля. Мѣдная пластина, служащая отрицательнымъ электродомъ, накрыта агломерированнымъ углемъ и можетъ быть сдѣлана изъ алюминія для большей увѣренности въ чистотѣ получаемаго металла.

Положительный электродъ состоитъ изъ пластинчатаго угля, заключеннаго въ мѣдную обоймицу, и имѣетъ движеніе вверхъ и внизъ ¹⁾).

Цилиндръ наполняется хорошо высушеннымъ кріолитомъ съ возможно меньшимъ содержаніемъ же-

¹⁾ Повидимому это и есть расположеніе предложенное Киліани и описанное ниже.

лѣза и кремнія, послѣ чего пропускается токъ чтобы расплавить смѣсь вольтовой дугой. По мѣрѣ того какъ кріолитъ плавится, постепенно, малыми количествами, стараясь не охладить ванны, засыпаютъ порошокъ фтористаго алюминія и глинозема. Возстановленный алюминій скопляется на днѣ ванны тогда какъ кислородъ выдѣляется на анодѣ, который понемногу въ немъ сгораетъ; образующаяся окись углерода выдѣляется въ отверстія крышки.

Положительный электродъ поддерживается на соотвѣтствующемъ разстояніи отъ катода и когда онъ совершенно сгоритъ, его замѣняютъ возможно быстрѣ новымъ, чтобы не охладить расплавленную массу,

Когда количество возстановленнаго алюминія достаточно, его отливаютъ, что бываетъ обыкновенно 1 разъ въ сутки.

Черезъ 15—20 дней необходимо вполне очистить всю печь, такъ какъ кріолитъ оказывается значительно разрушеннымъ.

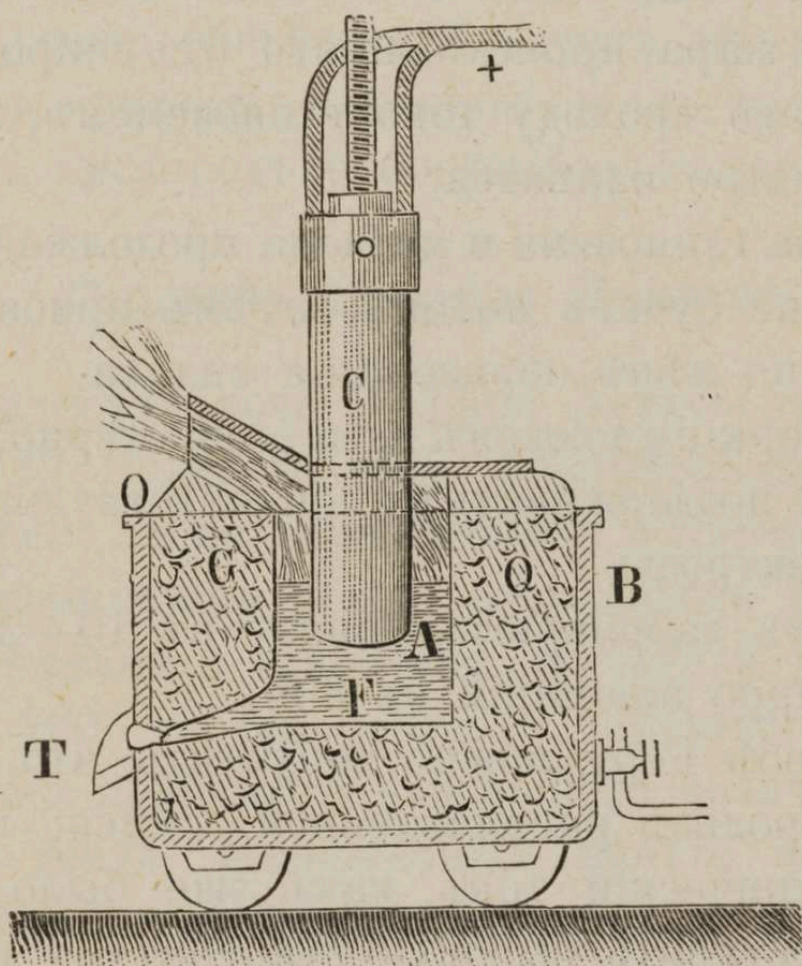
Алюминій, полученный этимъ способомъ, содержитъ не болѣе 1—2% примѣсей.

Для полученія 1 кило алюминія затрачивается 2,2 кило обожженнаго глинозема и 1,6 кріолита. Матеріалы эти обходятся самому заводу въ 1,11 фран. килограммъ.

Анодъ уничтожается въ размѣрѣ 1,60 кило на кило алюминія. Аноды, изготовляемые самимъ заводомъ и обходятся ему въ 0,35 фр. кило. Затрата двигательной силы доходятъ до 62,5 силъ на 1 кило алюминія, что соотвѣтствуетъ 16 граммамъ на паровую силу въ часъ.

На заводѣ во Фрожѣ кило алюминія стоитъ 10 франковъ, изъ которыхъ 4 фр. стоитъ ручной трудъ и руды и 6 фр. общіе расходы.

Если бы производительность завода могла бы достигнуть 1000 тоннъ въ годъ вмѣсто 100 тоннъ фабрикуемыхъ нынѣ, стоимость обработки упала бы до 5 франковъ кило.



Чер. 18.

Производство сплавовъ. Аппаратъ, въ которомъ дѣлають сплавы, состоитъ изъ чугунаго ящика въ 1 метръ вышина квадратной формы, бока котораго 1,20 метра.

Всѣ стѣнки обложены слоемъ угля въ 0,35 метра толщиною, образуя собою отрицательный электродъ.

Анодъ состоитъ изъ тѣхъ же пластинчатыхъ углей и также имѣетъ вертикальное движеніе.

Ходъ процесса. Въ аппаратъ засыпаютъ известное количество металла для соединенія его съ алюминіемъ. Анодъ опускается до соприкосновенія съ металломъ и пропускается токъ, отчего металлъ плавится. Затѣмъ, постепенно и малыми количествами, прибавляютъ глиноземъ и металлъ. Подъ вліяніемъ громаднаго жара, происходящаго отъ сопротивленія, оказываемаго проходу тока глиноземомъ, этотъ послѣдній быстро плавится.

Прибавка глинозема и металла продолжается пока аппаратъ не будетъ полонъ, затѣмъ прибавка производится по мѣрѣ образованія сплава.

Ходъ операціи долженъ идти равномерно, для чего необходимо поддерживать въ соотвѣтствующемъ разстояніи электроды.

Во Фрожѣ фабрикують бронзу въ 10—25% алюминія и ферро алюминій въ 30%.

Въ способѣ Геру можно допустить что происходитъ электролизъ расплавленной смѣси; но кромѣ того электрическій токъ, какъ уже было сказано, долженъ доставить высокую температуру, развиваемую вольтовой дугой для расплавленія всей смѣси. Такимъ образомъ способъ Геру есть способъ средній между способами электролитическими и электро-термическими.

При производствѣ чистаго алюминія вліяніе, оказываемое кріолитомъ, болѣе сложно.

Дѣйствительно, кріолитъ даетъ возможность получить температуру плавленія очень низкую, чего

не могло бы быть при работѣ съ однимъ глиноземомъ, какъ то видно изъ работъ Каульза.

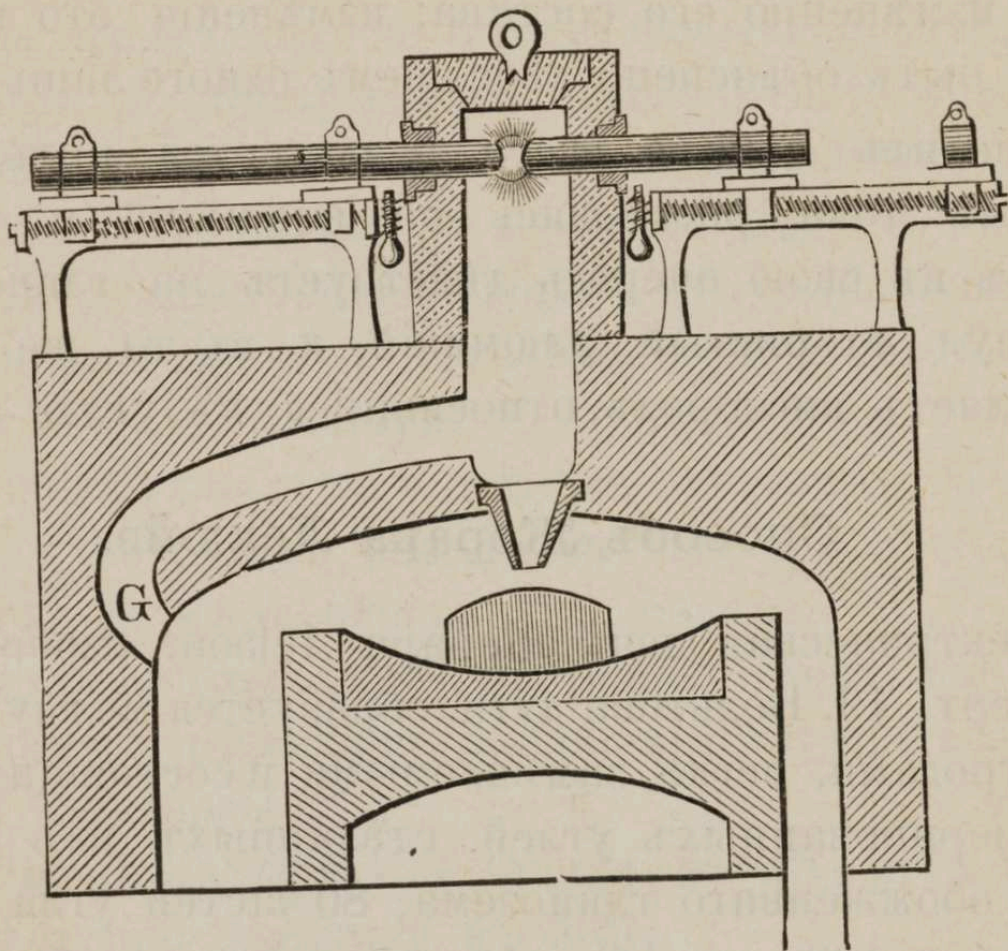
Однако кріолить, повидимому, имѣетъ значительное вліяніе при реакціи, что можно замѣтить благодаря измѣненію его состава; измѣненіе это не можетъ быть объяснено дѣйствіемъ одного лишь жара.

Кріолить прежде всего разлагается подъ дѣйствіемъ тока, раздѣляясь на алюминій и фторъ. Фторъ въ свою очередь дѣйствуетъ на глиноземъ, образуя фтористый алюминій, и въ то же время выдѣляетъ кислородъ, относящійся къ углю анода.

Способъ Жерара Лекюйэ.

Электрическая печь Жерара Лекюйэ изображена на черт. 19. Вольтова дуга образуется между двумя электродами, легко замѣняемыми и состоящими изъ агломерированныхъ углей, сдѣланныхъ изъ 50 частей обожженного глинозема, 80 частей угля въ порошокъ и 100 частей мѣднаго порошка, при чемъ все связано прибавкой небольшого количества резины или дегтя. Безконечный винтъ, показанный на чертежѣ, служитъ для сближенія электродовъ по мѣрѣ ихъ уничтоженія. Полученная отъ сгоранія электродовъ алюминіевая бронза падаетъ на подъ отражательной печи черезъ воронку; подъ обмазанъ небольшимъ количествомъ извести, для облегченія плавленія. Отражательная печь нагрѣвается отчасти сгораніемъ окиси углерода, получаемой отъ дѣйствія вольтовой дуги и проходящей въ отражательную печь черезъ *G*. Такимъ образомъ получается

сплавъ, содержащій около 20⁰/₀ алюминія. Изъ этой бронзы можетъ быть приготовленъ чистый алюминій, измельчая бронзу и употребляя ее вновь для

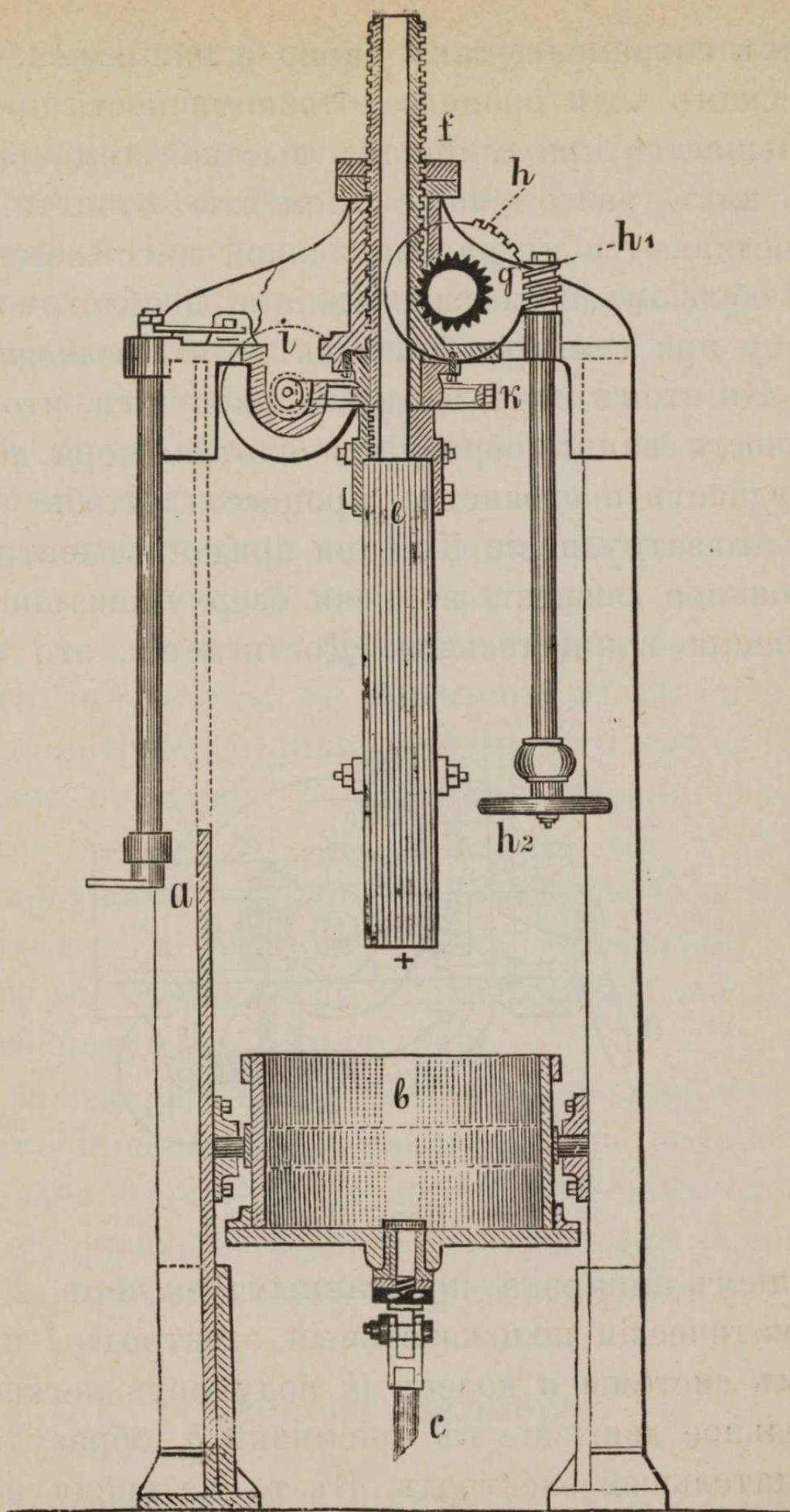


Чер. 19.

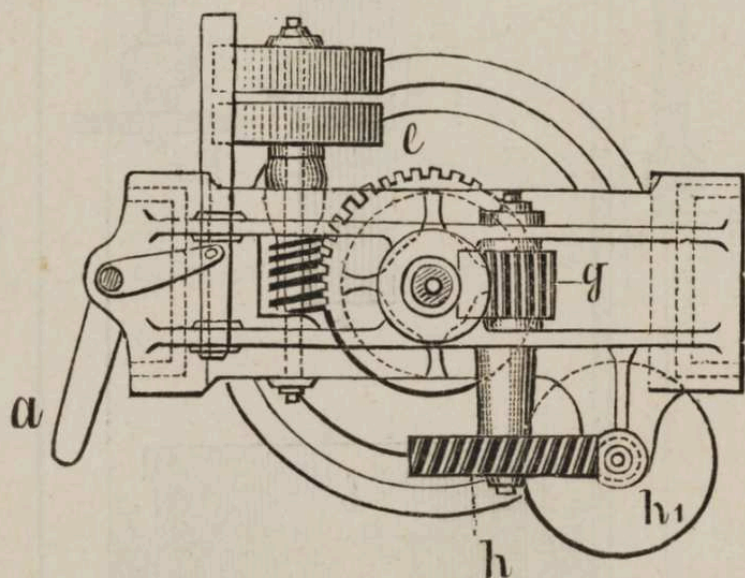
образованія электродовъ, при чемъ 100 частей мѣди замѣщаются этимъ порошкомъ.

Способъ Киліани.

По наблюденію Киліани, при огненной плавкѣ электролита, нагрѣваемаго однимъ токомъ, дѣятельная сфера ограничена пространствомъ находящимся между электродами, если они не получаютъ слишкомъ высокаго жара, вредно отзывающагося какъ



на ихъ сохраненія такъ равно и на всемъ экономическомъ ходѣ процесса. Экономичность процесса уменьшается при слишкомъ высокой температурѣ, такъ какъ разложенные элементы отчасти вновь воссоединяются въ расплавленной массѣ ванны. Такимъ образомъ, по мнѣнію Киліани, необходимо вести работу при температурѣ электролита возможно низкой. Въ этомъ случаѣ однако рискуютъ, что на поверхности ванны образуется плотная кора, которая затрудняетъ постоянство процесса. Чтобы устранить это затрудненіе, Киліани придаетъ электродамъ постоянное движеніе въ печи сверху внизъ и въ то же время вращательное. Достигается это распо-



Чер. 21.

ложеніемъ аппарата, показаннымъ на черт. 20 и 21; призматическій положительный электродъ l посредствомъ системы и колесъ ik получаетъ легкое вращательное движеніе въ пріемникъ b , образующимъ отрицательный электродъ. Въ то же время посредствомъ рукоятки h_2 съ безконечнымъ винтомъ и

системы *hh, gf* можно опускать и приподнимать электродъ *l*. Другая рукоятка *a* позволяет останавливать вращательное движеніе шкива *l*.

Положительный электродъ состоитъ изъ пластинъ, сдѣланныхъ изъ угольнаго порошка съ 25—30% дегтя, подвергнутыхъ агломерации и высушенныхъ въ закрытомъ пространствѣ при 150° въ продолженіи 4 дней. Отрицательный электродъ находится на днѣ пріемника *b* и состоитъ изъ мѣди, покрытой слоемъ графита.

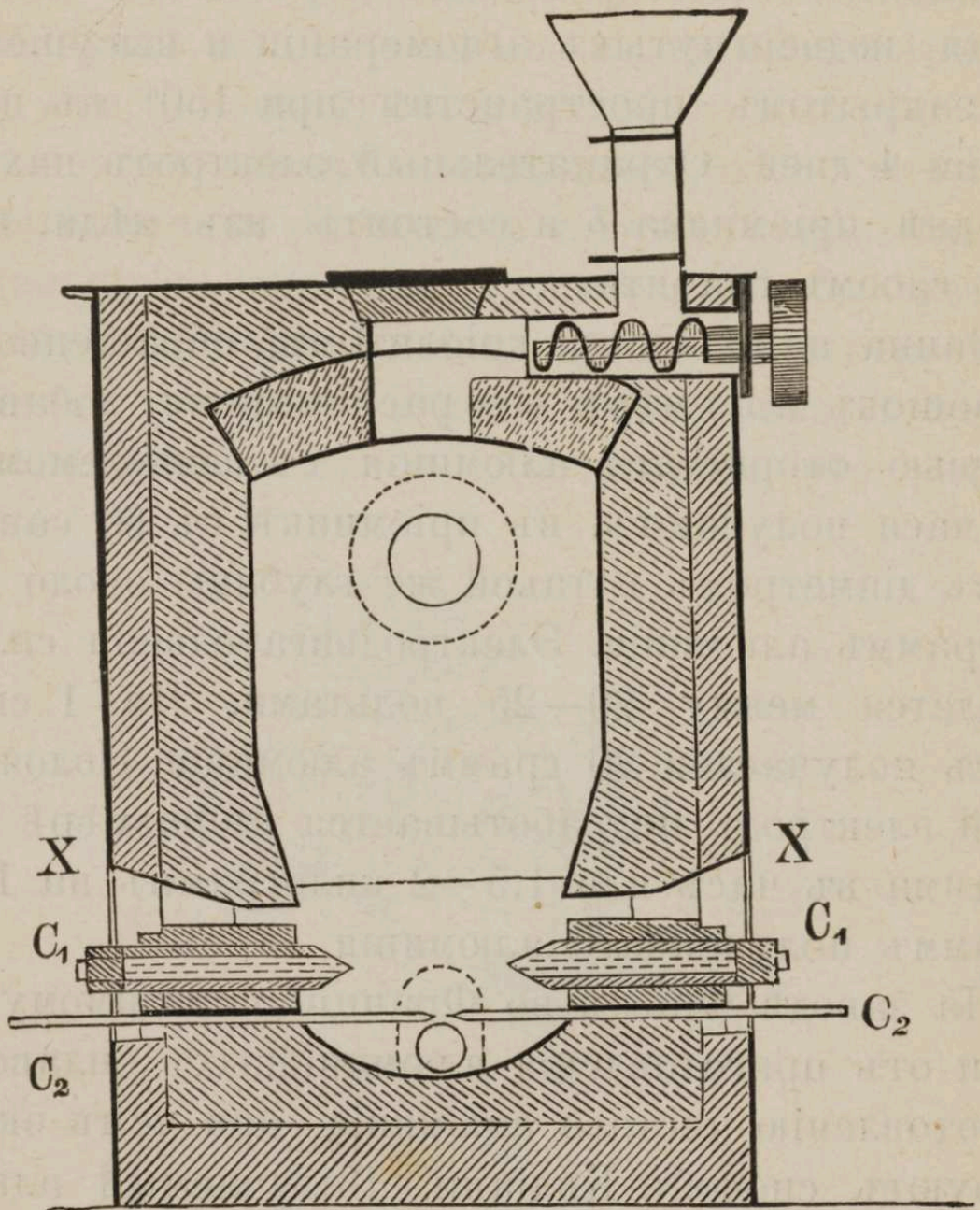
Ванна наполняется кріолитомъ, обращенномъ въ порошокъ и по мѣрѣ его расплавленія, добавляется смѣсью фтористаго алюминія съ глиноземомъ. Въ 24 часа получаютъ, въ пріемникѣ въ 60 сантиметровъ діаметромъ и такой же глубины около 20 килограммъ алюминія. Электродвигательная сила колеблется между 20—25 вольтами. На 1 силу въ часъ получается 20 граммъ алюминія. Положительный электродъ подрабатывается въ размѣрѣ 1 килограмма въ часъ или 1,5—2 килограммъ на 1 килограммъ полученнаго алюминія.

На заводѣ Фрожъ во Франціи, повидимому, перешли отъ приготовленія алюминіевыхъ сплавовъ къ изготовленію чистаго алюминія, при чемъ эксплуатируютъ способъ Киліани. Получаемый алюминій содержитъ 95,98% алюминія, съ примѣсью 0,6% жѣлѣза.

Способъ Паркера.

Электрическая печь Паркера (черт. 22) имѣетъ двойную вольтову дугу: одна происходитъ отъ двухъ

маленькихъ подвижныхъ углей C_2C_2 , расположенныхъ подъ неподвижными электродами C_1C_1 , заключенными въ металлическую обкладку. Разъ масса посредствомъ этихъ маленькихъ добавочныхъ элек-



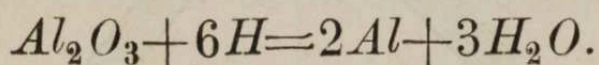
Чер. 22.

тродовъ достигнеть краснаго каленія, вольтова дуга легко появляется между главными электродами. Фурмы XX позволяютъ наблюдать за нагрузкой. Электроды C_1C_1 и C_2C_2 расположены параллельно въ нѣ-

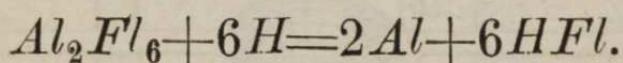
сколько рядовъ. При помощи реостата автоматически регулируется потенциалъ, сообразно электропроводности расплавленной смѣси.

Способъ Шнеллера и Астфалька.

Главная особенность этого способа состоитъ въ восстановленіи водородомъ глинозема, хлористаго или фтористаго алюминія, подвергая ихъ очень высокой температурѣ, посредствомъ вольтовой дуги, образуемой токами высокаго напряженія. Происходящая при этомъ реакціи слѣдующая:

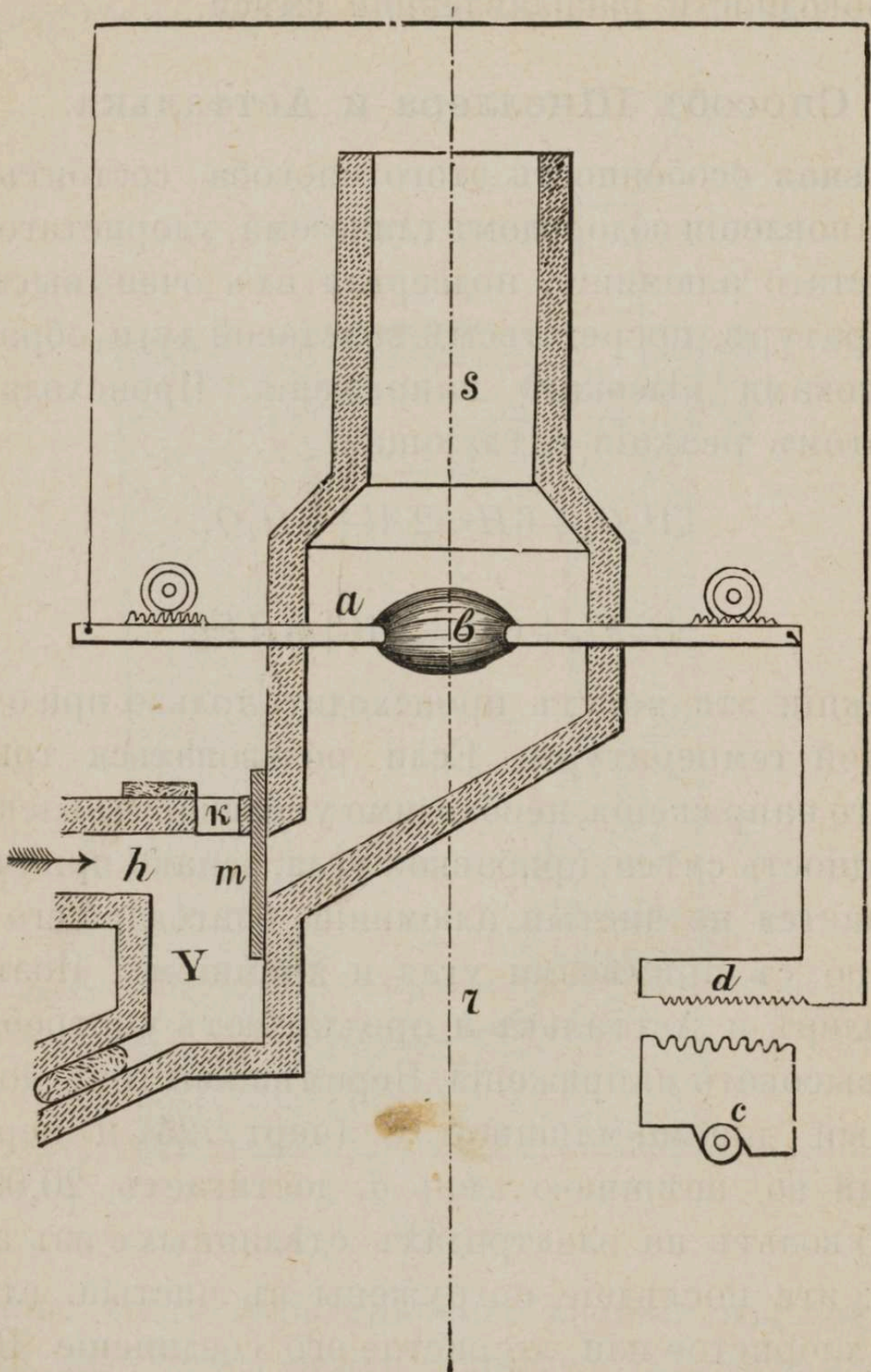


или



Реакціи эти могутъ происходить только при очень высокой температурѣ. Если пользоваться токомъ низкаго напряженія, необходимо увеличивать электропроводность смѣси, прибавкой угля; однако при этомъ получается не чистый алюминій, благодаря его соединенію съ примѣсями угля и кремніемъ. Поэтому Шнеллеръ и Астфалькъ и предлагаютъ употреблять токи высокаго напряженія. Переменный токъ, доставляемый динамо-машиной *C* (черт. 23) и передаваемый во внѣшнюю цѣпь *d*, достигаетъ 20,000—30,000 вольтъ на электродахъ сдѣланныхъ изъ алюминія; эти послѣдніе погружены въ чистый, глиноземъ, хлористое или фтористое его соединеніе. Вольтова дуга, которая легко регулируется удаленіемъ или сближеніемъ электродовъ, получается между ними различной длины, соотвѣтственно сопротивленію смѣ-

си. Громадный жаръ, развиваемый дугой въ крайне ограниченномъ пространствѣ, даетъ столь высокую



Чер. 23.

температуру, что расплавляетъ и улетучиваетъ безъ всякаго плавня руду алюминія, а равно и поддержи-

васть ее при температурѣ необходимой для возстановленія водородомъ. Водородъ входитъ снизу черезъ *h*; расплавленный алюминій стекаетъ въ *У* въ чистомъ состояніи или же всплываетъ на шлаки. Улетучившійся алюминій конденсируется вверху печи въ *S* и снова падаетъ на *b* и *У*. Очистку алюминія можно закончить въ *У*, подвергая его дѣйствию водорода; для этого заслонка *m* закрывается и открывается отдушина *k*. Водородъ уничтожаетъ почти весь кремній подъ видомъ SiH_4 .

Способъ этотъ, относящійся къ 1891 году, еще не работалъ практически въ большомъ коммерческомъ предпріятіи.

Способъ Brin.

Электрическая печь братьевъ Brin расположена такимъ образомъ, чтобы было возможно ввести въ печь какой либо нейтральный газъ и окружить нейтральной атмосферой то пространство, гдѣ происходитъ главная реакція. Такой газъ, по отзыву изобрѣтателей, будетъ имѣть то важное значеніе, что будетъ служить лишь средствомъ для переноса въ конденсаторъ паровъ алюминія, образуемыхъ въ печи, а также будетъ во время ихъ образованія болѣе совершенно приводить ихъ въ соприкосновеніе съ тѣми металлами, которые предназначены для образованія сплава.

Братья Brin пользуются электрическимъ токомъ какъ высокаго напряженія (50—100 вольтъ) для полученія вольтовой дуги, такъ и токами низкаго напряженія (25—35 вольтъ) собственно для электролиза.

Смѣсь, употребляемая для этого способа, составляется слѣдующимъ образомъ:

Боксита	100	частей
Хлористаго натра.	125	»
Буры	25	»

Смѣсь плавится въ широкомъ закрытомъ тиглѣ и, до появленія бѣлыхъ паровъ, катодъ изъ угля вводится въ смѣсь, тогда какъ анодъ помѣщается у поверхности ванны. Вольтова дуга образуется при 40—100 вольтахъ на поверхности. Алюминій отлагается на катодѣ, но большая его часть улетучивается. Эти летучіе пары, при помощи углекислаго газа, увлекаются въ конденсаторъ, расположенный около ванны.

Во второмъ способѣ оба электрода изъ угля погружаются въ расплавленную смѣсь ванны. Хлоръ и хлористыя соединенія выдѣляются на положительномъ полюсѣ. Натрій и алюминій относятся къ отрицательному полюсу и образуютъ на днѣ тигля богатый сплавъ.

Точно также можно употреблять два тигля, вставленныхъ одинъ въ другой между которыми засыпается смѣсь изъ угля; внутренній тигель заключаетъ катодъ и смѣсь. Все подвергается температурѣ ярко-краснаго каленія и току, силой въ 20—35 вольтъ, при чемъ во внутреннемъ тиглѣ отлагается алюминій съ небольшимъ количествомъ натрія.

Способъ Клейнера.

Клейнеръ былъ однимъ изъ первыхъ пытавшихся подвергнуть электролизу кріолитъ. Способъ, предло-

женный имъ, состоялъ въ томъ, что кріолить, измельченный въ порошокъ, засыпался въ тигель, послѣ чего сближались два электрода такимъ образомъ, чтобы образовать среди массы вольтову дугу, которая расплавляла кріолить и возстановляла алюминій.

Участь постигшая этотъ способъ неизвѣстна, хотя одно время предполагалось примѣнить его въ широкихъ размѣрахъ въ Вольвергамптонѣ.

Способъ Фармера.

Фармеръ получаетъ чистый алюминій посредствомъ вольтовой дуги, образуемой двумя особо приготовленными углями.

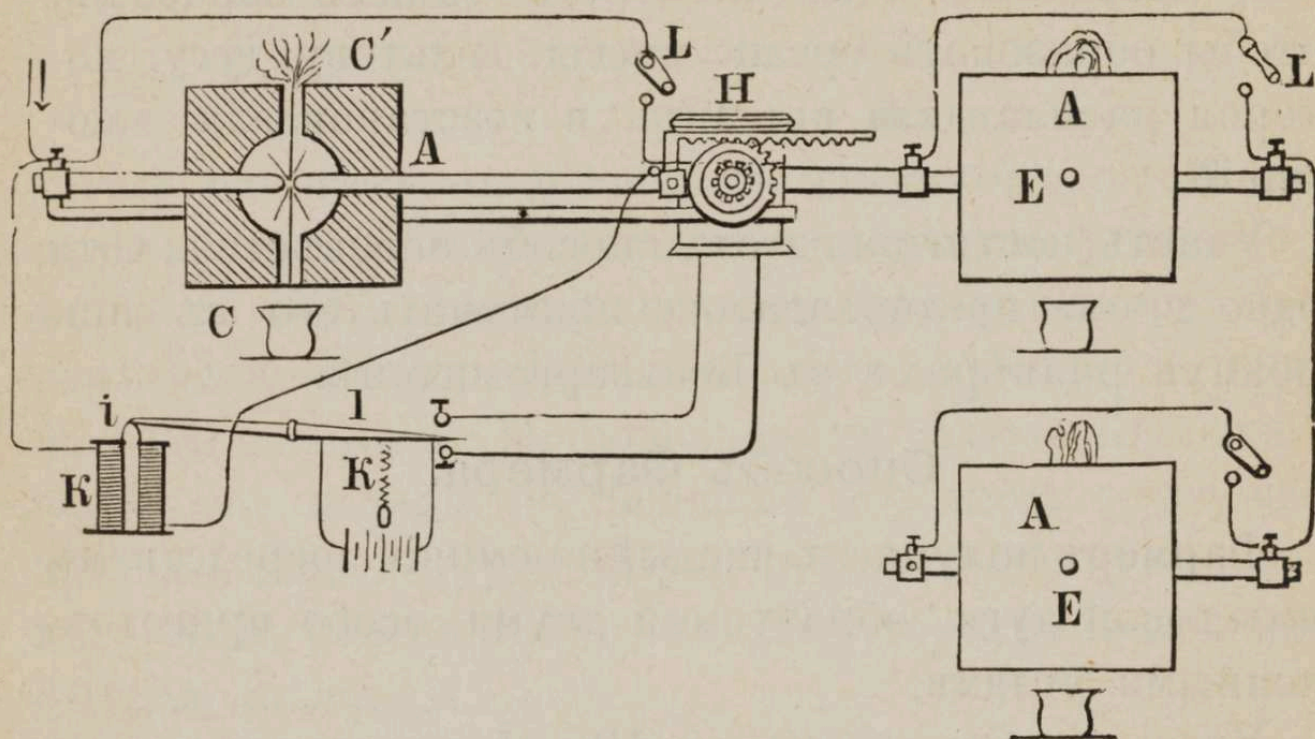
Угли эти діаметромъ въ 10—15 миллиметровъ составлены изъ смѣси въ равныхъ частяхъ угля, глинозема, корунда или иного вещества, содержащаго алюминій, причемъ все связано сахаромъ или нефтяными остатками.

Тигль (черт. 24) имѣетъ отверстіе *E*, въ которое впускается воздухъ вмѣстѣ съ свѣтильнымъ газомъ, керосиновыми, водяными или цинковыми парами.

По мнѣнію Фармера, такого рода пары имѣютъ возстановительное дѣйствіе, облегчая реакцію.

Соленоидъ *K* въ отвѣтвленіи регулируетъ вольтову дугу, поддерживая ее постоянно въ центрѣ тигля; какъ только сопротивление увеличивается, арматура соленоида *I*, удерживаемая пружиной *K*, понижается въ *i* и вводитъ въ цѣпь батареи динамо-машину *H*. Угли такимъ образомъ сближаются посредствомъ механизма указаннаго на чертежѣ.

Въ цѣпь можетъ быть введено нѣсколько тиглей, позволяющихъ посредствомъ коммутаторовъ L , вво-



Чер. 24.

дить ихъ послѣдовательно чтобы работа шла непрерывно.

Газы, развиваемые реакціей, выдѣляются въ C , тогда какъ чистый алюминій стекаетъ черезъ отверстие C въ особый сосудъ.

Преимущество способа Фармера заключается также въ томъ, что возстановленіе алюминія происходитъ какъ при токахъ прямого, такъ равно и переменнаго напряженія.

Способъ Фора.

Согласно отчету, представленному изобрѣтателемъ Академіи наукъ въ Парижѣ, способъ Фора даетъ возможность крайне просто и выгодно готовить хлористый алюминій въ большемъ количествѣ и,

подвергая его электролизу, получать чистый алюминій.

«Общепринятый способъ для полученія хлористаго алюминія», говоритъ Форъ въ своемъ отчетѣ, «состоитъ въ томъ, что глиноземъ, будучи смѣшанъ съ углемъ, подвергается дѣйствию сухого хлора въ закрытыхъ сосудахъ при очень высокой температурѣ.

«Задача, которую я себѣ поставилъ, состояла въ томъ, чтобы устранить главные недостатки этого способа, состоящіе главнымъ образомъ въ значительной стоимости производства; стоимость эта являлась послѣдствіемъ быстро портящихся приѣмниковъ, большого количества расходуемаго топлива, чтобы довести вещество до бѣлаго каленія, а также по причинѣ значительной стоимости хлора и ручного труда.

«Обнародованныя за послѣднее время Бертло и другими учеными термохимическія данныя показываютъ, что хлоръ можетъ быть легко замѣненъ хлористоводородной кислотой, стоящей несравненно дешевле.

«Я рѣшился подвергать непосредственно жару обрабатываемыя вещества безъ перемѣшиванія съ углемъ, послѣ чего обрабатывалъ его хлористоводороднымъ газомъ съ примѣсью какого-либо дешеваго углеводорода.

«Всѣ углеводороды, при температурѣ, при которой идетъ процессъ, разлагаются, образуя уголь. Это послѣднее значительно затруднило бы весь способъ и сдѣлало бы его невозможнымъ, такъ какъ поверхно-

стно образующійся уголь распредѣляется неравно-мѣрно среди обрабатываемаго вещества.

«Это устраняется смѣсью нафталина съ хлористоводородной кислотой въ соотвѣтствующихъ размѣрахъ; смѣсь эта при температурѣ краснаго каленія даетъ газообразное соединеніе, не разложимое жаромъ, доставляемымъ печью съ топливомъ изъ кокса и дутьемъ.

«Газообразное соединеніе выдѣляется отъ аппарата подъ видомъ густого бѣлаго дыма, не оставляющаго никакихъ слѣдовъ при конденсаціи въ 100° С.; при температурѣ бѣлаго каленія, восстанавливаетъ всѣ металлическіе окислы.

«Я устроилъ печь большихъ размѣровъ, чтобы имѣть возможность накаливать слой толщиною въ 50 сантиметровъ, при нѣсколькихъ метрахъ поверхности.

«Пламя, развиваемое газовой печью, пронизываетъ сверху внизъ весь обрабатываемый матеріалъ (напримѣръ бокситъ); когда достигнута желаемая температура, дѣйствіе жара прекращается а вводится въ противоположномъ направленіи хлористо-водородные пары.

«Наибольшее дѣйствіе получено, газы въ совершенствѣ примѣнены къ работѣ, при чемъ не происходитъ никакого вреднаго вліянія ихъ на стѣнки печи.

«Способъ этотъ даетъ возмножность получать хлористый алюминій въ очень большомъ количествѣ по крайне умѣренной цѣнѣ».

Практически поступаютъ слѣдующимъ образомъ: Обыкновенная доменная печь нагружается круп-

ными, раздробленными кусками (въ размѣръ кулака), полученными отъ смѣшенія боксита съ углемъ. Остатокъ послѣ процесса выбирается снизу, въ то время какъ хлористый алюминій поступаетъ черезъ особый каналъ въ большія мѣдныя камеры.

Домна получаетъ горячее дутье по меньшей мѣрѣ въ 500° и снабжена конденсаторомъ тепла. Когда нагрѣвъ получился достаточный, дутье останавливается и задувается хлористо-водородная кислота, что повторяется нѣсколько разъ послѣдовательно.

Въ 24 часа получается 10,000 кило конденсированнаго хлористаго алюминія, послѣ чего онъ отливается въ желѣзные кокили. Отлитый хлористый алюминій можетъ долго сохраняться и выдерживать прекрасно дальнюю перевозку.

Хлористое соединеніе само по себѣ не можетъ подвергаться электролизу потому, что оно перегоняется при 250° , плавясь при 200° . Для устраненія этого затрудненія, дабы явилась возможность подвергать его электролизу плавки, въ ванну, разъ на всегда, прибавляется нѣкоторое количество сухой поваренной соли. Такого рода смѣсь плавится при 240° и перегоняется лишь при красномъ каленіи. Поваренная соль, болѣе постоянная чѣмъ хлористый алюминій, не электролизуется, а получаетъ лишь незначительную потерю, почему, по мѣрѣ того какъ уровень расплавленной ванны понижается, остается лишь прибавлять одинъ хлористый алюминій.

Электролитическая ванна — тигель нагрѣвается извнѣ для плавленія смѣси и имѣетъ большую поверхность, такъ же какъ и электроды въ нее погру-

женные; сопротивленіе ванны, благодаря поверхности электродовъ, очень слабо.

При мощности тока въ 3000 амперъ и 4 вольтахъ напряженія получается 1 кило алюминія въ часъ.

Выдѣляющійся на положительномъ электродѣ хлоръ, смѣшанный съ незначительнымъ количествомъ хлористаго алюминія, поступаетъ въ конденсаторъ, гдѣ вновь отлагается хлористое соединеніе; охлажденный хлоръ проходитъ далѣе въ закрытыя камеры съ известью, которой поглощается, образуя хлорную известь, поступающую въ продажу какъ подпродуктъ. Хлорная известь, полученная этимъ способомъ, содержитъ $\frac{1}{3}$ хлора и $\frac{2}{3}$ гашеной извести по вѣсу.

Хлорная известь продается въ размѣрѣ 100,000 тоннъ въ годъ по цѣнѣ 150—220 франковъ за тонну. Наименьшая цѣна ея 0,15 фр. кило, а такъ какъ каждый кило полученнаго алюминія даетъ 12 кило хлорной извести, то изъ стоимости обработки 1 кило алюминія слѣдуетъ исключить 1,80 франк.

Согласно расчетамъ изобрѣтателя, стоимость полученія 1 кило алюминія обходится:

Двигательная сила.	0,20	франковъ.
% на установку.	0,30	»
Бокситъ.	0,10	»
Уголь.	0,65	»
Хлористо-водородная кислота. . . .	0,30	»
Ручной трудъ и общіе расходы . .	0,60	»

Всего . . 2,15 франковъ.

Скинуть: хлорная известь 1,80 »

Стоимость обработки . 0,35 франковъ.

Цѣна 1 кило алюминія, обходящагося заводу въ 35 сантимовъ, такъ низка, что трудно принять эту цифру за бесспорно вѣрную.

Если способъ Фора дѣйствительно даетъ такой расчетъ, если онъ есть дѣйствительный способъ промышленный, то слѣдуетъ признать, что онъ долженъ по своей дешевизнѣ далеко превзойти всѣ остальные способы и дать громадное удешевленіе въ цѣнѣ алюминія.

Если даже достигнуть возможности продавать 1 кило алюминія по цѣнѣ въ 4—5 франк., то уже такую цѣну и способъ производства слѣдуетъ считать замѣчательнымъ.

Позволительно сомнѣваться, что врядъ ли скоро удастся понизить эту цѣну, если принять во вниманіе % на затраченный капиталъ и погашеніе и ремонтъ инвентаря.

Способъ Омлотъ Боттигеръ и Зейдлердъ.

Способъ этотъ, эксплуатируемый на заводѣ въ Кроссницѣ, отличается особымъ расположеніемъ 2-хъ муфель безъ дна, погруженныхъ въ расплавленную массу, находящуюся на поду печи. Муфеля заключаютъ электроды: одинъ—положительный, другой—отрицательный; расплавленная масса получается однимъ жаромъ печи, послѣ чего, когда все расплавилось и электролитъ сталъ жидкимъ, пропускаютъ токъ.

Алюминій, возстановляющійся на отрицательномъ электродѣ, стекаетъ по мѣрѣ образованія черезъ

сливное отверстие, тогда какъ газы выводятся въ трубу.

Способъ Пеарсона и Пратта.

Способъ, предложенный Пеарсономъ и Праттомъ, касается приготовленія ферро-алюминія въ доменныхъ печахъ или въ вагранкѣ, получая таковой непосредственно изъ желѣзняка.

Для этого къ желѣзной рудѣ, содержащей возможно болѣе глины, прибавляется фтористый кальцій или плавиковый шпатъ, послѣ чего вся смѣсь подвергается обыкновенной переработкѣ въ домнахъ.

Если желаютъ приготовить по этому способу алюминіевую сталь, то слѣдуетъ озаботиться употреблять руду возможно чистую безъ примѣси сѣры или фосфора, послѣ чего алюминіевый чугуны подвергаютъ бессемерованію.

При этомъ нѣтъ необходимости замѣнять всю известь плавиковымъ шпатомъ, но достаточно замѣстить лишь 25%. Такъ на примѣръ, работая надъ рудами Стаффордшира, содержащими окись желѣза и глиноземъ, можно употреблять слѣдующую нагрузку.

Руды	40	частей
Извести	11	»
Плавиковаго шпата	4	»
Угля съ горячимъ дутьемъ	60	»

Способъ Стефанитъ

Въ Германіи по этому способу къ нагрузкѣ въ домну прибавляютъ порошокъ квасцовъ. Этимъ спо-

собомъ получаютъ алюминіевый чугуны, который, будучи обработанъ пудлингованіемъ, даетъ металлъ, также хорошо закаливаемый какъ желѣзо, но при томъ значительно превышающій его по твердости.

Примѣчаніе. Хотя въ двухъ послѣднихъ способахъ электричество не играетъ никакой роли, тѣмъ не менѣе на нихъ слѣдовало указать въ способахъ электротермическихъ, такъ какъ эти два способа значительно отличаются отъ способовъ химическихъ, въ которыхъ сила средства занимаетъ главное мѣсто; напротивъ того въ способахъ «Пеарсона—Протта» и «Стефанитъ» единственно жаръ является на помощь и количество необходимыхъ калорій, получаемыхъ отъ горючаго матеріала, могло бы быть съ удобствомъ замѣнено электричествомъ.

Заканчивая отдѣлъ электрическихъ способовъ производства алюминія, слѣдуетъ сказать, что мною были опущены тѣ способы производства, которые оказались совершенно не примѣнимыми; къ числу такихъ слѣдуетъ отнести всѣ тѣ, которые относятся до полученія алюминія электролизомъ мокраго пути.

Способы химическіе.

Историческій очеркъ. Впервые алюминій былъ выдѣленъ Вёлеромъ въ 1827 году при дѣйствиіи калия на безводный хлористый алюминій; полученъ онъ былъ въ незначительномъ количествѣ.

Всѣ попытки, сдѣланныя до этого времени Дэви, Берцеліусомъ и Эршtedтомъ, не дали тѣхъ результатовъ которыхъ были вправѣ ожидать, такъ какъ уже имѣлась возможность разлагать при помощи батареи щелочные окислы.

Эршtedтъ пытался, но безъ успѣха, возстановить щелочными металлами только-что открытый имъ хлористый алюминій.

Эта замѣчательная попытка получила свое осуществленіе только въ рукахъ Вёлера.

Алюминій, выдѣленный въ 1827 году, имѣлъ видъ сѣраго порошка не представлявшаго обыкновенныхъ свойствъ, общихъ всѣмъ металламъ; въ 1845 году Вёлеръ, наконецъ, получилъ алюминій въ видѣ крупинокъ, обладающихъ металлическимъ блескомъ, и имѣлъ возможность опредѣлить физическія и химическія свойства новаго металла.

Въ это время никто не предполагалъ, что алюминій могъ бы стать современемъ общераспространеннымъ металломъ.

Открытіе это, явившееся слѣдствіемъ глубокаго и всесторонняго изученія свойствъ алюминія, обязано трудамъ Генри Сентъ Клера Девиля.

Несмотря на то, что алюминій былъ приготовленъ въ довольно большомъ количествѣ, его цѣна была такъ высока, что ставила его на ряду съ благородными металлами и препятствовала распространенію.

Усовершенствованіе химическихъ способовъ производства и появленіе новыхъ — электрическихъ, сразу понизило стоимость его обработки, а въ настоящее время алюминій призванъ занять выдающееся мѣсто среди обыденныхъ металловъ благодаря своей легкости и неокисляемости.

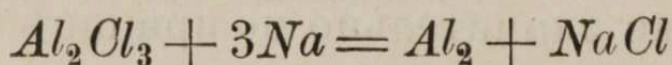
Что касается пониженія въ цѣнѣ алюминія при способахъ химическихъ, то слѣдуетъ замѣтить, что оно произошло только по причинѣ уменьшенія цѣны натрія, замѣнившаго калий со времени Девиля.

Слѣдующія цѣны показываютъ уменьшеніе стоимости натрія:

Въ 1854 году	натрій	стоилъ	200	франк.	1	килогр.
» 1863	»	»	»	9 фр. 25 сант.	»	»
» 1890	»	»	»	5	»	»

По мнѣнію Грабо (способъ его изложенъ ниже), его способъ даетъ возможность получать натрій за 2 фр. килограммъ.

Легко вычислить необходимое количество натрія для полученія одного килограмма алюминія изъ его хлористаго соединенія, принимая во вниманіе уравненіе, на основаніи котораго происходитъ реакція возстановленія:



откуда стоимость одного килограмма алюминія будетъ:

Натрія 2,5 килограмма. 5 франковъ.
Хлористаго алюминія 5 килогр. 5 »

10 франковъ,

полагая, что хлористый алюминій стоитъ 1 франк. кило, что слѣдуетъ признать за слишкомъ дешевую цыфру, такъ какъ производство натрія требуетъ много послѣдовательныхъ обработокъ.

Если къ этому теоретическому расчету прибавить стоимость различныхъ потерь при производствѣ, порчу аппаратовъ, рабочія руки и т. п.,—легко будетъ замѣтить, что алюминій при химическомъ способѣ производства врядъ ли можетъ что либо скинуть съ цѣны въ 20 франк. кило.

Не безъинтересно взглянуть на послѣдовательное количество и стоимость выдѣленнаго алюминія во Франціи со временъ Девиля:

1854	было выдѣлено	—	. . .	3,000 франк.	1 кил.
1857	»	»	—	. . . 300	» »
1863	»	»	2000 кило.	. . 140	» »
1887	»	»	3500	» . . 93	» »
1888	»	»	4500	» . . 70	» »
1889	»	»	14000	» . . 50	» »
1890	»	»	45.000	» . . 25	» »
1891	»	»	—	» . . 20	» »

Съ 1854 по 1857 алюминій быстро понижается въ цѣнѣ, благодаря работамъ Девиля.

Съ 1887 года по 1890 колебаніе въ цѣнѣ этого металла также значительно по причинѣ возникнове-

нія новыхъ электрическихъ способовъ. Съ 1887 года въ Парижѣ былъ примѣненъ способъ Мине электролиза фтористаго алюминія на фабрикахъ Бернара. Къ концу 1888 года возникъ способъ Галля въ Америкѣ; Геру и Килліани въ 1889 году доставили большое количество алюминія на рынокъ, что снова понизило его цѣну.

Въ то же время, съ одной стороны Кастнеръ, а съ другой Нетто, основали большіе химическіе заводы, усовершенствовавъ способъ Девиля. Результаты, достигнутые ими, хотя и представляютъ большой интересъ, однако даютъ возможность лишь съ трудомъ конкурировать съ электрическими способами.

Почти всѣ способы этого рода основаны на восстановленіи алюминія изъ его окисей посредствомъ натрія; поэтому, какъ уже мы только что сказали, является необходимость получить натрій по возможно дешевой цѣнѣ. Хотя производство его и доведено до значительнаго совершенства, однако онъ все же стоитъ дорого; въ свою очередь доставляемый въ наше распоряженіе могучій электрическій токъ, благодаря усовершенствованіямъ динамо-машинъ позволяетъ сопоставить дѣло такъ, что, пользуясь дешевой водяной силой, необходимая энергія обходится крайне дешево.

Поэтому, въ настоящее время, позволительно сомнѣваться, чтобы какой либо химическій способъ могъ бы соперничать съ электрическимъ, не считая уже простоты этого послѣдняго.

Тѣмъ не менѣе мы дадимъ возможно полное описаніе химическихъ способовъ производства алюминія.

1. Способъ Генри Сентъ Клера Девиля.

Въ 1854 году, калій, употреблявшійся какъ восстановитель по системѣ Вёлера, былъ замѣненъ натріемъ французскимъ ученымъ Девиллемъ, что составляетъ эпоху въ добываніи алюминія.

Благодаря работамъ Брюннера, Митчерлиха, Донни и Мареска, касающихся производства калія и натрія, Девилю имѣлъ возможность получить большое количество натрія и, такимъ образомъ, восстановить значительное количество алюминія. Только трудамъ этихъ ученыхъ Девилю и приписываетъ успѣхъ своихъ опытовъ.

Однако добываніе алюминія промышленнымъ способомъ встрѣчало нѣкоторыя затрудненія, такъ какъ, кромѣ быстрого и дешеваго приготовленія большаго количества натрія, пришлось создать двѣ вспомогательныхъ отрасли промышленности: *а — извлеченіе и очистку глинозема и б — переводъ его въ безводный хлористый алюминій.*

Слѣдуетъ замѣтить, что въ то время, когда Девилю производилъ свои опыты, кріолитъ былъ впервые открытъ въ Гренландіи.

Девилю употреблялъ кріолитъ какъ пламень, прибавляя его къ безводному хлористому алюминію, причемъ замѣтилъ, что химическая реакція значительно при этомъ облегчалась.

Изысканія Девиля были начаты въ Сорбоннѣ въ

1854 году. Первая попытка, въ промышленныхъ размѣрахъ была сдѣлана въ Гласіерѣ, на заводѣ Руссо и продолжались позднѣе въ Нантеррѣ.

Въ 1856 году братья Тессье основали заводъ въ Амфревиллѣ около Руана, на которомъ въ продолженіи нѣсколькихъ лѣтъ добывался алюминій по способу Перси, изобрѣтенному имъ въ 1855 году, т. е. спустя годъ послѣ первыхъ опытовъ Девиля; способъ его состоялъ также въ восстановленіи металла натріемъ.

Способъ Девиля еще нѣсколько лѣтъ тому назадъ эксплуатировался въ Салендрѣ, гдѣ ежегодно добывалось среднимъ числомъ около 2.000 кило алюминія.

Мы считаемъ полезнымъ указать на способы, употреблявшіеся на этомъ заводѣ для приготовленія матеріаловъ производства.

1. Глиноземъ (окись алюминія). Способы, которые употреблялъ Девиль для полученія глинозема, очищеннаго отъ примѣсей, довольно многочисленны.

Слѣдующіе два способа оказались наилучшими и самыми простыми, несмотря на кажущуюся ихъ сложность.

1-й способъ. Берутъ обыкновенный продажный сѣрноокислый глиноземъ (8,5 килогр. даютъ 1 килогр. глинозема Al_2O_3) и растворяютъ его въ равномъ количествѣ по вѣсу воды.

Растворъ этотъ осаждается при помощи концентрированнаго и кипящаго раствора уксусно кислаго свинца, при чемъ необходимо ввести небольшой его избытокъ. Растворъ, будучи отдѣленъ декантацией

отъ сѣрно-кислаго свинца, смѣшивается съ возможно меньшимъ количествомъ винно-каменной кислоты; самая незначительная примѣсь этой кислоты препятствуетъ осажденію глинозема, когда уксусно-кислый алюминій пересыщается амміакомъ.

Этотъ амміачный растворъ въ закрытомъ сосудѣ обрабатывается сѣро-водородистымъ амміакомъ и подвергается температурѣ въ 50–60°, чтобы окончательно осадить сѣрнистое желѣзо и свинецъ, которые и отдѣляются декантаціей.

Освѣтленный, слегка желтоватый растворъ, состоящій изъ уксусно-кислаго и винокаменнаго амміачнаго глинозема съ небольшимъ количествомъ сѣро-водороднаго амміака, выпаривается и прокаливается по частямъ съ углемъ въ глиняныхъ горшкахъ, очищаемыхъ послѣ каждого прокаливанія (очистка не должна производиться вполнѣ.)

Наконецъ, остающуюся смѣсь глинозема съ углемъ (остающемся послѣ обжиганія) смѣшиваютъ съ масломъ до консистенціи тѣста и подвергаютъ сильному прокаливанію, чтобы удалить сѣру, остающуюся въ глиноземѣ отъ сѣрной кислоты; сѣра эта можетъ быть совершенно удалена уксусно-кислымъ свинцомъ.

2-й способъ. Обыкновенные продажные амміачные квасцы, или просто нечистый сѣрно-кислый глиноземъ (получаемый при обработкѣ глины сѣрной кислотой) обжигается такъ, чтобы получился по виду чистый глиноземъ бѣлаго цвѣта; однако эта его бѣлизна не доказываетъ его чистоты, такъ какъ на самомъ дѣлѣ онъ содержитъ сѣрную кислоту и

сѣрно-кислый кали съ значительнымъ количествомъ желѣза.

Глиноземъ пропускается сквозь мелкое сито и засыпается въ чугунную чашу съ прибавкой раствора ѣдкой соды въ 45^0 , по вѣсу вдвое болѣе глинозема.

Смѣсь, полученная такимъ образомъ, подвергается кипяченію и выпариванію и какъ бы сильно запекается, отчего образуется алюминатъ натрія, растворимый въ водѣ.

Алюминатъ растворяется въ большомъ количествѣ воды и если растворъ не освѣтляется тотчасъ же, въ него вводятъ немного сѣрнистаго водорода, который ускоряетъ осажденіе желѣза. Эта часть процесса должна производиться въ закрытомъ сосудѣ, а жидкость должна отстояться.

Декантированный, свѣтлый растворъ, еще теплый, подвергается дѣйствию углекислоты, которая переводитъ натръ въ углекислое соединеніе и выдѣляетъ глиноземъ въ густомъ желатинозномъ состояніи; при этомъ сода занимаетъ лишь всего $1/20$ часть осажденного глинозема.

II. Хлористый алюминій. Полученный по одному изъ описанныхъ только что способовъ глиноземъ предварительно высушивается и обжигается до температуры яркокраснаго каленія, послѣ чего смѣшивается съ 30% древеснаго угля; смѣсь эту смачиваютъ такимъ количествомъ масла, чтобы образовать тѣсто, которое и прокаливается въ особомъ тиглѣ.

Смѣсь угля съ глиноземомъ засыпается въ фар-

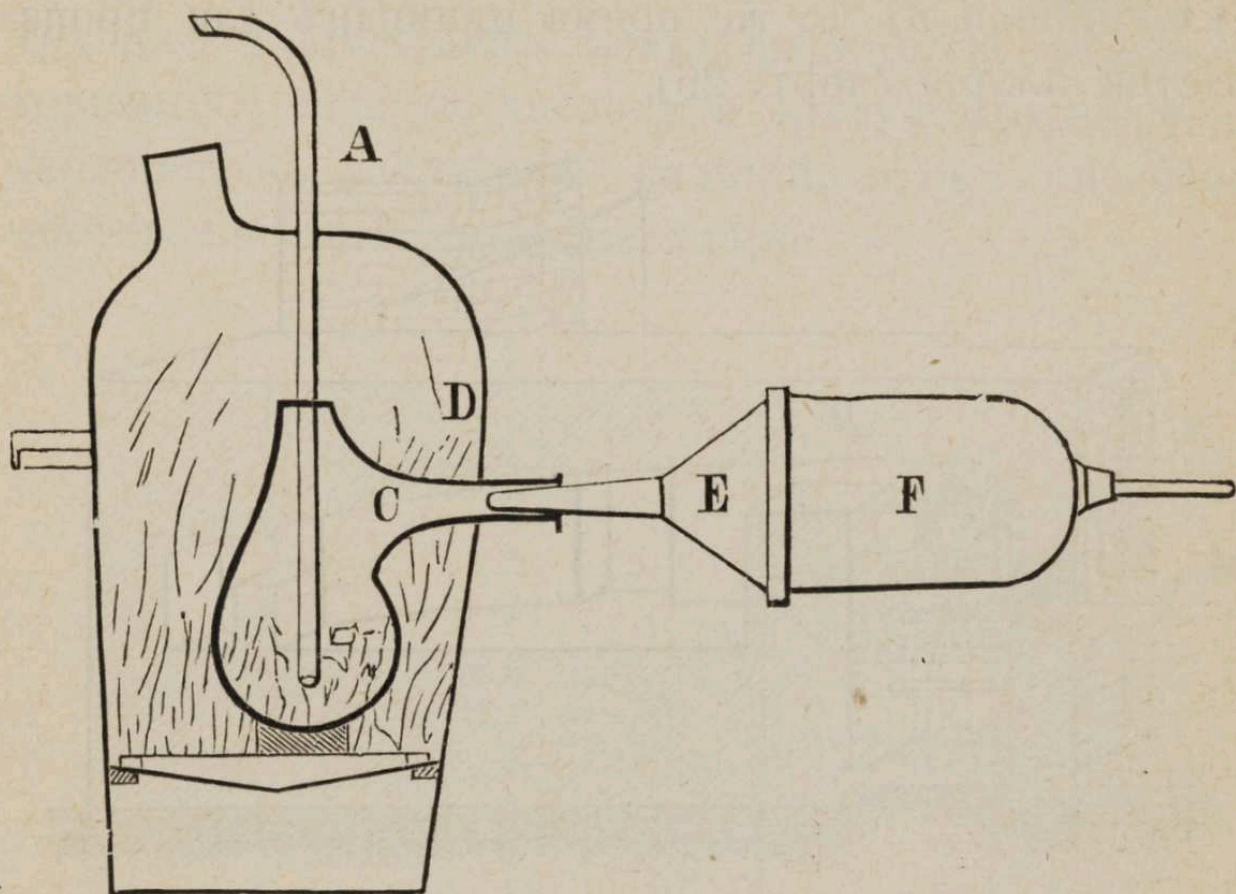
форовый сосудъ и, въ струѣ сухого хлора, подвергается температурѣ краснаго калѣнія. Полученный хлористый алюминій чрезъ нѣкоторое время вынимается изъ сосуда и представляетъ изъ себя плотную массу, очень красивыхъ, безцвѣтныхъ или слегка желтоватыхъ кристалловъ.

Слѣдующее описаніе даетъ понятіе о способахъ, которые употреблялъ Девилль для приготовленія хлористаго алюминія лабораторнымъ и промышленнымъ способомъ на заводѣ въ Жавеллѣ, устроенномъ на субсидію полученную отъ Наполеона III.

Лабораторный способъ. 5 килограммъ глинозема, полученнаго изъ амміачныхъ квасцовъ сильно прокаленныхъ, должны содержать возможно меньшее количества желѣза; глиноземъ смѣшивается съ 40—100 частями угля и такого количества масла, чтобы получить тѣсто, которое затѣмъ разлагается при ярко-красномъ калѣніи. Затвердѣвшая масса, разбитая на куски вмѣстѣ съ пылью отъ прокаливанія, засыпается въ глиняную реторту С (черт. 25.), емкостью въ 10 литръ. Реторта помѣщается въ печь, соотвѣтствующей конструкціи, накаливается до температуры краснаго каленія, причемъ сквозь нее пропускается сухой хлоръ, входящій по трубкѣ А. Въ первое время, лишь только пропущенъ хлоръ, черезъ шейку реторты выдѣляется значительное количество воды.

Когда начнетъ выдѣляться хлористый алюминій, въ шейку реторты вставляется фарфоровая воронка Е съ колпакомъ F, примазаннымъ къ ретортѣ и

между собою печной глиной. Хлористый алюминій конденсируется цѣликомъ въ такой камерѣ.



Чер. 25.

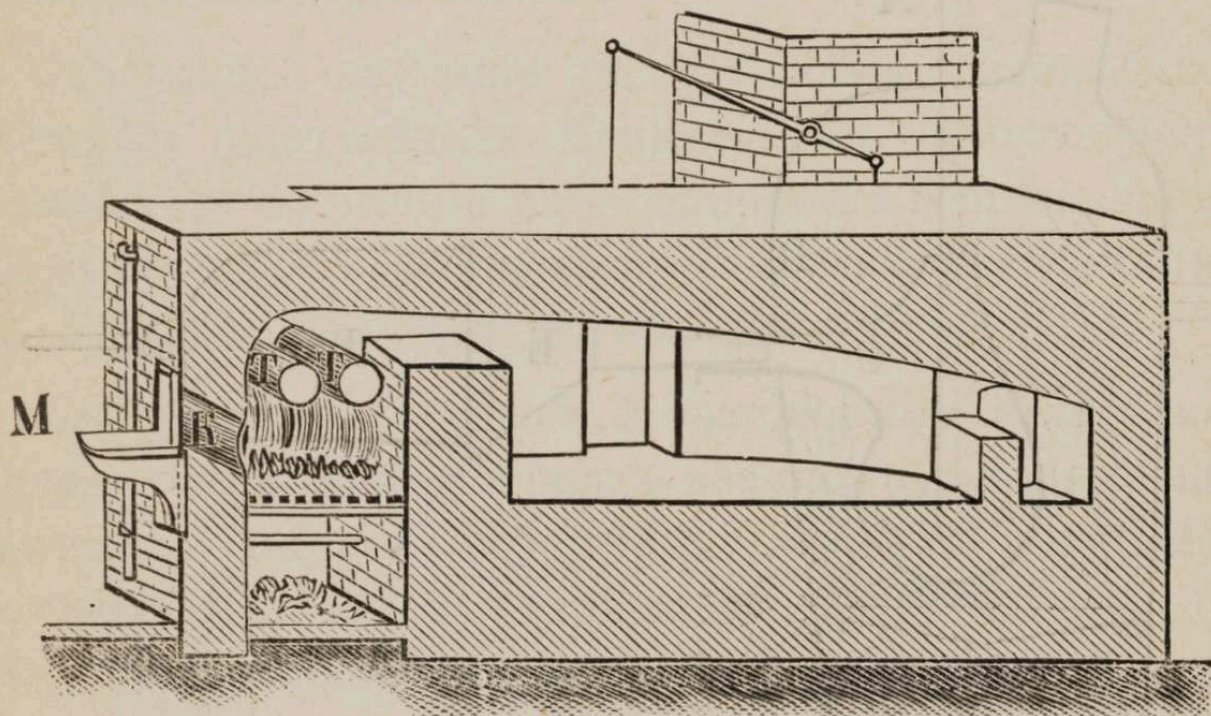
Количество полученнаго хлористаго алюминія было 10,1 килограмма, не считая потерь.

Производство фабричнымъ путемъ. Для примѣненія этого способа къ фабричному производству въ большихъ размѣрахъ Девильтъ замѣнилъ смѣсь, состоящую изъ масла, угля и глинозема, смѣсью глинозема съ дегтемъ; обыкновенная реторта была замѣнена газовой, а конденсаціонный аппаратъ—небольшой кирпичной камерой, покрытой слоемъ фаянса.

Глиноземъ добывался изъ амміачныхъ квасцовъ,

стоящихъ 19 фр. 50 сант. за 100 кило и давалъ 11% глинозема.

Прокаливаніе происходило въ отражательной печи заключавшей въ то же время цилиндръ для производства натрія (черт. 26).



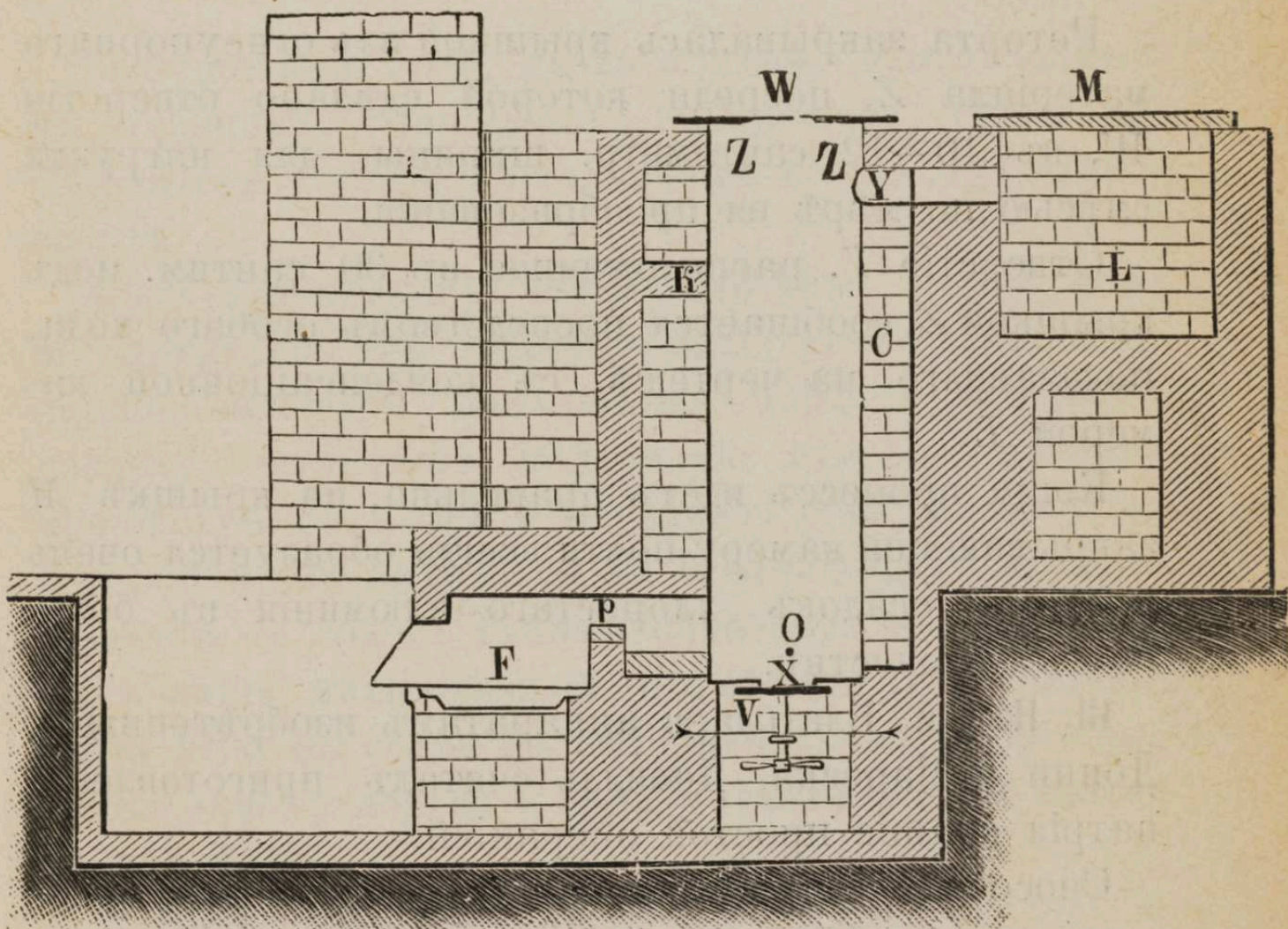
Чер. 26.

Квасцы, прокаленные до температуры ярко-краснаго каленія измельчались въ порошокъ и смѣшивались съ каменноугольнымъ дегтемъ съ незначительной прибавкой порошка древеснаго угля. Хорошо перемѣшанная смѣсь засыпалась въ открытые горшки и вносились въ отражательную печь.

По прекращеніи дыма, происходящаго отъ сгорания дегтя, отчего смѣсь получала очень высокую температуру, горшки вынимались изъ печи, и глиноземъ переносился въ особую газовую реторту, изображенную на черт. 27.

Хлоръ получался изъ 8 сосудовъ, содержащихъ

каждый по 45 литровъ соляной кислоты; 4 изъ нихъ каждые 24 часа наполнялись вновь, пока другая половина остывала. Хлоръ, ранѣе чѣмъ вводится въ газовую реторту, охлаждался водою въ свинцовыхъ трубахъ и проходилъ сквозь свинцовую бутылку, содержащую сѣрную кислоту и другую такую же, содержащую хлористый кальцій; этимъ способомъ достигалось высушиваніе хлора.



Чер. 27.

Газовая реторда ёмкостью около 300 литровъ, вставленная въ трубу *C*, получаетъ жаръ изъ печи *F*, который, проходя черезъ уступъ *P*, циркулируетъ вокругъ всей реторты. Въ нижней части реторты сдѣ-

лано отверстіе *X*, которое закрывается нажимнымъ винтомъ.

Фарфоровая трубка, входящая въ реторту въ *O*, вводитъ въ нее сухой хлоръ въ самую середину нагрузки. Трубка, для предохраненія ея отъ дѣйствія пламени, была заключена въ другую глиняную трубку, гораздо большихъ размѣровъ; эта послѣдняя, кромѣ того, была наполнена пескомъ съ землей.

Реторта закрывалась крышкой изъ огнеупорнаго матеріала *Z*, посреди которой сдѣлано отверстіе *W*, въ 10—12 сантиметр. ширины, для нагрузки смѣсью по мѣрѣ ея преобразованія.

Отверстіе *Y*, расположенное въ 30 сантим. подъ крышкой *Z*, сообщается посредствомъ особаго хода, показаннаго на чертежѣ, съ конденсаціонной камерой *L*.

Когда процессъ идетъ правильно, на крышкѣ *M* закрывающей камеру почти всегда образуется очень плотный осадокъ хлористаго алюминія въ большемъ количествѣ.

III. Натрій. Благодаря аппаратамъ изобрѣтеннымъ Донни и Мареска, Девиля считалъ приготовленіе натрія крайне простой операціей.

Способы, употреблявшіеся для этого, были основаны на реакціи угля на углекислый щелокъ. Способъ, изобрѣтенный Брюннеромъ до работъ Девиля очень рѣдко примѣнялся для приготовленія натрія, такъ какъ былъ крайне трудно примѣнимъ и только со времени работъ Донни и Мареска, которые изобрѣли особый холодильникъ, оказалось

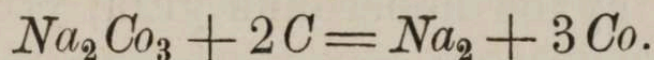
Возможнымъ значительно облегчить все производство.

Смѣсь, употреблявшаяся Девиллемъ въ его лабораторіи и дававшая ему всегда прекрасные результаты, была слѣдующаго состава:

Углекислой соды	717.
Древеснаго угля	175.
Известняка или мѣла	108.
	1000.

Высушенную соду, уголь и мѣлъ, измельченные въ порошокъ, смѣшиваютъ съ масломъ, чтобы образовалось тѣсто и прокаливаютъ все въ закрытомъ сосудѣ.

Мѣлъ прибавляется только для того, чтобы сода не отдѣлялась отъ прибавленнаго угля. Мѣлъ при первоначальномъ накаливаніи теряетъ угольную кислоту, оставляетъ неплавкую известь, которая пропитывается содой и образуетъ густую массу, въ которой уголь находится въ постоянномъ соприкосновеніи съ содой. Такимъ образомъ, известь служить лишь механической подмѣсью. При накаливаніи угля съ содой въ бѣлокалильномъ жару образуется окись углерода и пары металлическаго натрія по уравненію:

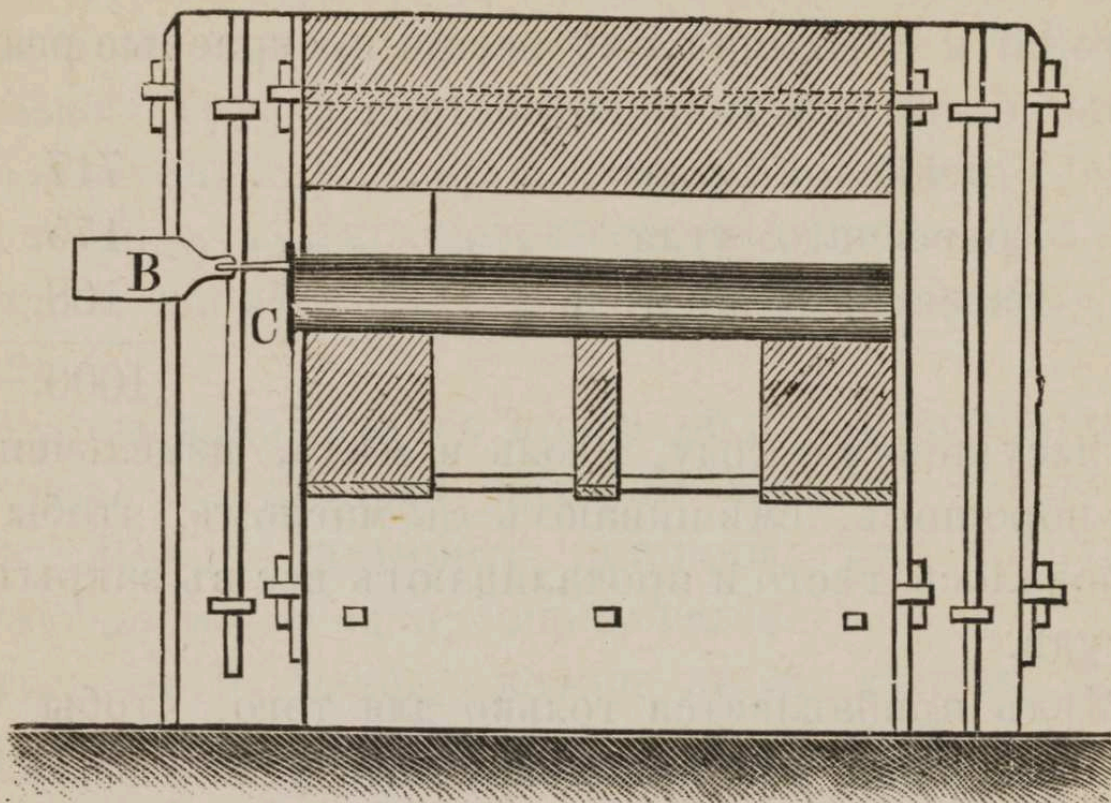


При охлажденіи пары натрія сгущаются въ твердую массу, а окись углерода остается въ видѣ газа.

Практически производство натрія достигается слѣдующимъ устройствомъ (черт. 28).

Изъ котельнаго желѣза дѣлаютъ металлическую

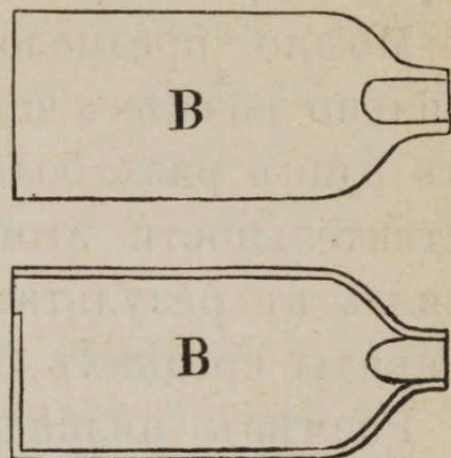
трубку до 1,2 метра длиною при діаметрѣ около дециметра. Трубку вмазываютъ въ сильный самодув-



Чер 28.

ный горнъ, могущій давать высокую температуру и въ него кладутъ вышеозначенную смѣсь. Одинъ конецъ цилиндра запирается чугуннымъ кружкомъ съ глиняной замазкой, въ другой же вставляется кружокъ С съ отверстіемъ. При накаливаніи сперва выдѣляется влажность, заключающаяся во взятыхъ веществахъ, затѣмъ выдѣляется угольная кислота и продукты сухой перегонки угля; уголь начинаетъ дѣйствовать на соду, и появляется окись углерода и пары натрія. Появленіе послѣднихъ легко замѣтить потому, что выходя изъ отверстія кружка С, они воспламеняются сами на воздухъ и горятъ яркимъ желтымъ пламенемъ. Въ это время въ отверстіе кружка С вставляютъ трубку холодильника, за-

ставляя пары и огонь проходить сквозь холодильник В. Холодильникъ состоитъ изъ двухъ четырехъ-угольныхъ чугунныхъ подносовъ, (черт. 29), сложенныхъ между собою широкими краями и плотно скрѣпленныхъ посредствомъ винтовъ; между этими двумя половинками остается пустое пространство въ которомъ совершается охлажденіе паровъ натрія. Тонкія металлическія



Чер. 29.

стѣнки холодильника охлаждаются воздухомъ, оставаясь, однако, настолько нагрѣтыми, что легкоплавкій натрій образуется въ жидкомъ видѣ и, не засоряя прибора, постоянно изъ него вытекаетъ.

Пары натрія, сгустившіеся въ холодильникѣ, стекаютъ въ видѣ жидкаго металла въ сосудъ съ нефтью для того, чтобы металлъ въ горячемъ состояніи не окислялся на воздухѣ. Необходимо во время работы прочищать желѣзнымъ прутомъ трубку, проводящую пары въ холодильникъ, потому что отъ образуемыхъ натріемъ твердыхъ соединений трубка засоряется. Для полученія еще болѣе чистаго металла его слѣдуетъ перегнать еще разъ. Употреблять можно для этого фарфоровую реторту, а перегонку производить въ струѣ газа, на который натрій не дѣйствуетъ (напр. въ струѣ водорода). Углекислый газъ нельзя употреблять, потому что накаленный натрій разлагаетъ углекислоту, отнимая у нея кислородъ.

Этимъ способомъ можно обрабатывать сразу 10 кило смѣси, причемъ однако получается не болѣе $1\frac{1}{2}$ килогр. натрія.

Можно предположить, что, увеличивая пропорціонально во всѣхъ частяхъ аппаратъ, можно получить въ одинъ разъ большее количество натрія. Въ дѣйствительности этого не происходитъ, почему Девилль въ результатѣ своихъ работъ и принялъ аппараты среднихъ размѣровъ.

Размѣръ цилиндра, которымъ пользовался Девилль, былъ въ 120 сантиметр. длины, при внутреннемъ діаметрѣ въ 14 сант., и толщиной въ 10—12 миллиметр. Трубы эти не должны соприкасаться непосредственно съ огнемъ; ихъ слѣдуетъ заключать въ оболочку изъ огнеупорной глины, въ 1 сантиметръ толщиной. При этомъ условіи оболочка достаточно толста, чтобы предохранить натрій отъ быстрого и случайнаго охлажденія, которому можетъ иногда подвергаться самъ очагъ.

IV. Производство алюминія. Для полученія чистаго алюминія недостаточно еще употреблять совершенно чистые матеріалы, но необходимо вести возстановленіе металла въ присутствіи вполне летучаго плавня и никогда не расплавлять алюминія въ сосудѣ, заключающемъ кремній, особенно при работѣ съ плавнями.

Происходящіе продукты отъ реакціи натрія на вещество, содержащее алюминій, должны быть летучи, чтобы была дана возможность отдѣлять алюминій посредствомъ жара отъ тѣхъ примѣсей, съ которыми онъ находился въ соприкосновеніи; это

послѣднее необходимо потому, что алюминій, имѣя малый удѣльный вѣсъ, не въ состояніи выдѣлится на поверхность примѣси, имѣющія большій вѣсъ.

Сосуды, содержащіе кремній, при плавкѣ алюминія загрязняютъ и портятъ металлъ, вводя въ него значительное количество кремнія. Кремній столь тѣсно соединяется съ алюминіемъ, что уже не можетъ быть выдѣленъ *).

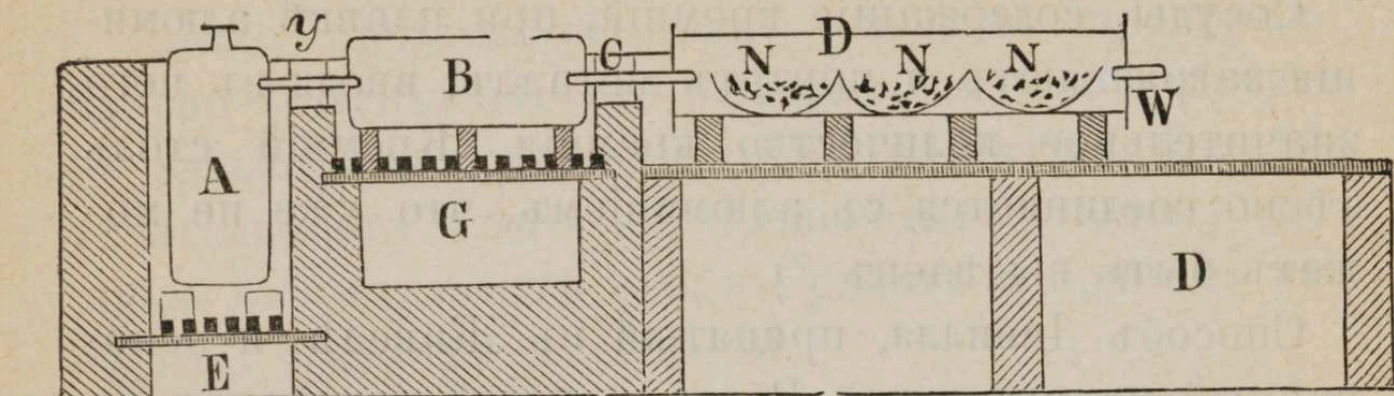
Способъ Девиля, принятый въ Жавелѣ и основанный на принципѣ Вёлера, эксплуатировался въ значительныхъ размѣрахъ; однако въ настоящее время, при вновь изобрѣтенныхъ электрическихъ способахъ, способъ Девиля уже не въ состояніи конкурировать и отошелъ въ область исторіи. Тѣмъ не менѣе мы считаемъ полезнымъ указать на него во всей полнотѣ, потому что это былъ первый промышленный способъ добыванія алюминія.

Расположеніе аппаратовъ и ихъ дѣйствіе на заводѣ въ Жавелѣ было слѣдующее (черт. 30).

Хлористый алюминій помѣщался въ реторту *A*, нагрѣваемую очагомъ; онъ быстро превращался въ парообразное состояніе и черезъ трубку *У* поступалъ въ цилиндръ *B*, содержащій куски желѣза. Цилиндръ *B* былъ накаливаемъ очагомъ *G* до темно-краснаго каленія. Въ этомъ цилиндрѣ парообразный хлористый алюминій значительно очищался:

*) Во время изысканій Девиля и до настоящаго времени считалось что кремній очень портитъ алюминій. Такое мнѣніе, какъ мы увидимъ далѣе, теперь оставлено, и считаютъ, что при содержаніи кремнія до 10 0/0, онъ не только не портитъ его качествъ, но, напротивъ, значительно ихъ улучшаетъ.

хлорное желѣзо, встрѣчаясь съ раскаленнымъ желѣзомъ, переходитъ въ хлористое, соляная кислота,



Чер. 30.

всегда заключающаяся въ хлористомъ алюминіи и происходящая отъ вліянія атмосферной сырости, соединяется съ раскаленнымъ желѣзомъ; сѣра задерживается въ видѣ однохлористаго и сѣрнистаго желѣза.

Изъ цилиндра *B* пары поступаютъ въ цилиндръ *D*, проходя сквозь широкую трубку *C*, гдѣ остаются мельчайшія частички сѣрнистаго желѣза увлекаемаго парами. Въ этомъ цилиндрѣ находятся три чашки *N* изъ чугуна, съ металлическимъ натріемъ, вмѣстимостью въ 500 граммъ каждая. Температура трубки *C* поддерживается при 200—300°, чтобы помѣшать хлористому алюминію сгущаться; при этой температурѣ хлористое желѣзо почти не летуче.

Цилиндръ *D* нагревается до едва замѣтнаго темно-калильнаго жара въ своей нижней части; реакція, происходящая отъ воздѣйствія натрія на хлористый алюминій, выдѣляетъ такое значительное количество

теплоты, что, иногда, ея бываетъ совершенно достаточно для поддержанія надлежащей температуры.

Хлористый алюминій, приходя въ соприкосновеніе съ натріемъ, образуетъ хлористый натръ и алюминій.

Вскорѣ затѣмъ хлористый натръ соединяется съ избыткомъ хлористаго алюминія, образуя двойное хлористое соединеніе, достаточно летучее, чтобы въ свою очередь реагировать на слѣдующую сосѣднюю чашку, гдѣ хлористое соединеніе вновь разлагается, образуя алюминій.

Слѣдуетъ замѣтить, что Девиль не ограничился изысканіемъ производства алюминія чисто химическимъ способомъ, но сдѣлалъ нѣсколько попытокъ для выдѣленія алюминія электрическимъ токомъ. Однако по той причинѣ, что въ его время не располагали тѣми могучими источниками электричества, которыми мы пользуемся теперь, попытки его въ этомъ родѣ остались почти безъ успѣха.

Правда, ему удалось изобрѣсти цѣлую сложную систему электролиза пользуясь батареей, для разложенія двойного хлористаго алюминія и натрія.

Система эта по сложности аппаратовъ не представляетъ особаго интереса.

Способъ Грабо.

Способъ Грабо состоитъ изъ трехъ отдѣльныхъ способовъ.

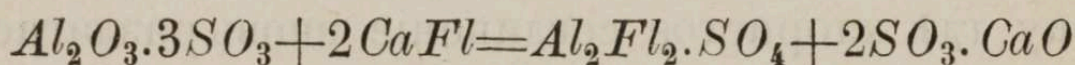
а. производство фтористаго алюминія или же (искусственнаго кріолита.)

в. производство натрія.

с. возстановленіе алюминія натріемъ.

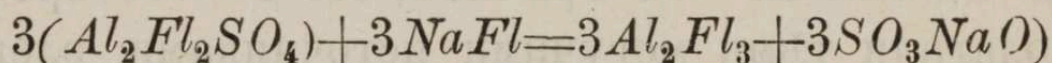
а. Способъ, изобрѣтенный Грабо, даетъ возможность получить по желанію или фтористый алюминій, или искусственный кріолитъ.

1. реакція. Грабо получаетъ предварительно фтористый силикатъ алюминія, обрабатывая растворъ сѣрноокислаго алюминія фтористымъ шпатомъ, при чемъ происходитъ слѣдующая реакція:

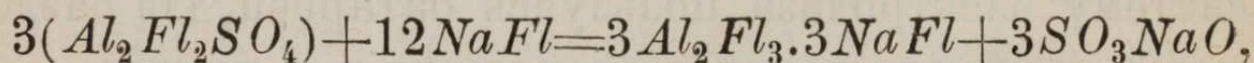


Фтористо сѣрноокислый глиноземъ остается въ растворѣ.

2. Реакція. Къ раствору фтористо сѣрноокислаго глинозема прибавляется фтористый натръ отчего образуется осадокъ фтористаго алюминія:



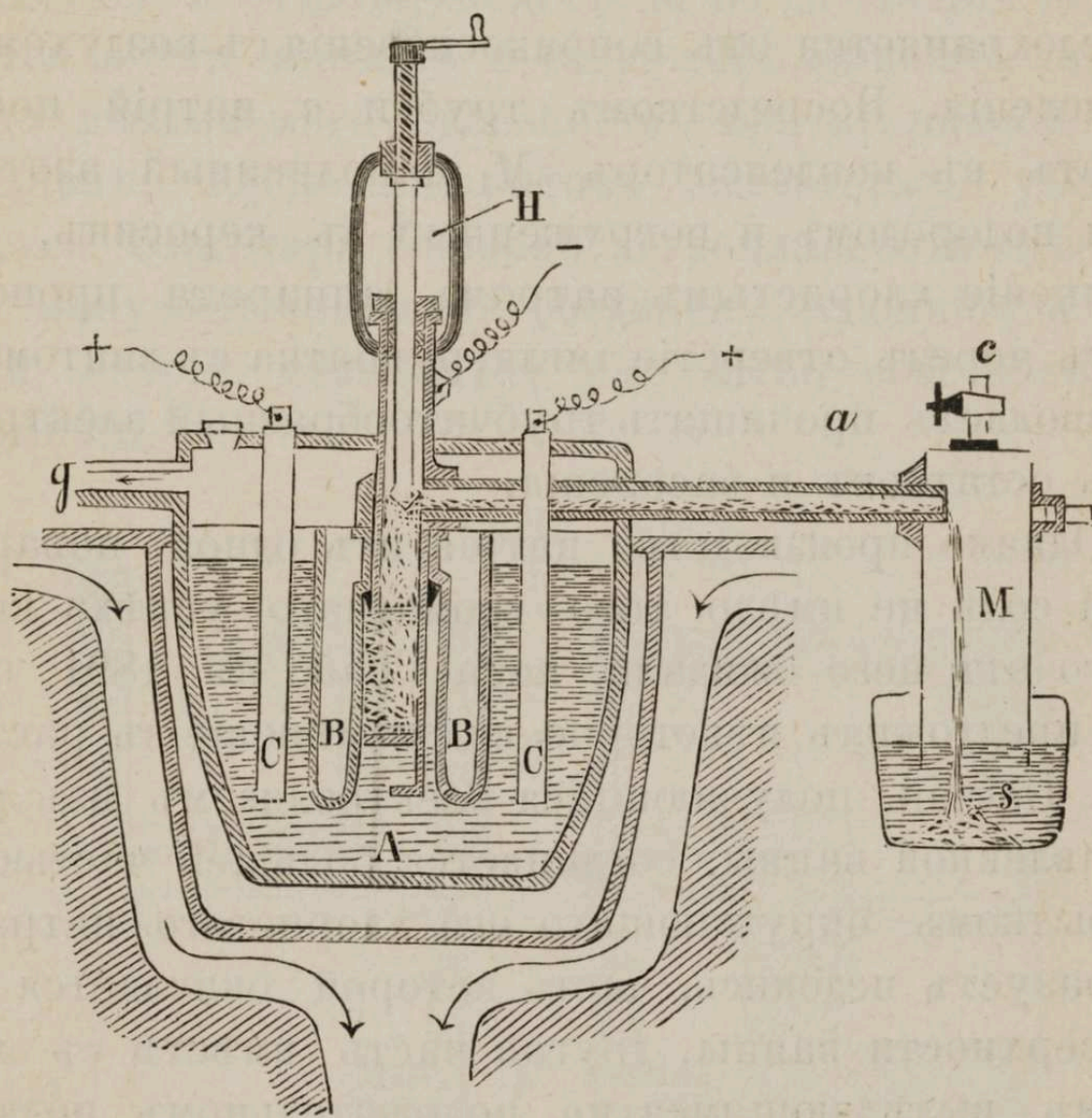
Чтобы получить искусственный кріолитъ, достаточно увеличить количество фтористаго натра благодаря чему образуется:



Чтобы быть вполне увѣреннымъ въ успѣхѣ, слѣдуетъ дѣлать во время реакціи частые анализы.

в. Главная экономическая сторона системы Грабо заключается въ возможности крайне дешево добывать натрій, необходимый для возстановленія. Слѣдуетъ упомянуть, что аппаратъ Грабо можетъ служить съ тѣмъ же успѣхомъ для добыванія всѣхъ вообще щелочныхъ металловъ. По словамъ Грабо, кило натрія обходится этимъ способомъ 1,25 франка.

Послѣдній усовершенствованный аппаратъ имѣетъ главное преимущество въ формѣ отрицательнаго электрода *B* (черт. 31), состоящаго изъ фарфороваго колокола съ двойными стѣнками, расположеннаго такимъ образомъ, чтобы электрическій



Черт. 31.

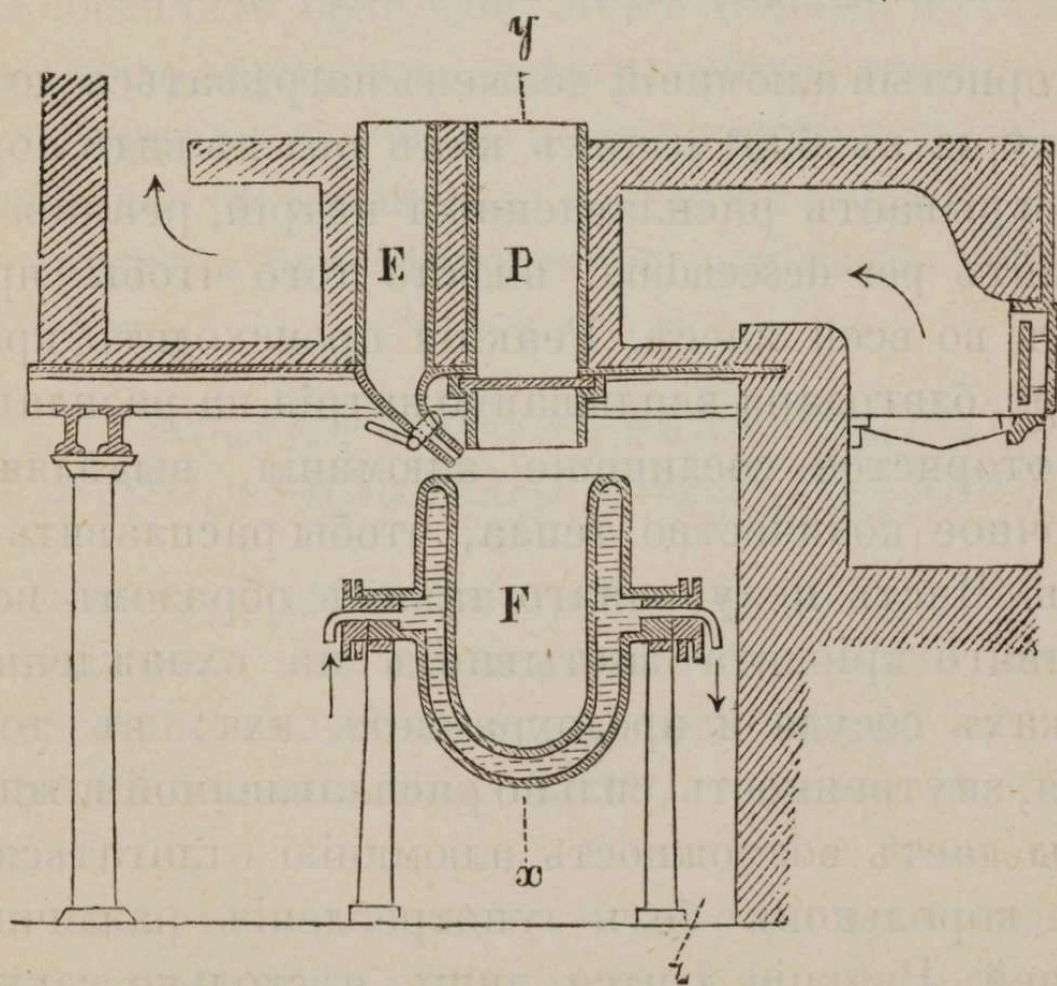
токъ проходилъ отъ отрицательнаго электрода и его продолженія *A* сквозь расплавленную массу, но никакимъ образомъ не могъ бы проходить сквозь стѣнки отрицательной обкладки *B*. Такого рода расположеніемъ, Грабо устранилъ недостатки

предъидущихъ расположеній, заключающихся въ быстрой уничтоженіи электродовъ. Положительные электроды состоятъ изъ двухъ углей; хлоръ выдѣляется въ *g*, металлъ же болѣе легкаго удѣльнаго вѣса, чѣмъ расплавленный хлористый натръ, всплываетъ наверхъ и сосредотчивается подъ колоколомъ, гдѣ предохраняется отъ соприкосновенія съ воздухомъ и окисленія. Посредствомъ трубки *a* натрій поступаетъ въ конденсаторъ *M*₁ наполненный азотомъ или водородомъ и погруженный въ керосинъ. Наполненіе хлористымъ натромъ аппарата происходитъ черезъ отверстіе тигля; рукоятка съ винтомъ *H* позволяетъ прочищать трубчатообразный электродъ отъ остатковъ и засоренія.

Однако производство натрія изъ одной поваренной соли не имѣло того громаднаго успѣха котораго отъ него ожидали, пока Грабо въ 1891 году не предложилъ нѣкоторое видоизмѣненіе въ растворѣ. Натрій, получающійся электролизомъ изъ расплавленной ванны, соединяется большей частью съ избыткомъ окружающаго его хлористаго натра и образуетъ недокись, часть которой окисляется на поверхности ванны, другая часть вмѣстѣ съ хлоромъ, выдѣляющимся на положительномъ полюсѣ, вновь образуетъ хлористый натръ. Эти второстепенныя реакціи по мнѣнію Грабо, могутъ быть предотвращены какъ вышеописаннымъ расположеніемъ, такъ равно и прибавкой къ хлористому натру хлористаго кали или кальція, стронція или барія (въ особенности барія какъ болѣе легкоплавнаго и гигроскопичнаго), въ пропорціи 3 час

тей барія на 1 часть смѣси, составленной изъ равныхъ частей хлористаго натра и кали. Электролизъ этой смѣси даетъ 95% натрія, лишь бы температура ванны не превышала точки ея плавленія. Если употреблять хлористый кали, температура плавленія повысится и отдача упадетъ до 50%. Натрій получается почти чистымъ и содержитъ лишь 3% калия, легко выдѣляемаго окисленіемъ при вторичной переплавкѣ; порча аппаратовъ значительно уменьшается, благодаря большой легкоплавности смѣси.

с. Получивъ фтористое соединеніе алюминія и чистый натрій, становится уже легко возстановить алюминій.

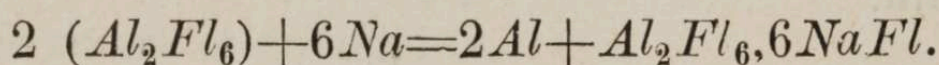


Чер. 32.

Въ двухъ отдѣльныхъ ретортахъ изъ чугуна *P* и *E* (черт. 32) нагрѣваютъ отдѣльно фтористый

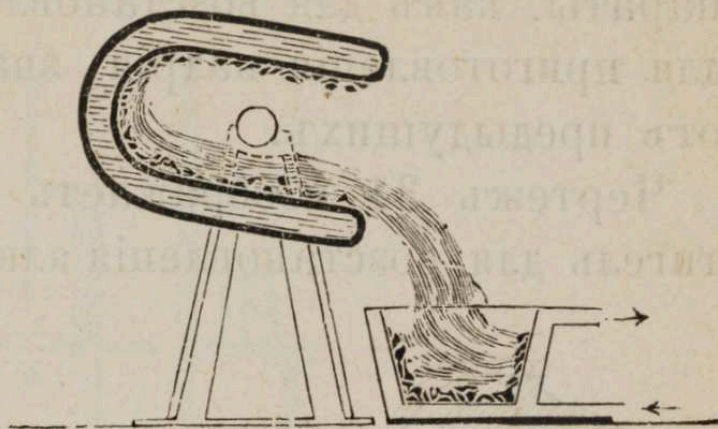
алюминій и отдѣльно натрій. Предварительно нагрѣваютъ до темно-краснаго каленія фтористый алюминій въ *P*, а затѣмъ натрій въ *E*, послѣ чего ихъ спускаютъ въ сосудъ *F*, охлаждаемый водою. Фтористое соединеніе, въ видѣ мелкаго порошка, падаетъ въ *F* на натрій и въ продолженіе всей реакціи покрываетъ натрій.

Пропорція натрія и фтористаго алюминія такова, чтобы взаимная ихъ реакція образовала двойное фтористое соединеніе $Al_2Fl_6 \cdot 6NaFl$ или искусственный кріолитъ, который очень легкоплавокъ; онъ получается по слѣдующей реакціи:



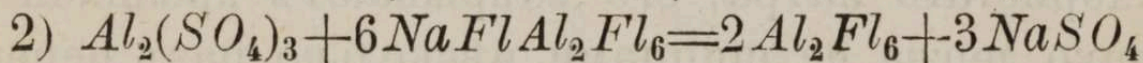
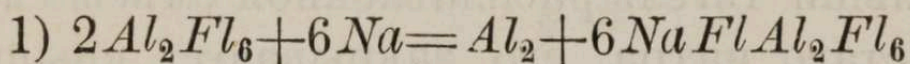
Фтористый алюминій долженъ нагрѣваться до температуры въ 600^0 и такъ какъ онъ въ видѣ порошка покрываетъ расплавленный натрій, реакція происходитъ *per descendum*, вмѣсто того чтобы происходить во всей массѣ. Реакція происходитъ крайне быстро, благодаря всплыванію натрія на расплавленное фтористое соединеніе алюминія, выдѣляя достаточное количество тепла, чтобы расплавить всю смѣсь. Часть полученнаго такимъ образомъ искусственнаго кріолита застываетъ на охлажденных стѣнкахъ сосуда и предохраняетъ ихъ; въ то же время, внутренность сильно расплавленной и жидкой массы даетъ возможность алюминію отлагаться въ видѣ корольковъ безъ употребленія различныхъ плавней. Реакція длится лишь нѣсколько секундъ, послѣ чего все сливается въ другой сосудъ *G*, также охлаждаемый водою (чер. 33).

Кріолитъ, полученный черезъ эту реакцію, служитъ для новаго приготовленія фтористаго соединенія, чѣмъ и устраняется необходимость въ натуральномъ кріолитѣ, тѣмъ болѣе что этотъ послѣдній всегда содержитъ немного кремнія и желѣза.



Чер. 33.

Отсюда видно что процессъ, начатый со фтористаго шпата, практически идетъ непрерывно. Легко составить себѣ объ этомъ понятіе по слѣдующимъ двумъ формуламъ, которыя показываютъ: первая — послѣднюю реакцію, возстановляющую алюминій, начиная со фтористаго алюминія (Al_2Fl_6), а вторая — приготовленіе фтористаго алюминія, начиная съ кріолита.



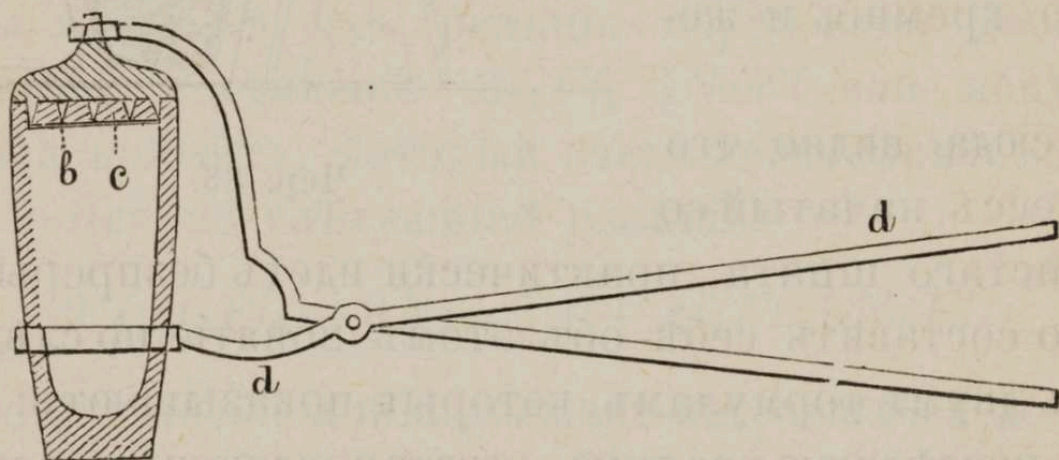
По отзыву Грабо, употребленіе искусственнаго кріолита даетъ ему возможность получать алюминій необыкновенной чистоты, содержащій по анализу 99,62% алюминія, 0,23% желѣза и 0,15% кремнія.

Что касается стоимости такого рода производства, то при добываніи алюминія въ 200 килограммъ въ день, цѣна его можетъ понизиться до 14 франковъ килограммъ.

Способъ Нетто.

Главныя основанія этого способа тѣ же но аппараты, какъ для возстановленія металла, такъ и для приготовленія натрія значительно отличаются отъ предыдущихъ.

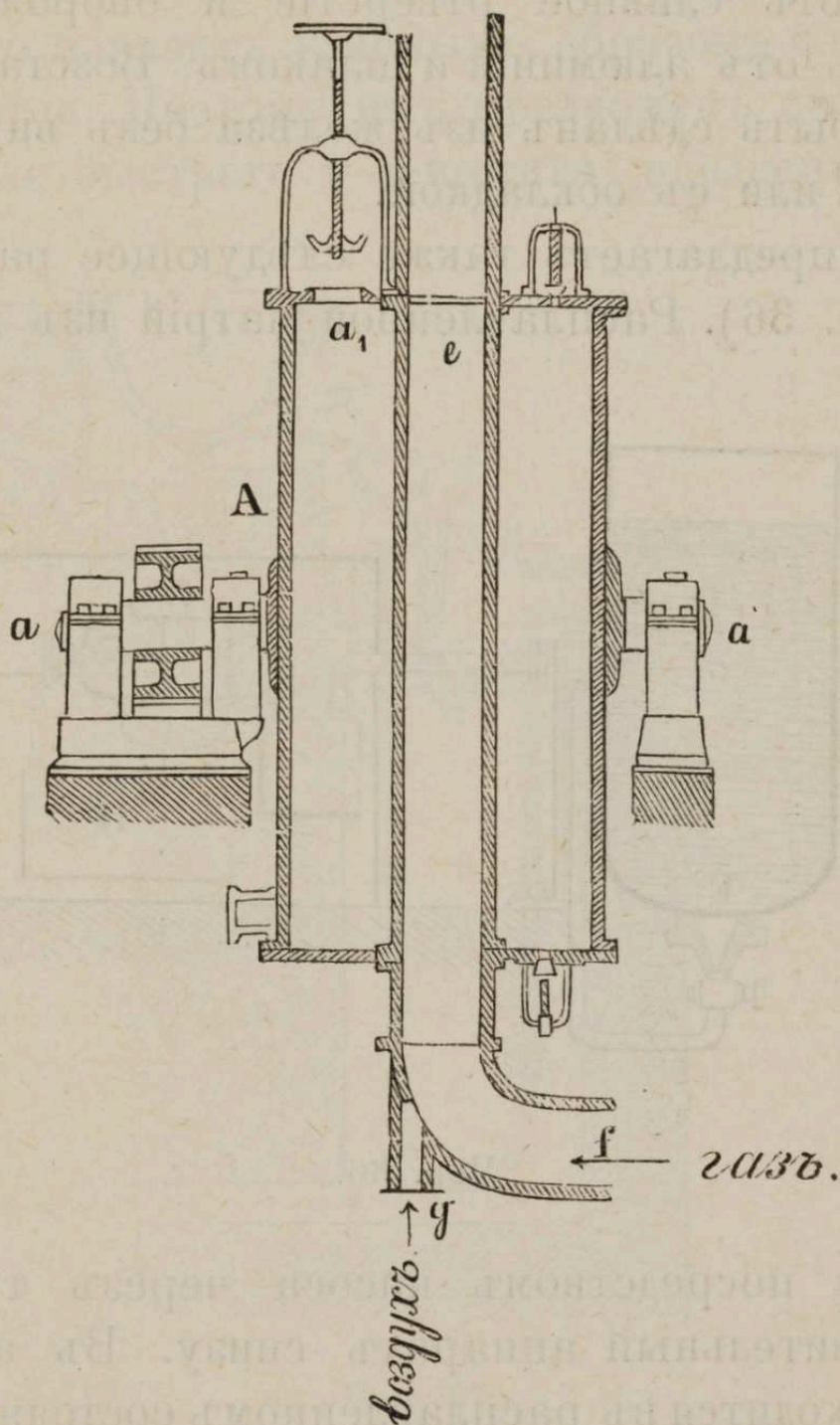
Чертежъ 34 изображаетъ усовершенствованный тигель для возстановленія алюминія. Крышка тигля,



Чер. 34.

удерживаемая клещами *d*, имѣетъ зубья *с*, къ которымъ прикрѣпляется сплавленный кусокъ натрія *с*. Наполнивши тигель расплавленной смѣсью криолита и хлористаго натра, его закрываютъ крышкой и, крѣпко держа ее щипцами, нѣсколько разъ переворачиваютъ такимъ образомъ, чтобы натрій, болѣе легкаго удѣльнаго вѣса, чѣмъ смѣсь, проходилъ бы сквозь нея по всѣмъ направленіямъ, образуя крайне быстро возстановительную реакцію. При этомъ не получается почти никакой потери натрія, но довольно трудно удерживать совершенно плотно крышку, употребляя обыкновенные тигли и избѣжать присутствія небольшого количества желѣза въ алюминіи, употребляя желѣзные,

Желая имѣть непрерывность дѣйствія употребляютъ въ дѣло восстановительный аппаратъ, указанный на черт. 35, нагреваемый газовымъ пла-

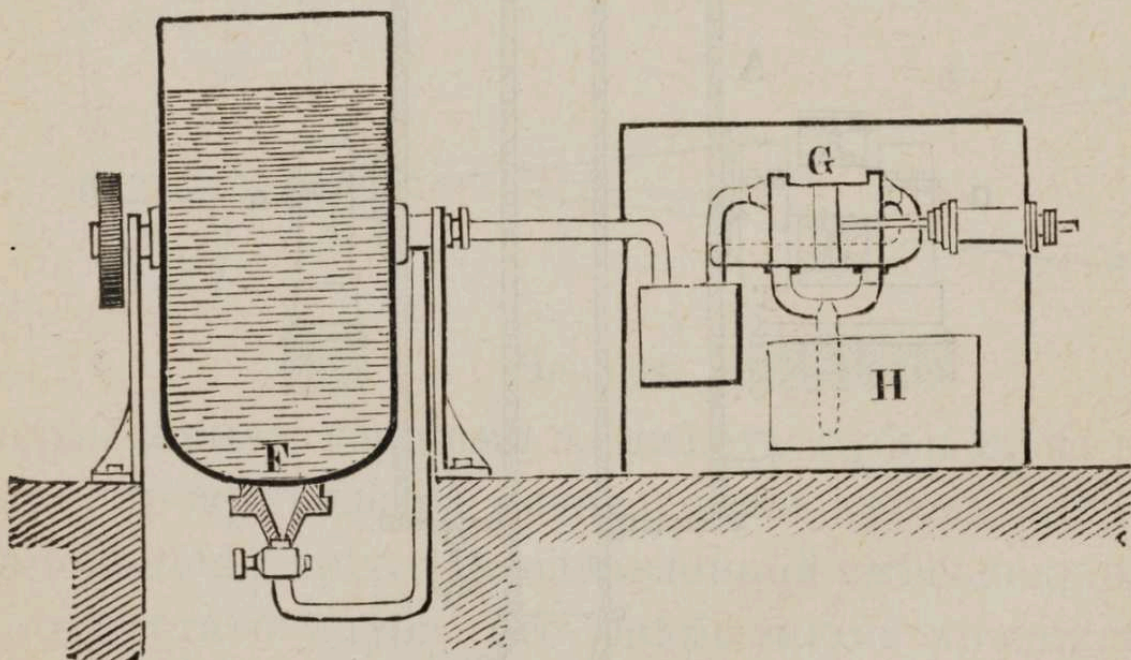


Черт. 35.

менемъ, развиваемымъ въ трубѣ *e*, посредствомъ смѣси воздуха, входящаго въ трубу черезъ *г*, и горячаго газа, входящаго черезъ *f*. Когда смѣсь расплавится, черезъ *a* впускаютъ расплавленный или

даже твердый натрій, закрываютъ заслонку трубы, въ которую входитъ газъ и медленно вращаютъ аппаратъ вокругъ его оси *a*. По окончаніи реакціи открываютъ сливное отверстие и опорожняютъ аппаратъ отъ алюминія и шлаковъ. Возстановитель можетъ быть сдѣланъ изъ желѣза безъ внутренней обкладки или съ обкладкой.

Нетто предлагаетъ также слѣдующее расположе-
ніе (черт. 36). Расплавленной натрій изъ ящика *H*

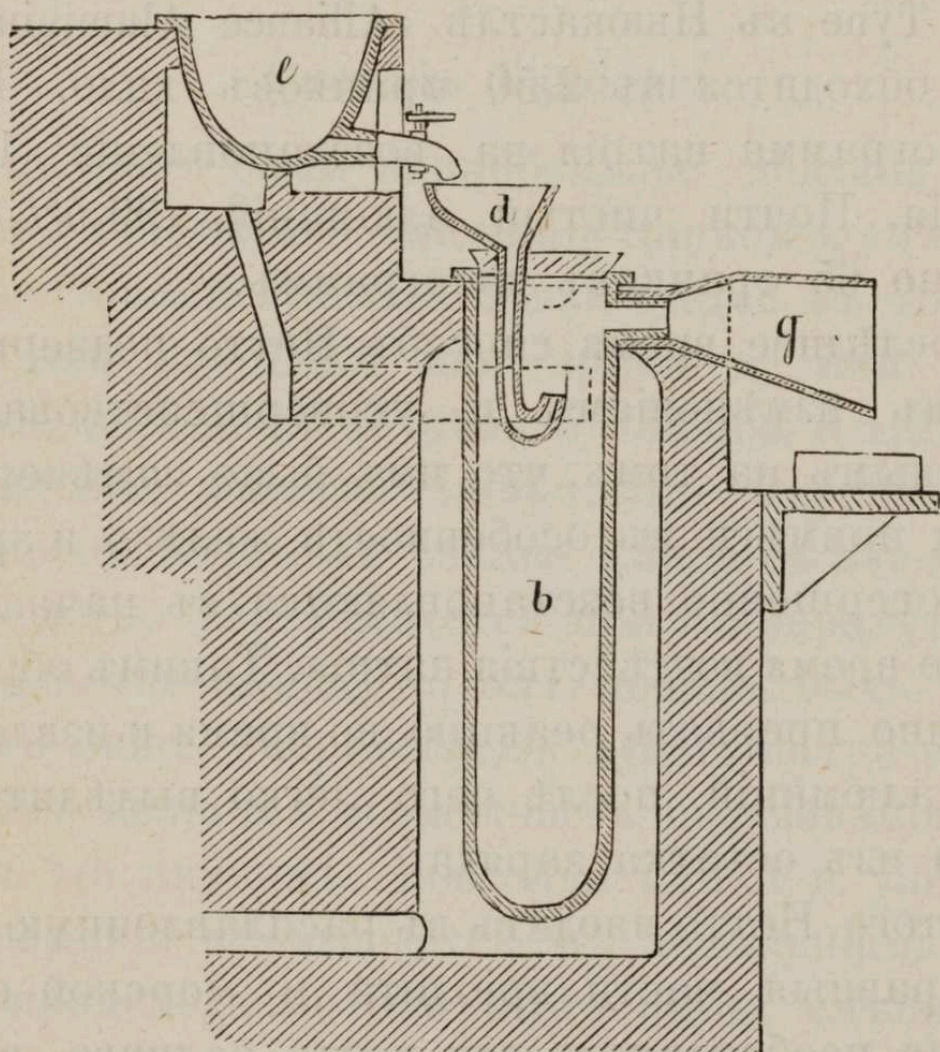


Чер. 36.

вгоняется посредствомъ насоса черезъ трубы въ возстановительный аппаратъ снизу. Въ аппаратѣ этомъ находится въ расплавленномъ состояніи смѣсь, подвергаемая возстановленію. Вгоняемый насосомъ натрій раздѣляется на мелкія части алюминиевой рѣшеткой *F*, часто возобновляемой. Процессъ считается оконченнымъ, когда на поверхность аппарата начнетъ всплывать не разложенный натрій. Тогда

аппаратъ наклоняется и разгружается. Насосъ *G*, а равно и ящикъ *H*, содержащій натрій, заключены въ обкладку и все подвергается температурѣ въ 100°.

Легко замѣтить, что коммерческій успѣхъ способа Нетто зависитъ главнымъ образомъ отъ дешевизны натрія. Поэтому имъ предложенъ особенный способъ для быстрого и дешеваго добыванія этого



Чер. 37.

металла. Длинная и плоская чугунная реторта (черт. 37.) *b*, наполненная коксомъ или древеснымъ углемъ и доведенная до ярко краснаго каленія, получаетъ черезъ *d* расплавленный ѣдкій натръ изъ

сосуда *e*. Ёдкій натръ, падая по каплямъ въ верхнюю часть реторты на раскаленный уголь, почти моментально разлагается и выдѣляющіеся пары натрія сгущаются въ конденсаторѣ. *g*. Не разложенный ёдкій натръ и углекислая сода, получающаяся при реакціи, отлагается на дно реторты. Каждая реторта даетъ въ день до 40 килограммъ натрія.

Способъ Нетто эксплоатируется въ Англіи въ Wall-send on Tyne въ Ньюкастлѣ «Alliance Aluminium Co». Натрії обходится въ 2,50 франковъ кило. Нужно $2\frac{1}{2}$ килограмма натрія на возстановленіе 1 кило алюминія. Почти чистый алюминій (99,5%) продается по 65 франковъ килограммъ.

За послѣднее время способъ Нетто подвергся нѣкоторымъ измѣненіямъ и усовершенствованіямъ, основаннымъ на томъ, что имъ было замѣчено, что вредныя примѣси, въ особенности желѣзо и кремній почти совершенно возстановляются въ началѣ процесса во время воздѣйствія натрія. Такимъ образомъ достаточно прервать реакцію во время и извлечь не чистый алюминій, послѣ чего легко выдѣлить всѣ примѣси изъ остатка заряда.

Для этого Нетто вводитъ въ расплавленную смѣсь ванны равныя части кріолита и морской соли и $\frac{1}{3}$ натрія необходимаго для почти полного возстановленія алюминія. Какъ скоро частичное возстановленіе окончено, вся масса медленно переливается въ накаленный до-красна тигель, стараясь при этомъ не перелить въ нее образовавшагося королька нечистаго алюминія; очищенную такимъ образомъ массу подвергаютъ вновь дѣйствію натрія въ

достаточномъ количествѣ, чтобы выдѣлить остальные $\frac{2}{3}$ алюминія.

Точно также прервавъ во время начала восстановительную операцію, можно достигнуть восстановления однѣхъ примѣсей, не успѣвъ восстановить самого алюминія. Этимъ способомъ легко получить металлъ почти чистый съ содержаніемъ 99% алюминія.

Способъ Бамберга.

Много разъ были испробованы способы восстановления хлористаго алюминія цинкомъ, вмѣсто натрія. Настоящій способъ заключается въ томъ, что хлористый алюминій или кріолитъ, внѣ доступа воздуха, доводится до бѣлаго каленія и подвергается дѣйствию избытка цинковыхъ паровъ, отчего получаютъ корольки сплава цинка съ алюминіемъ. Цинкъ легко улетучивается при температурѣ 1100°. Что касается цинка, то онъ можетъ быть переведенъ въ окись посредствомъ ѣдкаго натра и такимъ образомъ является возможность пользованія однимъ и тѣмъ же цинкомъ. Возгонка цинка и улетучиваніе алюминія производятся въ отдѣльныхъ ретортахъ; происходящіе отъ этого пары смѣшиваются въ особой камерѣ внѣ доступа воздуха. Часть камеры, смежной съ той, въ которую входятъ пары, доведена до бѣлаго каленія. Хлористый цинкъ выходитъ одинъ изъ противоположнаго конца камеры, служащей конденсаторомъ. Отложившійся въ королькахъ цинкъ съ алюминіемъ отдѣляется отъ этого послѣдняго возгонкой, при чемъ цинкъ, вновь обра-

щенный въ пары, можетъ быть по желанію или сгущенъ, или введенъ вновь въ камеру для соединенія съ хлористымъ алюминіемъ.

Бамбергомъ предложенъ этотъ способъ также для полученія алюминіевой бронзы или ферро-алюминія. Желѣзо или мѣдь подвергается очень высокой температурѣ въ аппаратѣ Бессемера, затѣмъ въ жидкую массу вводится хлористый алюминій въ видѣ паровъ или въ видѣ очень мелкаго порошка криолита. Образуется: хлористая мѣдь или желѣзо, которое улетучивается, тогда какъ алюминій соединяется съ металломъ. Высокая температура съ дутьемъ, которой подвергаются мѣдь или желѣзо въ аппаратѣ Бессемера, имѣетъ въ результатѣ отдѣленіе кремнія и углерода окисленіемъ или улетучиваніемъ ранѣе доступа алюминіевыхъ паровъ.

Что касается мѣди, то предпочтительно употребляютъ мѣдь съ большимъ содержаніемъ углеродистыхъ соединеній, такъ какъ сгораніе этого углерода значительно повышаетъ температуру реакціи.

Способъ «Western Aluminium C^o.»

Способъ, предложенный «Great Western Aluminium Smelting and Refining C^o» въ Данверѣ, состоитъ въ томъ, что въ расплавленный фтористый алюминій вводится реактивъ, на примѣръ сѣрнистый или азотно-кислый боръ или кремній, способный разлагаться при низшей температурѣ, чѣмъ фтористое соединеніе; при этомъ одинъ изъ элементовъ, имѣющій большое сродство ко фтору, соединяется съ нимъ, вы-

дѣлая алюминій. Какъ фтористое соединеніе можно употреблять плави́ковый шпатель или кріолитъ, смѣшанный съ какимъ-либо щелочнымъ основаніемъ, облегчающимъ плавленіе. Реактивъ вводится въ парообразномъ состояніи или въ видѣ крайне мелкой пыли, увлекаемой тягой водорода или азота. Реакціи должны происходить по возможности внѣ доступа воздуха, который окисляетъ алюминій.

Способъ Гринвуда.

Англійскій журналъ «Age of Steel» 1891 года, рассматривая привилегированный въ томъ же году въ Англіи способъ Гринвуда, провозгласилъ, что способъ этотъ долженъ произвести колоссальный пере́воротъ въ дѣлѣ производства алюминія. Однако такое мнѣніе повидимому не совсѣмъ правильно, и извѣстный французскій металлургъ Ришаръ сильно сомнѣвается, чтобы этотъ способъ представлялъ какія-либо выдающіяся выгоды. Слѣдующее описаніе заимствовано изъ журнала.

«Процессъ происходитъ при доступѣ воздуха въ двухъ печахъ нагрѣваемыхъ отдѣльно, изъ которыхъ одна заключаетъ реторту, въ которой происходитъ очистка глины, другая же — возстановительную камеру особой конструкціи съ огнеупорной обкладкой изъ глины съ магнезіальнымъ основаніемъ.

«Камера имѣетъ форму прямолинейной удлиненной призмы, продольныя стороны которой очень сближены между собой, что позволяетъ довести углеродъ до очень высокой температуры въ короткое

время. Камера расположена въ печи подъ угломъ въ 45° такимъ образомъ, чтобы облегчить алюминію вытекать въ пріемникъ по мѣрѣ его образованія. Нагрузка реторты состоитъ изъ смѣси жирнаго каменнаго угля и глины, предварительно высушенной. Печь нагревается до температуры достаточной, чтобы образовался газъ, однако безъ расплавленія глины; возстановительная камера наполнена углемъ въ достаточномъ количествѣ. Послѣ этого печь нагревается коксомъ и посредствомъ дутья доводится до $3,600^{\circ}$.

«Выпустивъ пары, заключающіеся въ ретортѣ, открываютъ заслонку, черезъ которую пары окиси алюминія и каменноугольный газъ входятъ въ возстановительную камеру, гдѣ они и разлагаются, возстановляясь въ металлическомъ видѣ».

«Особенно важная черта способа Гринвуда состоитъ въ томъ, чтобы нагревать глину, не давая улетучиваться кремнію, съ которымъ она находится въ соединеніи; это случилось бы непременно, если бы глина и возстановитель нагревались вмѣстѣ въ печи при достаточной температурѣ. Другая особенность способа состоитъ въ томъ, что окись алюминія въ томъ видѣ, въ которомъ она находится въ глинѣ, подвергается высокой степени возгонки».

«Въ этомъ главнымъ образомъ и состоитъ, говорить изобрѣтатель, разгадка почему до сихъ поръ всѣ попытки возстановленія алюминія обыкновенными металлургическими способами терпѣли неудачу».

«Предварительные опыты вполне удались и въ

настоящее время въ Jorlin ставятся печи для такого рода производства въ большихъ размѣрахъ. Алюминій будетъ получаться по крайне дешевой цѣнѣ и такимъ образомъ настоящій способъ произведетъ колоссальный переворотъ всего дѣла».

Неимѣніе до сихъ поръ данныхъ, касающихся этого рода производства, не позволяетъ выводить какія-либо заключенія. По отзыву Ришара, этотъ способъ вѣроятно не дастъ ожидаемыхъ результатовъ въ большомъ коммерческомъ предпріятіи.

Способъ Мансье.

Способъ состоитъ изъ двухъ частей:

1°. Разложеніе глинь, боксина, каолина, фтористаго шпата и приготовленіе чистаго глинозема изъ сѣрно-алюминіевой соли, хлористыхъ и фтористыхъ соединеній алюминія.

2°. Возстановленіе окиси алюминія посредствомъ металлическихъ возстановительныхъ ваннъ, болѣе легкоплавкихъ, чѣмъ алюминій, на примѣръ цинковыхъ, сурьмяныхъ, свинцовыхъ или оловянныхъ. Это возстановленіе происходитъ при посредствѣ сильнаго жара, развиваемаго углемъ или при помощи электрическаго тока.

Первая часть. Разложеніе глинь или иныхъ соединеній происходитъ при помощи или углекислаго натра (соды), отчего образуется силликатъ и алюминій или же при помощи сильнаго нагрѣванія силликатовъ съ плавиковымъ шпатомъ, что удаляетъ кремній въ состояніи фтористаго кремнія, оставляя смѣсь извести съ окисью алюминія; точно также

можно смѣшивать глины или бокситы съ соотвѣствующимъ количествомъ плавиковога шпата и сѣрной кислотой, накаливая все до краснаго каленія.

Выдѣленіе окиси алюминія въ свободномъ состояніи производится при помощи углекислоты или же черезъ обжиганіе угля и сѣрноалюминіевой соли (сѣрнокислаго глинозема).

Вторая часть. Возстановленіе происходитъ при высокой температурѣ и при двойномъ воздѣйствіи возстановительнаго плавня и металла, имѣющаго большое сродство къ кислороду. Такой металлъ, присоединяя свою возстановительную способность къ таковой же способности угля, отчасти окисляется, отчасти же соединяется съ алюминіемъ содержащимся въ обрабатываемомъ матеріалѣ въ видѣ окиси. Получается сплавъ или чистый алюминій, если окись возстановленнаго металла можетъ быть улетучена; это послѣднее условіе достигается при помощи сюръмы и нѣкоторыхъ другихъ металловъ.

Подъ именемъ возстановительныхъ плавней здѣсь слѣдуетъ понимать слѣдующіе: соду съ углемъ, соду, поваренную соль и уголь, глауберову соль съ углемъ. Процессъ можетъ вестись: 1) со смѣсью боксита, плавиковога шпата и однимъ изъ вышеуказанныхъ плавней, 2) съ чистымъ глиноземомъ, или же, наконецъ, 3) съ хлористымъ или фтористымъ алюминіемъ, смѣшаннымъ съ металлической ванной и плавнями.

Возстановленіе можетъ происходить въ тиглѣ съ набивкой угля, снабженнаго внизу чашкой, или же въ отражательной печи съ возстановительными газами.

Способъ Кастнера.

Способъ Кастнера эксплуатируется «Aluminium Compañi limited» въ Ольдбюри, около Бирмингама.

Основанія этого способа одинаковы со способомъ Девиля, почему самъ изобрѣтатель и называетъ его способомъ Девиля-Кастнеръ.

Улучшеніе способа Девиля состоитъ въ слѣдующемъ: 1) полученіе натрія изъ одной соды при низкой температурѣ, 2) полученіе двойного хлористаго алюминія и натрія.

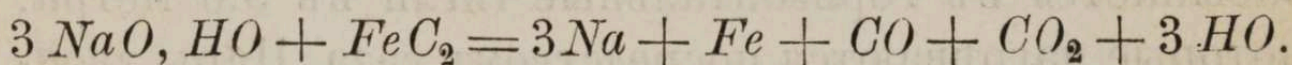
1. Полученіе натрія. Кастнеръ получаетъ натрій изъ одной соды при дѣйствіи на нее искусственнымъ углеродистымъ желѣзомъ при температурѣ въ 1000° , которая такимъ образомъ гораздо ниже температуры, необходимой для полученія натрія изъ углекислой соды въ способѣ Девиля.

Для приготовленія углеродистаго желѣза дѣлается смѣсь состоящая изъ дегтя и желѣза, измельченнаго въ порошокъ и все нагревается въ накрытомъ судѣ. По окончаніи нагреванія образуется твердая масса кокса слѣдующаго содержанія:

Углерода 3%

Желѣза. . . . 7%

Коксъ этотъ, будучи измельченъ, послѣ охлажденія служить непосредственно для полученія натрія; 12 кило ѣдкой соды съ 7—8 кило такого рода кокса даютъ 2 кило натрія согласно слѣдующей реакціи:



Смѣсь засыпается въ большіе закрытые тигли ко-

торые вставляются въ печь; крышка тигля имѣетъ трубу, отводящую пары натрія въ конденсаторъ.

По окончаніи реакціи въ тигляхъ находятъ остатокъ, состоящій изъ

Углекислой соды	77%
Ѣдкой соды	2%
Углерода	2%
Желѣза	19%

Такой остатокъ вѣситъ около 11 килогр. (при нагрузкѣ 12 килогр. Ѣдкой соды) и употребляется для извлеченія чистой углекислой и Ѣдкой соды; желѣзо получается обратно въ видѣ мелкаго порошка и служитъ для дальнѣйшей работы.

Продолжительность реакціи не превышаетъ $1\frac{1}{2}$ часа и такимъ образомъ 3 тигля, могущихъ вмѣстить по 2 кило одной соды, дадутъ 4 кило натрія въ часъ.

Кастнеръ полагаетъ, что по этому способу онъ можетъ получать въ большомъ количествѣ натрій по цѣнѣ 2,76 франк. кило.

Этимъ же способомъ получаютъ калий.

2^о. Полученіе двойного хлористаго алюминія и натрія. Главное условіе, которое должно быть непремѣнно соблюдаемо, есть равномерное поступленіе хлора. Хлоръ, получаемый по способу Вельдона, задерживаемый въ свинцовыхъ газометрахъ, поступаетъ затѣмъ въ смѣсь глинозема, угля и соли. Смѣсь эта засыпается въ горизонтальные тигли въ 3,6 метра, которые нагрѣваются посредствомъ газа. Пары двойного хлористаго алюминія и натрія поступаютъ въ

конденсационныя камеры, сложенные изъ кирпичей гдѣ и осаждаются въ видѣ кристалловъ.

Однако какъ бы чисты ни были употребляемые въ дѣло матеріалы, полученное этимъ способомъ хлористое соединеніе содержитъ всегда значительную примѣсь желѣза; въ виду же того, что для полученія одной вѣсовой части алюминія потребно 10 вѣсовыхъ частей хлористаго соединенія, легко понять, что алюминій, полученный изъ такого соединенія, безъ предварительной очистки, содержалъ бы слишкомъ много желѣза.

Очистка двойного хлористаго алюминія и натрія производится посредствомъ электролиза, описаннаго въ электрическихъ способахъ. (См. способъ Кастнера).

Полученіе чистаго алюминія изъ очищеннаго отъ желѣза двойного хлористаго алюминія и натрія производится согласно указаніямъ Девиля, но съ нѣкоторыми усовершенствованіями, ставящими способъ Кастнера практически примѣнимымъ.

Двойное хлористое соединеніе смѣшивается съ кріолитомъ въ пропорціи 2 : 1; натрій нарѣзывается небольшими тонкими кусками. Такого рода смѣсь засыпается во вращающійся барабанъ, вставляемый въ отражательную печь, доведенную предварительно до температуры, необходимой для реакціи.

Нагрузка барабана составляется обыкновенно такъ: Двойного хлористаго алюминія и натрія 550 килогр.

Кріолита 150 »

Натрія 150 »

Количество получаемаго алюминія ок-ло 60 килогр.

Способъ Фризмута.

Основаніе способа Фризмута слѣдующее: пары натрія и двойнаго хлористаго алюминія и натрія соединяють другъ съ другомъ. Пары эти получаютъ въ двухъ отдѣльныхъ сосудахъ: двойное хлористое соединеніе обращается въ паръ въ присутствіи морской соли при помощи хлора, тогда какъ пары натрія получаютъ черезъ нагрѣваніе до краснаго каленія углекислой соды съ углемъ.

Способъ примѣненъ.

Способъ Вебстера.

Способъ состоитъ въ полученіи хлористаго алюминія изъ квасцовъ, чтобы избѣгнуть примѣси кремнія и желѣза, содержащихся въ глинь. Смѣсь, состоящая изъ 3 частей квасцовъ и 1 части смолы, обжигается при температурѣ въ 250° ; по прошествіи 3 часовъ, смѣсь теряетъ 40% воды. Будучи просушена, она промывается въ соляной кислотѣ до прекращенія выдѣленія сѣрнистаго водорода, и посыпается угольнымъ порошкомъ такимъ образомъ, чтобы получить комки въ 1 ф. вѣсомъ.

Просверливъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ комки, ихъ просушиваютъ въ легкомъ жару въ $40-50^{\circ}$, послѣ чего переносятъ въ тигель, нагрѣтый до краснаго каленія и подвергаютъ дѣйствію пара (дутье: 2 объема пара на 1 об. воздуха), который отнимаетъ отъ нихъ сѣру и углеродъ подъ видомъ сѣрной и угольной кислотъ.

Остатокъ измельчается въ порошокъ и смачивается 7—8 частями воды (по вѣсу), подвергая растворъ кипяченію. Декантированный осадокъ промывается и просушивается. Такимъ образомъ получается вещество, содержащее 84% чистаго глинозема.

Глиноземъ возстановляется углемъ.

По указанію Вебстера, этотъ способъ даетъ 90% экономіи, сравнительно съ прежними способами и кромѣ того, является возможность утилизировать подпродукты для приготовленія синей краски, стоящей 16 франк. кило и могущей замѣнять индиго.

Способъ Вебстера эксплуатируется «Aluminium, Crow Métal Co» въ Голигедѣ около Бирмингана.

Способъ Томсона.

Смѣшавъ 3 части натрія съ 4 частями кріолитоваго порошка, нагрѣтаго до 100° на водяной банѣ, тщательно перемѣшиваютъ смѣсь и охлаждаютъ, прибавивъ къ ней 4 части хлористаго алюминія.

Возстановленіе металла происходитъ въ отражательной печи, предварительно доведенной до температуры краснаго каленія.

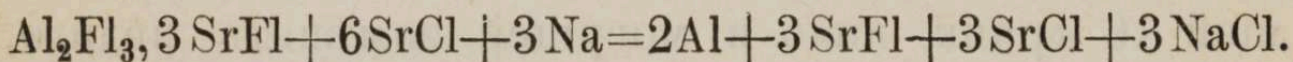
Способъ Бальдвина.

Бальдвинъ въ Чикаго предлагаетъ дѣлать смѣсь изъ боксита, угольнаго порошка и морской соли; эти вещества подъ вліяніемъ жара, реагируя другъ на друга, должны дать въ результатъ сплавъ алюминія съ натріемъ. Натрій, по мнѣнію изобрѣтателя, можетъ быть отдѣленъ отъ алюминія вторичной плавкой съ морской солью.

Если такого рода способъ дѣйствительно осуществимъ, онъ долженъ оказать большое вліяніе на пониженіе цѣны алюминія, имѣя въ виду незначительную стоимость сырыхъ матеріаловъ.

Способъ Фельдмана.

Способъ состоитъ единственно въ плавкѣ смѣси двойнаго фтористаго алюминія и стронція и хлористаго стронція и натрія, отчего долженъ получится алюминій по слѣдующей реакціи:



По окончаніи плавки все промывается чтобы отдѣлить нерастворимый стронцій, служащій для слѣдующей плавки.

Способъ Фори.

Сдѣлавъ смѣсь изъ сѣры, угля и глинозема подвергаютъ ее температурѣ краснаго каленія. Вначалѣ образуется сѣрнистый алюминій и двусѣрнистый углеродъ; при ярко бѣломъ каленіи, по мнѣнію Фори, получается алюминій.

Слѣдуетъ замѣтить, что производство сѣрнистаго алюминія и его возстановленіе, составляло предметъ изысканій многихъ химиковъ, однако безъ видимаго результата.

Способъ этотъ въ общихъ чертахъ одинаковъ со способомъ, предложеннымъ Рейлономъ и Монтаньемъ.

Способъ Форстера (натрій).

Для полученія по этому способу натрія, изобрѣтатель совѣтуетъ вводить въ расплавленную массу

сода, свѣтильный газъ или какіе либо другіе углеводороды.

Способъ Томсана (натрій).

Накаливая въ тиглѣ до температуры краснаго каленія смѣсь, состоящую изъ 2 частей углекислой соды и $1\frac{1}{2}$ част. дегтя, получаютъ твердую массу, которую слегка обжигаютъ въ желѣзныхъ тигляхъ. Обожженная масса засыпается въ тигель изъ огнеупорной глины и доводится до температуры ярко-краснаго калѣнія; происходящіе при накаливаніи газы, собираются въ конденсаторѣ.

Способъ Тоульса (натрій).

Способъ Тоульса для приготовленія натрія состоитъ въ томъ, что въ двухъ отдѣльныхъ тигляхъ накаливаются: въ одномъ ѣдкая сода, въ другомъ уголь; изъ этихъ двухъ тиглей, уголь и накаленная сода спускаются вмѣстѣ въ третій тигель, имѣющій сообщеніе съ двумя первыми. Реакція происходитъ очень быстро и по мнѣнію Тоульса, болѣе совершенно, чѣмъ при смѣшеніи угля и соды на холоду.

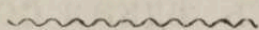
Разные способы.

На ряду со всѣми описанными нами способами, изъ числа которыхъ многіе получили осуществленіе, существуетъ еще много другихъ, на которые слѣдуетъ указать какъ на попытки, сдѣланныя для того, чтобы замѣнить натрій другимъ возстановителемъ,

Въ такомъ направленіи работали:

Кноульсъ и Корбели	испытали ціанъ
Гераръ и Флёри	» углеродисто-водо- родный газъ
Моррисъ и Шапелль	» уголь
Моррисъ	» углекислоту
Лаутерборнъ и Нивертъ	» желѣзо
Кальвѣ	» мѣдь
Дюльсъ, Бассе и Сеймуръ	» цинкъ
Вильдъ	» свинецъ
Вельдонъ	» марганецъ.

Всѣ попытки такого рода были сдѣланы безъ при-
мѣненія электричества и до настоящаго времени не
дали результатовъ.



Заводъ близъ г. Питсбурга.

Заводъ № алюминіевой промышленности г. Питсбурга построенъ изъ желѣза и занимаетъ площадь въ 40×25 метровъ. Часть его занята паровыми котлами, двигателями и динамо-машинами и отдѣлена брандмауэромъ отъ остальной части завода въ которой расположены возстановительные аппараты, печи для обжиганія и тигли для рафинировки. 5 паровыхъ котловъ системы Бабкокъ и Вилькоксъ, изъ которыхъ 3 на 208 силъ и 2 трубчатыхъ на 60 силъ, достаточны для питанія всѣхъ двигателей. Заводъ имѣетъ 3 двигателя системы Вестингауза компаундъ: два въ 210 силъ и одинъ меньшій въ 125 силъ.

4 динамо-машины Вестингауза даютъ токъ надлежащей силы для возстановленія алюминія. Изъ нихъ двѣ динамо-машины имѣютъ скорость вращенія въ 325 оборотовъ въ минуту и должны доставлять во внѣшнюю цѣпь 2,500 амперъ при 50 вольтахъ напряженія; двѣ другія имѣютъ скорость вращенія въ 1060 оборотовъ въ минуту и должны давать 1000 амперъ и 25 вольтъ. Электрическая энергія, которую онѣ могутъ развить расходуется не вся, а часть ея оставляется въ запасъ на могущія встрѣтиться непредвидѣнныя случайности. Двѣ большія динамы, а равно и обѣ меньшія соединены каждая между собой посредствомъ отдѣльной независимой цѣпи. Электрическій токъ передается къ возстановительнымъ аппаратамъ посредствомъ мѣдныхъ

проводниковъ въ 1,25 метровъ, имѣющихъ общее сѣченіе въ 40 □ сантиметровъ. Для другой цѣпи способъ передачи тотъ же, но проводники имѣютъ меньшее сѣченіе. Къ счастью разстояніе, на которое приходится передавать электрическій токъ очень незначительно, такъ какъ этотъ способъ передачи очень дорогъ. Надъ динамо-машинами расположенъ блокъ служащій для перемѣщенія аппаратовъ на случай ихъ порчи для исправленія, хотя приняты всѣ предосторожности, чтобы поправка могла дѣлаться на мѣстѣ въ самое короткое время. Легко понять насколько необходимъ этотъ блокъ, если принять во вниманіе, что каждая большая динамо вѣситъ 24 тонны.

Возстановленіе металла происходитъ въ желѣзныхъ ящикахъ, обложенныхъ углемъ. Сами ящики составляютъ отрицательный электродъ; аноды состоятъ изъ угольныхъ пластинъ, погруженныхъ въ электролитъ поддерживаемый въ огненно-жидкомъ состояніи вольтовой дугой, появляющейся между угольными пластинами и стѣнками ванны. Окись алюминія служитъ нагрузкой.

При проходѣ тока сквозь глиноземъ, онъ разлагается: чистый алюминій отлагается на отрицательномъ полюсѣ, тогда какъ кислородъ, находящійся въ окиси соединяется съ углемъ анода, выделяя углекислоту.

Потребно немного менѣе 1 килограмма угля для того, чтобы получить 1 килограммъ алюминія. Возстановленный металлъ стекаетъ на дно ваннъ, откуда онъ извлекается почти въ чистомъ видѣ. По-

лученный такимъ образомъ алюминій подвергается еще рафинировкѣ. Возстановленіе алюминія происходитъ въ 7 ящикахъ, изъ которыхъ 5 соединены съ 2-мя большими динамо-машинами, а 2 остальные съ 2-мя малыми, посредствомъ отдѣльной самостоятельной цѣпи. Расположеніе аппаратовъ послѣдовательное. Аноды каждого ящика соединенные съ большими динамами, состоятъ изъ двойного ряда широкихъ углей. Эти угли соединены между собой посредствомъ мѣдной ленты, плотно ихъ обвивающей. Металлическая обкладка углей соединена съ проводниками отъ динамо-машины.

Глиноземъ, употребляемый въ дѣло, получается изъ Германіи въ видѣ гидрата окиси, которая предварительно обжигается въ печахъ. Печи эти ничѣмъ не отличаются по конструкціи отъ обыкновенныхъ печей употребляемыхъ для той же цѣли.

Топливомъ для печей, а равно и для всѣхъ другихъ аппаратовъ, кромѣ рафинировочныхъ, служитъ газъ. Полученныя пластины алюминія подвергаются рафинировкѣ, расплавляя ихъ вновь въ графитовыхъ тигляхъ, чтобы выдѣлить всѣ оставшіяся примѣси, а также, чтобы отлить алюминій въ правильные штыки по 5 фунтовъ каждый, размеромъ $30 \times 12 \times 2$ сантим. Алюминій, допускаемый въ продажу содержитъ не менѣе 98,52% чистаго металла. Остающіяся примѣси состоятъ главнымъ образомъ изъ графитообразнаго кремнія, желѣза, мѣди и свинца. Слѣдующій анализъ показываетъ въ среднихъ числахъ встрѣчающіяся примѣси:

Алюминій	98,52	
Графитообразный кремній	0,72	
Кремній въ соединеніи	0,42	
Желѣзо	0,05	
Мѣдь	0,03	
Свинецъ	0,01	
Натрій	слѣды	
Мышьякъ		} нѣтъ
Сѣра		
Фосфоръ		
Кальцій		

Ежедневное производство алюминія достигаетъ 170 килограммъ. Спросъ на алюминій, получаемый заводомъ значительно превосходитъ эту цифру, почему въ настоящее время составленъ планъ на устройство новаго завода, который былъ бы въ состояніи вырабатывать 500 тысячъ килограммъ алюминія въ годъ. Заводъ будетъ построенъ около Питсбурга, въ мѣстности, изобилующей газомъ и углемъ.

Характерная особенность способа, завода Питсбурга состоитъ въ непосредственномъ и безостановочномъ возстановленіи металла. Электролитъ, при посредствѣ котораго возстановляется металлъ, остается неизмѣннымъ и даже послѣ нѣсколькихъ мѣсяцевъ работы не замѣчается значительнаго его уменьшенія и измѣненія¹⁾.

Что касается экономичности этого способа, то слѣдуетъ замѣтить, что ручной трудъ здѣсь обу-

¹⁾ Мы не имѣемъ точныхъ данныхъ касающихся состава электролита.

Словливается *постоянством* процесса; какъ извѣстно въ этомъ случаѣ онъ обходится дешевле нежели при металлургическихъ операціяхъ, неимѣющихъ непрерывности дѣйствія.

Вообще экономичность производства алюминія электролизомъ ясно доказывается тѣмъ, что электролизъ распространяется все болѣе и болѣе даже для металловъ, менѣе цѣнныхъ, чѣмъ алюминій, какъ напримѣръ: цинка, мѣди и другихъ и все болѣе и болѣе вытѣсняетъ старые металлургическіе и химическіе способы. Въ настоящее время путемъ опыта доказано, что чистый глиноземъ не можетъ быть возстановленъ самъ по себѣ въ температурѣ, доставляемой разными печами и различными горючими матеріалами. Одинъ лишь жаръ вольтовой дуги въ состояніи произвести это возстановленіе. Такимъ образомъ единственный способъ, рѣшающій задачу, есть электричество.

Насколько способъ принятый въ Питсбургѣ представляетъ значительную экономію можно видѣть изъ сравненія количества полезной работы съ затраченной. Теоритическій предѣлъ для возстановленія алюминія изъ его окиси электролизомъ есть 1 килограммъ металла въ часъ, при затратѣ 40 паровыхъ лошадей. Изслѣдованія на этомъ заводѣ показываютъ затрату въ 48—50 паровыхъ лошадей на 1 килограммъ полученнаго въ 1 часъ металла. Такимъ образомъ ясно, что пока трудно достигнуть болѣе экономичнаго способа производства.

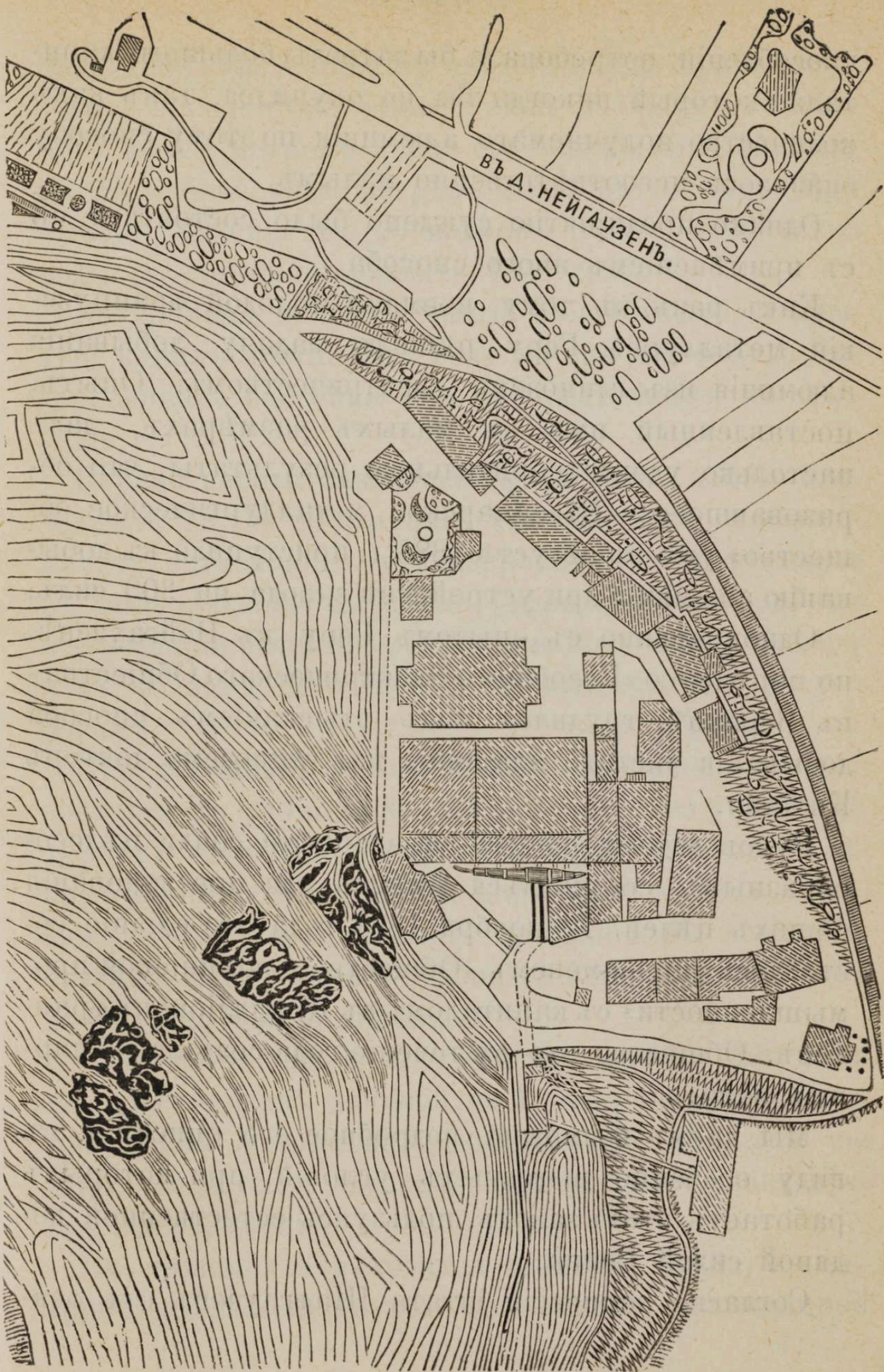
Заводъ близъ Нейгаузена въ Швейцаріи.

«Общество алюминіевой промышленности».

Заводъ Нейгаузена, штата Шафгаузенъ у Рейнскаго водопада славился когда-то своими механическими издѣліями. Однако, по мѣрѣ развитія желѣзнодорожнаго сообщенія и усиленной конкуренціи онъ началъ приходить въ упадокъ и владѣльцы его, братья Нехеръ, рѣшились создать новую промышленность и оживить мастерскія. Они задумали воспользоваться громадными силами Рейна для алюминіевой промышленности, которая въ то время начала волновать печать и всѣхъ предприимчивыхъ людей.

Первоначально предполагалось, по предложенію Клейнера, подвергнуть кріолить дѣйствию вольтовой дуги, но оказалось, что для исполненія этого проекта необходимо было занять у Рейнскаго водопада 15,000 лошадиныхъ силъ и тѣмъ попортить красоту мѣстности, столь тщательно охраняемую швейцарцами.

Къ счастью предпринимателей это обстоятельство помѣшало осуществленію проекта, такъ какъ способъ Клейнера оказался на практикѣ несостоятельнымъ въ виду того, что установка 15 турбинъ въ 1,000 силъ каждая а равно и многихъ другихъ при-



способленій, потребовала бы затраты большого капитала, который никогда бы не окупился, такъ какъ количество получаемого алюминія по этому способу оказалось несоотвѣтственно малымъ.

Однако предпріятію суждено было состояться, но съ примѣненіемъ иного способа.

Какъ разъ къ тому времени молодой французскій металлургъ Геру рѣшилъ задачу добыванія алюминія изъ глинозема электричествомъ. Опытъ, поставленный имъ въ малыхъ размѣрахъ, далъ настолько удовлетворительные результаты, что образовавшееся «Швейцарское металлургическое общество» уже въ августѣ 1888 г. приступило къ добыванію алюминія при устройствѣ завода на 300 силъ.

Одновременно съ опытомъ Геру въ Нейгаузенѣ, по порученію «Всеобщаго Электрическаго Общества» въ Берлинѣ, трудился надъ отысканіемъ способа добыванія чистаго алюминія изъ глинозема докторъ Килиани.

Руководители обоихъ предпріятій сочли цѣлесообразнымъ соединиться вмѣстѣ для преслѣдованія общихъ цѣлей. 12 ноября 1888 года это сліяніе состоялось подъ именемъ «Общества алюминіевой промышленности» съ капиталомъ въ 10 милліоновъ франковъ. Общество это въ теченіе года создало обширный заводъ.

Мы даемъ возможно подробное его описаніе, въ виду особенно выгодныхъ условій, при которыхъ работаетъ этотъ заводъ, пользуясь естественной водяной силой Рейна.

Согласно концессіи штата Шафгаузенъ отъ фев-

раля 1889 года, обществу предоставлено право пользоваться падениемъ рѣки Рейна и брать изъ него воду на 20 метровъ выше его паденія количествомъ въ 20 кубическихъ метровъ воды въ секунду. При высотѣ паденія въ 20 метровъ такое количество воды въ состояніи развить 4000 силъ.

Ко времени покупки завода Обществомъ, открытый каналъ доставлялъ воду на заводъ, откуда изъ деревяннаго бассейна она распредѣлялась по трубамъ.

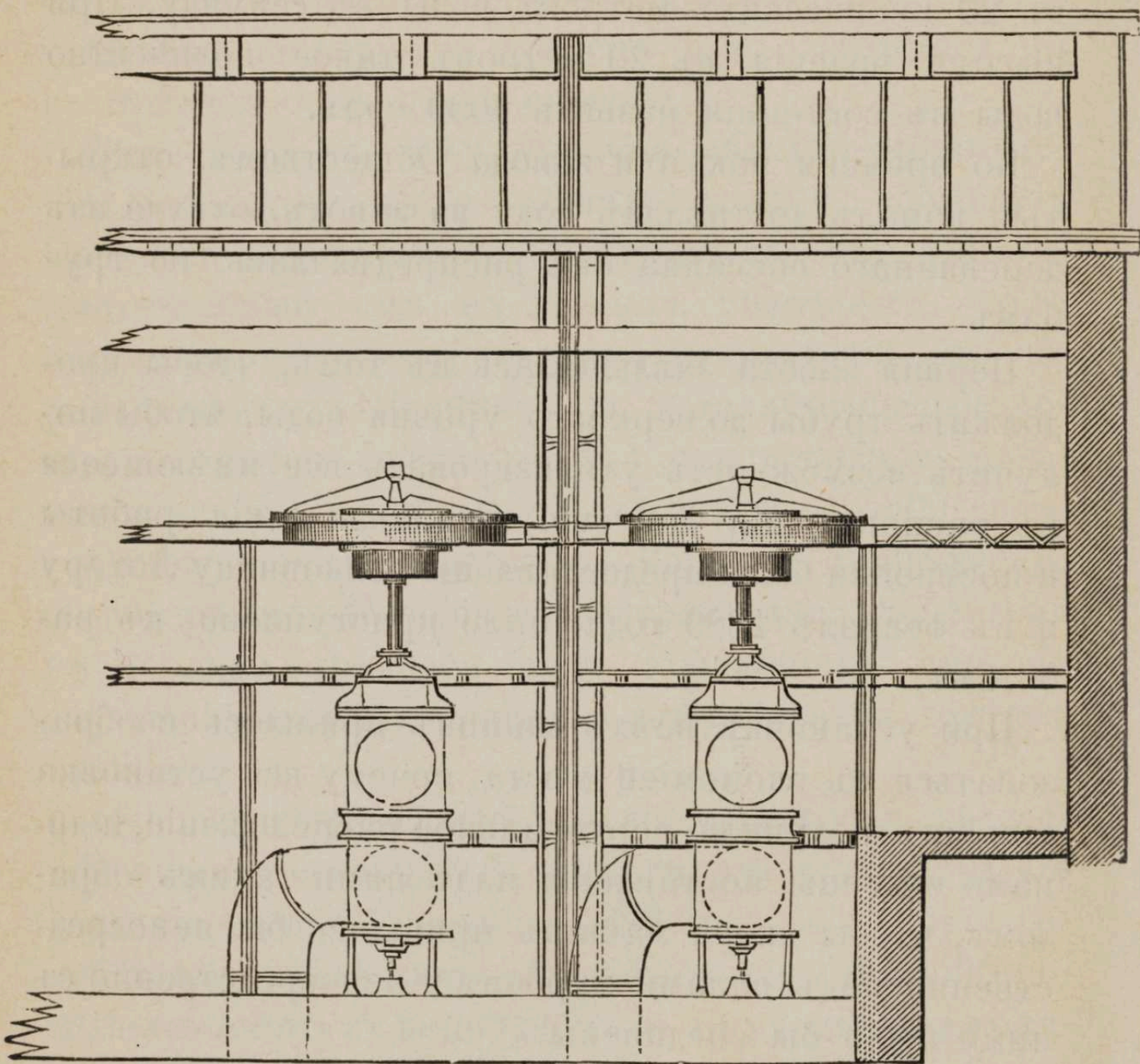
Первая забота заключалась въ томъ, чтобы продолжить трубы до верхняго уровня воды, чтобы получить возможность утилизировать все имѣющееся въ распоряженіи давленіе. Гидравлическія работы и постройки были предоставлены полковнику Лохеру и въ февралѣ 1889 года было приступлено къ работамъ.

При установкѣ всѣхъ машинъ пришлось сообразоваться съ экономіей мѣста, почему вся установка турбинъ получила вертикальное расположеніе, и динамо-машины поставлены надъ ними такимъ образомъ, чтобы якоря машинъ пришлись бы непосредственно надъ валами турбинъ и непосредственно съ ними были бы соединены.

Старое расположеніе машинъ давало 300 силъ на пространствѣ длинной въ 15 метровъ, тогда какъ настоящая установка располагаетъ при той же длинѣ 1500 силъ. Чертежъ показываетъ описываемое расположеніе.

Въ подземельѣ находится главная труба, къ которой придѣлана другая поперечная, изъ которой

отдѣляются трубы, проведенныя къ каждой турбинѣ отдѣльно. Въ подвальномъ этажѣ помѣщены тур-



Чер. 39.

бины и регуляторы, тогда какъ въ первомъ находятся динамо-машины. Надъ динамо-машинами построена большая зала, въ которой расположены всѣ аппараты и приборы для возстановленія, при чемъ

всѣ печи отдѣлены стеклянной перегородкой, чтобы предохранить остальные аппараты отъ порчи.

Общество Эшеръ, Виссъ и К^о въ Цюрихѣ, на которое была возложена постройка турбинъ, должно было сообразоваться со слѣдующими условіями:

Приводить посредствомъ турбинъ непосредственно въ дѣйствіе 3 динамо-машины: 2—въ 600 и 1—въ 300 силъ, пользуясь паденіемъ воды Рейна въ 20—21 метръ брутто. Вслѣдствіе же мѣстныхъ условій и измѣненія высоты водъ у подножія водопада оказалось необходимымъ устроить турбины для давленія лишь въ 17 метровъ паденія воды при уклонѣ всасыванія въ 4 метра.

По причинѣ непосредственнаго соединенія съ динамомашинами, пришлось придать турбинамъ наибольшую скорость вращенія по отношенію къ паденію воды, которымъ располагали, а также по отношенію къ двигательной силѣ, необходимой при условіяхъ производства. Иначе говоря, нужно было построить турбины, отвѣчающія наибольшей полезной работѣ, которыя при большомъ пропускѣ воды имѣли бы наименьшій діаметръ колеса.

Система Жонваль отвѣчала всѣмъ этимъ условіямъ и была принята для установки.

Вода поступаетъ съ верховья въ каналъ, длиною въ 150 метровъ, доходящій до пятой части ширины Рейна. Онъ устроенъ въ видѣ плотины изъ камня, и находится на средней высотѣ лѣтнихъ водъ, такъ что высокая вода протекаетъ поверхъ плотины. (см. планъ). Посреди этого канала находится на подобіе острова постройка для турбины промышлен-

наго общества. Вода доходитъ до этой турбины системы Жонваль, силой въ 400 лошадей, черезъ посредство бетоннаго колодца; здѣсь давленіе дѣйствуетъ также паденіемъ воды въ 10 метровъ съ уклономъ всасыванія въ 3,6 метра. Вода, необходимая обществу для производства алюминія, проведена изъ конца канала. Общество, имѣющее согласно концессіи, право пользоваться 20 куб. метрами воды, потребляетъ лишь половину.

Паденіе воды требуетъ особеннаго устройства трубъ, сдѣланныхъ изъ склепаннаго листового железа, діаметромъ въ 3 метра, съ впускнымъ клапаномъ и регуляторомъ, находящимся на крайней оконечности провода. Клапанъ съ трубой по которой движется вода, сдѣланы изъ чугуна. Оконечность канала соединена подъ прямымъ угломъ съ очень прочной конической трубой, указанной на планѣ, изъ которой вода распредѣляется по трубамъ, направляющимъ ее въ турбины. Коническая труба состоитъ изъ трехъ частей: средняя труба имѣетъ діаметръ въ 3 метра, двѣ же другія, находящіяся по бокамъ 2,2 метра.

Какъ уже было сказано, турбины новой установки, системы Жонваль вертикальной оси, должны развивать: двѣ по 600 силъ, третья же, предназначенная для динамо-машины возбuditеля, — 300 силъ.

Разсчетъ турбинъ основанъ на среднемъ паденіи воды въ 20 метровъ.

Турбины въ 600 силъ построены для объема воды въ 3150 литровъ.

Согласно конструкціи динамо-машинъ и требуе-

мой отъ нихъ работы, турбины были построены съ такимъ расчетомъ, чтобы давать наибольшее число оборотовъ, т. е. 225 въ минуту, почему турбина должна была быть діаметромъ въ 1,1 метра. Колеса имѣютъ по 18 всасывающихъ и выпускныхъ отверстій въ 250 миллиметровъ ширины на разстояніи 192 миллиметровъ.

Оболочка, заключающая колеса, состоитъ изъ двухъ частей, сдѣланныхъ изъ чугуна: верхняя часть, въ которую поступаетъ вода, заключаетъ пріемникъ, нижняя же часть, образуя всасываніе, окружаетъ турбину; къ этой нижней части примыкаетъ колѣнообразная труба, отводящая воду въ нижній уровень рѣки. Ось турбины проходитъ внутри обѣихъ обкладокъ и стоитъ въ пяткѣ. Верхняя оконечность оси соединена непосредственно съ осью динамо-машины посредствомъ изолятора.

Общее давленіе, происходящее отъ вѣса арматуры динамы, вертикальной оси турбины и давленія воды настолько значительно, что невозможно было воспользоваться обыкновенной цапфой и необходимо было принять особое устройство.

Турбина въ 300 лошадей по устройству одинакова съ двумя предыдущими и даетъ 350 оборотовъ въ минуту.

Во время хода самого процесса можетъ случиться, что электрическій токъ внезапно прерывается, и динамо-машины могутъ остаться безъ всякаго сопротивленія. Въ этомъ случаѣ обыкновенный регуляторъ не могъ бы достаточно быстро дѣйствовать и турбина, получивъ двойную, противъ ея нормаль-

наго хода, скорость, моментально уничтожала бы коллекторъ динамы. Для предотвращенія этой опасности придумано было слѣдующее: въ трубу всасыванія непосредственно за верхней камерой былъ вставленъ особый клапанъ—регуляторъ, который автоматически и моментально можетъ быть закрытъ особымъ предохранительнымъ гидравлическимъ двигателемъ, какъ только крайне чувствительный регуляторъ этого послѣдняго превосходитъ извѣстное количество оборотовъ.

Динамо-машины, работающія въ Нейгаузенѣ, построены Эрликономъ.

Ложная идея, до сихъ поръ довольно распространенная и заключающаяся въ томъ, что будто бы, громадныя динамо-машины, для постоянной работы печей, быстро портятся, оказалась невѣрной. Мнѣніе это получило свое основаніе благодаря разнымъ случайностямъ, происходящимъ на заводахъ алюминія въ Америкѣ и Англіи. Однако правильность ихъ дѣйствія въ Нейгаузинѣ и то обстоятельство, что машины работаютъ день и ночь уже болѣе нѣсколькихъ лѣтъ, безъ значительныхъ остановокъ, можетъ служить доказательствомъ, что мнѣніе это неправильно. Въ Нейгаузенѣ довольно долго заставляли работать машины на 15.000 амперъ, тогда какъ онѣ были построены всего для 6.000 амперъ, при чемъ не послѣдовало для нихъ никакого вреда.

Установка Нейгаузена имѣетъ 3 динамо-машины. Двѣ большія, въ 600 силъ каждая, служатъ для восстановленія алюминія, третья же меньшая, въ 300 силъ, служитъ для возбужденія магнитнаго поля

первыхъ двухъ, для освѣщенія завода и для приведенія въ дѣйствіе различныхъ другихъ мелкихъ приспособленій.

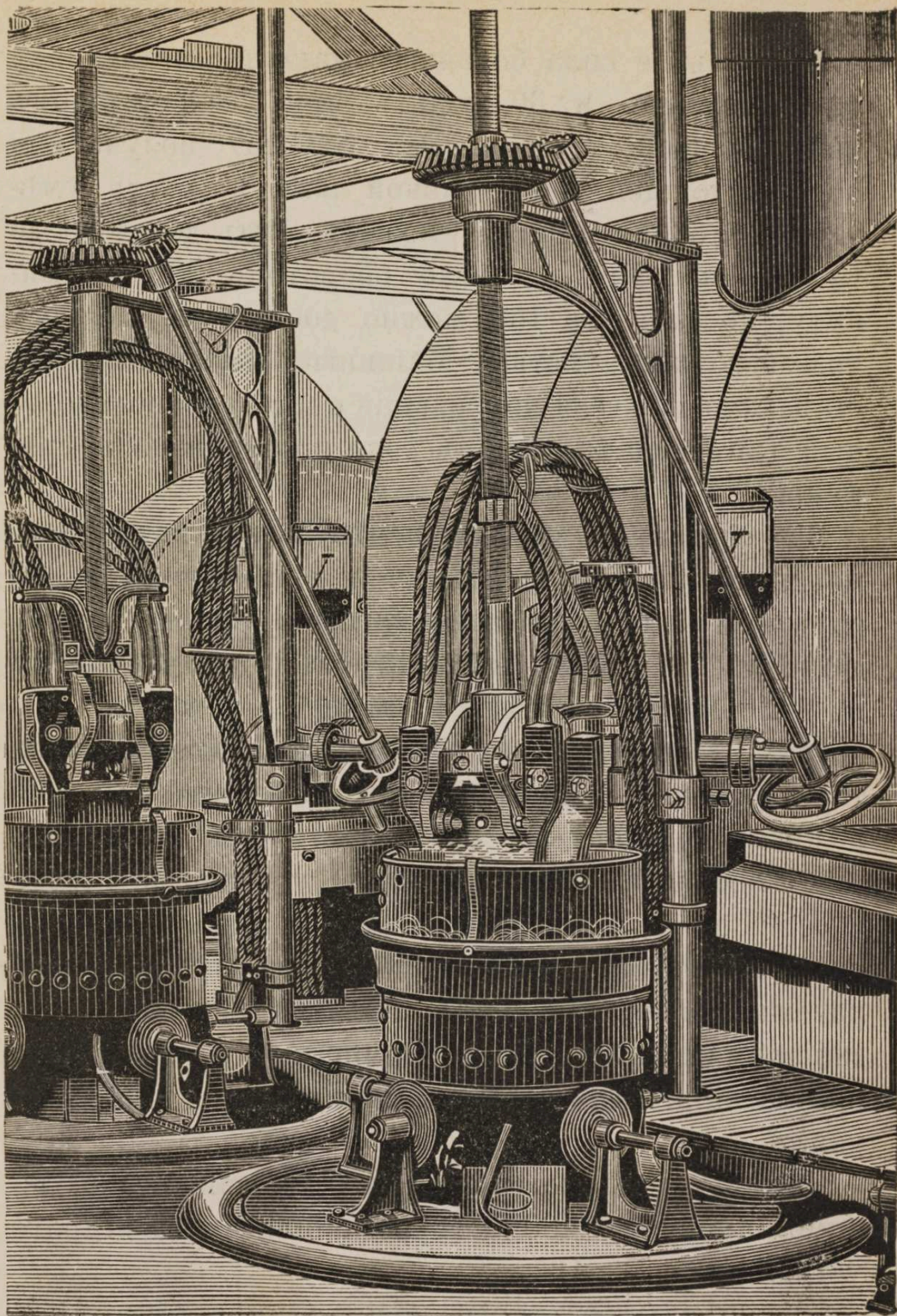
Для образованія магнитнаго поля въ большихъ динамо-машинахъ отлито изъ одного цѣлаго громад-ное колесо со внутренними зубьями, на которые непосредственно намотаны бобины. Кольцо это при внѣшнемъ діаметрѣ въ 3600 миллиметровъ отлито въ мастерскихъ Эрликона и вѣситъ безъ бобинъ 12.000 килограммъ. Внутренній діаметръ, гдѣ находится арматура, имѣетъ 2430 миллиметровъ. Барабанный индукторъ системы Бровна представляетъ ту характерную особенность, что мѣдная проволока не расположена на внѣшней части кольца индуктора, но проходитъ сквозь него черезъ продѣланныя на окружности отверстія. Обмотка черезъ подковообразныя пластины соединена съ коллекторомъ проволокой. Такое расположеніе позволяетъ въ случаѣ порчи удалять каждую пластину или проволоку, не имѣя необходимости снимать всю металлическую обкладку. Индукторъ имѣетъ 240 проволокъ, соединенныхъ съ коллекторомъ въ 120 секцій. Коллекторъ имѣетъ очень большой діаметръ, равняющійся 1800 миллиметрамъ. Его значительная величина обусловливается громадной мощностью тока, превосходящей въ 4—5 разъ мощность, развиваемую самыми большими машинами. Токъ собирается съ коллектора въ 24 мѣстахъ посредствомъ щетокъ, шириной въ 50 миллиметровъ. Такихъ щетокъ имѣется 120, т. е. по 5 штукъ въ каждой точкѣ коллектора, съ котораго собирается токъ; по

12 щеткодержателей соединены съ массивнымъ мѣднымъ кругомъ, отъ котораго токъ передается во внѣшнюю цѣпь; такое же расположеніе устроено для другихъ 12 отрицательныхъ щетокъ.

Эти мѣдные круги были отлиты въ мастерскихъ Нейгаузена. Оба круга каждой динамо-машины вѣсятъ 3000 килограммъ и могли быть отлиты изъ мѣди только при прибавкѣ небольшого количества алюминія. Особый, крайне простой механизмъ, позволяетъ не только поворачивать эти двойные круги со щетками, но даетъ также возможность регулировать и подвигать каждую группу щетокъ въ отдѣльности. Кромѣ того каждая щетка снабжена механизмомъ для подвиганія ея по мѣрѣ уничтоженія.

Противно общепринятому расположенію, при которомъ ось динамо-машинъ располагается горизонтально въ Нейгаузенѣ оси расположены вертикально: арматура расположена на оси турбины, съ которой она и соединена непосредственно.

Одно изъ преимуществъ такого расположенія состоитъ въ легкости наблюденія за щетками, что, благодаря большому ихъ количеству, имѣетъ серьезное значеніе. Кромѣ того мѣдная пыль, происходящая отъ стиранія щетокъ, падаетъ прямо на желѣзо, а не засоряетъ собой внутреннихъ частей машины, что трудно устранить при расположеніи горизонтальномъ. Другія преимущества состоятъ въ наименьшей площади, занимаемой динамо-машинами, а также въ устраненіи потери силы на передачи въ виду непосредственнаго соединенія съ валомъ турбины.

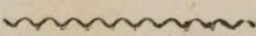


Нормальное сила большихъ машинъ составляетъ 14.000 амперъ и 30 вольтъ при непрерывномъ дѣйствии день и ночь. Эта отдача, получаемая при настоящей непрерывной работѣ, столь умеренна, что при желаніи можетъ быть доведена до $1\frac{1}{2}$ милліона уайтъ. Число оборотовъ 200 въ минуту, но уже при 150 можно достигнуть полного полезнаго ихъ дѣйствія. Машины Нейгаузена представляютъ изъ себя наибольшей когда либо построенный типъ динамо-машинъ тока постояннаго напряженія.

Все сказанное по отношенію большихъ динамо-машинъ одинаково относится и до меньшей, въ 300 силъ; ея кольцо, носящее магниты при внѣшнемъ діаметрѣ въ 2500 миллиметровъ и внутреннемъ въ 1230 миллим. имѣетъ вѣсъ безъ бобинъ 7900 килограм. и состоитъ изъ 8 полюсовъ. Колесо индуктора въ 1200 миллим. діаметромъ имѣетъ 160 проволокъ, соединенныхъ съ коллекторомъ въ 80 секцій. Сообразно числу полюсовъ, эта динама имѣетъ 8 серій щетокъ въ 50 миллим. ширины, при чемъ каждая серія состоитъ изъ 4 щетокъ и такимъ образомъ общее ихъ число 32. При 300 оборотахъ динамо-машина даетъ 3000 амперъ и 65 вольтъ, но при желаніи отдача можетъ быть доведена до 250.000 уайтъ.

Кромѣ того, имѣется еще въ дѣйствии старая динамо-машина, въ 400 силъ, оставшаяся отъ стараго устройства.

Общій видъ возстановительныхъ аппаратовъ Нейгаузена показанъ на черт. 40.



Отдѣлъ III.

Алюминій и его свойства.

Физическія свойства.

Обыкновенно говорится, что алюминій есть металлъ будущаго. Справедливое названіе это онъ получилъ благодаря своимъ особеннымъ свойствамъ, превосходящимъ остальные металлы. Обладая свойствами благородныхъ металловъ, т. е. неокисляемостію, онъ въ тоже время соединяетъ въ себѣ многія характерныя особенности другихъ, какъ напр. гибкость, ковкость, звучность и твердость.

Одно изъ наиболѣе цѣнныхъ качествъ алюминія есть его легкость. Важность этого преимущества становится понятна при примѣненіи алюминія въ общежитіи, гдѣ первенствующее значеніе принадлежитъ объему предметовъ, тогда какъ большій вѣсъ является неизбѣжнымъ, но очень ощутительнымъ зломъ. Его удѣльный вѣсъ $= 2,50 - 2,67$, т. е. алюминій въ 4 раза легче серебра, въ 3 раза легче мѣди и въ 8 разъ легче золота.

Чистый алюминій имѣетъ блестящій бѣлый цвѣтъ, подобно серебру, съ легкимъ сѣроватымъ оттѣнкомъ. Со временемъ этотъ оттѣнокъ становится нѣсколько явственнѣе, но металлъ никогда не тускнѣетъ какъ

серебро. Покрываясь тончайшимъ слоемъ окиси, предохраняющимъ его отъ дальнѣйшаго окисленія, алюминій принимаетъ свой первоначальный видъ при промывкѣ въ слабомъ растворѣ соляной или плавиковой кислоты (2 части на 1000 част. воды.) Въ измельченномъ видѣ онъ сѣроватъ. Продолжительная прокатка и ковка безъ прокладокъ, а равно и самая незначительная примѣсь кремнія увеличиваетъ синеватый цвѣтъ. По мѣрѣ увеличенія кремнія металлъ переходитъ въ синевато сѣрый. При незначительномъ содержаніи желѣза, алюминій принимаетъ такой же матъ, какъ и серебро. Предметъ погружается въ растворъ ѣдкаго натра и оставляется въ немъ до обильнаго появленія пузырей, послѣ чего, будучи хорошенько промытъ въ водѣ, опускается на нѣсколько времени въ крѣпкую азотную кислоту. Кислота поверхностно разъѣдаетъ желѣзо, не дѣйствуя на алюминій; въ свою очередь ѣдкій натръ разъѣдаетъ только алюминій, благодаря чему поверхность, становясь шероховатой, производитъ впечатлѣніе ровнаго мата.

Запаха чистый алюминій не имѣетъ. Алюминій, съ значительнымъ содержаніемъ кремнія, при закаливаніи и раствореніи въ кислотахъ распространяетъ запахъ, происходящій отъ образованія кремнистаго водорода.

Алюминій легко кристаллизуется въ осмигранникахъ. Въ слиткахъ, части, остывающія къ концу, образуютъ ясныя развѣтвленныя иглы, при чемъ онѣ тѣмъ тоньше, чѣмъ металлъ чище.

Въ изломѣ чистый алюминій имѣетъ различный

видъ: прокатанный—онъ жилистъ, иногда мелкозернистъ съ шелковистымъ глянцемъ; будучи отлитъ онъ имѣетъ неровное зерно или гладкую поверхность, совершенно чистую, безъ черныхъ точекъ или прослоекъ. Чистый металлъ рубится долотомъ и не даетъ трещинъ. Алюминій, содержащій 2% примѣсей болѣе хрупокъ, въ изломѣ сѣрый и крупнозернистый, при значительномъ содержаніи кремнія можно различить графитообразныя прослойки.

Желѣзо и мѣдь значительно увеличиваютъ его хрупкость. Сопротивленіе на разрывъ чистаго алюминія—20 килограммъ на квадратный метръ. ?

Сопротивленіе это, какъ мы увидимъ далѣе, значительно повышается отъ механической обработки. Будучи вполне ковкимъ, онъ хорошо плющится, пракатывается въ листы и вытягивается въ тончайшую проволоку, которая хрупка, если она не закалена. Въ нагрѣтомъ состояніи алюминій настолько мягокъ и тягучъ, что, подобно серебру, вытягивается въ тончайшія нити и листы. Будучи сильно прокатанъ или тянутъ въ холодномъ состояніи, онъ отлично пружинитъ и обладаетъ значительною твердостью, не уступающей многимъ металламъ.

Алюминій плавится при 625° С. Расплавленный металлъ обладаетъ красивымъ блескомъ и напоминаетъ ртуть; становясь очень жидкимъ, онъ чрезвычайно рельефно выполняетъ мельчайшія части формы. Густота металла свидѣтельствуетъ о томъ, что онъ содержитъ много примѣсей въ видѣ кремнія, вольфрама, бора и др. Примѣсь тугоплавкихъ ме-

талловъ, какъ напр. желѣза, придаетъ расплавленному металлу видъ клейстера. Чистый металлъ такъ же принимаетъ такой киселеобразный видъ передъ застываніемъ,—другими словами, переходъ отъ жидкаго состоянія къ твердому не непосредственный, а постепенный. Не смотря на низкую температуру плавленія, плавка алюминія требуетъ много времени. Поэтому остываніе расплавленнаго металла идетъ очень медленно. Раскаленный до красна тигель, содержащій около 30 килогр. алюминія, можетъ простоять непокрытымъ $\frac{3}{4}$ часа, пока металлъ отвердѣетъ; металлъ еще накаленъ, когда тигель давно уже успѣлъ потемнѣть. Слитокъ въ пудъ вѣса, черезъ $1\frac{1}{2}$ часа послѣ отливки, еще нельзя взять въ руки.

Теплоемкость алюминія почти равна теплоемкости угля; она вдвое больше теплоемкости желѣза, мѣди и никкеля и въ четыре раза больше серебра и олова.

Теплопроводность алюминія = 665, принимая теплопроводность серебра = 1000. Линейное расширеніе при нагрѣваніи отъ 0—100°C = 0,002218.

Аллюминій не обладаетъ магнитными свойствами, обнаруживая ихъ только въ слабой степени при содержаніи желѣза.

Усадка при литвѣ въ песокъ при возможно низкой температурѣ составляетъ 1,8%.

Атомный вѣсъ алюминія равенъ 27,5; химическій его эквивалентъ 13.75; электрохимическій эквивалентъ 0,143 миллиграмма.

Количество алюминія, отложеннаго въ часъ однимъ амперомъ равно 0,343 миллиграмма.

Теплоемкость алюминія составляла предметъ изысканій многихъ ученыхъ:

0,2145	Реньо
0,2020	Коппъ
0,2185	Марготтэ.

По Матиссену электрическое сопротивленіе одного метра алюминіевой проволоки въ 1 миллимет. сѣченія, по сравненію съ другими металлами, составляетъ:

Серебро	0,01937
Мѣдь	0,02056
Золото	0,02650
Алюминій	0,03751
Желѣзо	0,12510

Такимъ образомъ сопротивленіе алюминія почти вдвое болѣе серебра и мѣди и составляетъ четверть сопротивленія желѣза.

Алюминій есть хорошій проводникъ тепла.

При дѣйствіи жара, около 550°, онъ принимаетъ густую, тѣстообразную форму и при этой температурѣ можетъ спаиваться при сильномъ прессованіи; въ этомъ состояніи онъ не можетъ подвергаться ковкѣ.

Механическая обработка алюминія (прокатка и ковка) значительно увеличиваетъ его твердость. Холодная прокатка и ковка придаетъ алюминію

сопротивленіе литого артиллерійскаго металла и ставить его выше цинка, олова и даже прокатанной въ нагрѣтомъ состояніи мѣди. Слѣдующія данныя выражаютъ крѣпость алюминію, по отношенію способа его обработки:

Способъ обработки.	Предѣлъ упругости въ килограммахъ при 1 □ миллиметрѣ сѣченія	Сопротивленіе на разрывъ въ килограммахъ при 1 □ мил. сѣч.
Отлитый металлъ .	4,25 кгм.	10,60 кгм.
Прокатный » .	8,40 »	17,00 »
Протянутый » .	11,30 »	20,40 »
Кованный » .	10,00 »	20,00 »

Легко замѣтитъ, что предѣлъ упругости (достигнутъ) лишь при силѣ, равной $1\frac{1}{2}$ той, которая соотвѣтствуетъ сопротивленію на разрывъ.

Слѣдующія данныя, указанные въ таблицѣ № 6 добыты практикой. Слѣдуетъ лишь замѣтитъ что всѣ опыты дѣлались надъ алюминіемъ почти химически чистымъ, заключающимъ обыкновенныя примѣси желѣза и кремнія въ очень незначительномъ количествѣ.

Одинъ и тотъ же кусокъ подвергался иногда нѣсколькимъ обработкамъ. Въ прилагаемой ниже таблицѣ нѣкоторые образцы алюминія содержатъ значительное содержаніе желѣза и кремнія и скорѣе могутъ рассматриваться какъ сплавъ, однако они помѣщены въ таблицу, чтобы дать наглядное представленіе о вліяніи на алюминій желѣза и кремнія.

Таблица VI.

№.	Составъ металла			Способъ обра- ботки.	Сопротив- леніе на разрывъ въ кило на милл.	Удлиненіе.
	Алюми- ній.	Жельзо	Крем- ній.			
1.	99,5	0,18	0,32	{ Литой	10 кгрм.	20%
				{ Кованный	12,3 »	9,25
2.	98,22	1,28	0,50	{ Литой	10,95 »	2,42
				{ Кованный	15,45 »	9,25
3.	98,65	1,1	0,23	Прокатной	16,5 »	7,1
4.	98,04	0,63	1,33	{ Литой	12,3 »	6,43
				{ Кованный	13,9 »	21
5.	97,67	0,59	1,74	{ Литой	12,4 »	8,57
				{ Кованный	12,3 »	9,18
6.	97,50	1,06	1,44	{ Литой	12,80 »	6,66
				{ Кованный	14,97 »	1,83
7.	96,80	1,60	1,60	{ Литой	14,5 »	3,57
				{ Кованный	15,5 »	10
				{ Прокатной въ холодн. состояніи	23,5 »	3
8.	94,3	1,30	4,4	{ Прокатной отожженный (400°)	15,1 »	17
9.	92,60	1,30	6,10	{ Литой	12,6 »	1,53
				{ Кованный	15,6 »	2,75
10.	91,54	0,30	8,16	{ Прокатной на холоду	18 »	11,4
11.	89,80	1,57	8,90	{ Литой	17,1 »	2,85
				{ Прокатной	19,7 »	9,18

12.	89,60	1,4	9	{ Прокатной			
				{ на холоду 20 » 1,4			
				{ Отожжен. 18 » 3			
13	93,40	6,6	слѣды	{ Литой 6,2 » 0,7			
				{ Кованный 7,75 » 0			
14.	86,80	0,4	12,8	{ Прокатной			
				{ на холоду 18,8 » 7%			

Изъ приведенныхъ цифръ вытекаетъ нѣсколько замѣчаній:

1^о Содержаніе кремнія въ чистомъ алюминіи, противно общераспространенному мнѣнію со времени изысканій Девиля, далеко не портятъ качества чистаго алюминія придавая ему *твердость и сопротивленіе на разрывъ, не измѣняя въ значительной степени всѣхъ его остальныхъ качествъ*. Напротивъ того примѣсь желѣза вредна.

2^о Строеніе кремнистаго алюминія при содержаніи желѣза, не свыше 0,5%, вполне похоже на строеніе чистаго алюминія. Будучи очень однороднаго состава этотъ алюминій не подвергается раздѣленію при медленномъ охлажденіи (ликваціи).

Однако все же онъ болѣе легко окисляется въ расплавленномъ состояніи. Температура плавленія близко подходит къ чистому алюминію.

3^о. Вообще можно принять, что обыкновенный *продажный алюминій* оказываетъ сопротивленіе на разрывъ отъ 10—15 килограммъ на 1 квадрат. миллиметръ при среднемъ удлиненіи въ 15%.

Сплавы алюминія съ кремніемъ при содержаніи этого послѣдняго отъ 6—10% обладаютъ сопротивленіемъ, доходящемъ до 25 килогр. на 1 квад. мил.

лиметръ при 10⁰/₀ удлиненія. Мы увидимъ далѣе, въ отдѣлѣ сплавовъ его примѣненія.

4⁰ Сплавы алюминія представляютъ крайне интересныя и характерныя особенности, которыя могутъ быть замѣчены изъ выше приведенной таблицы (8 опытъ); такъ, при обжиганіи въ продолженіи часа при 400⁰, совершенно измѣняются его свойства. Тотъ же сплавъ, который, будучи прокатанъ, имѣлъ сопротивление на разрывъ въ 25,5 килограмма при удлиненіи, не превосходящемъ 3⁰/₀, послѣ упомянутого обжиганія представлялъ сопротивление въ 15,1 килограммъ при 17⁰/₀ удлиненія.

Нѣтъ никакого сомнѣнія, что путемъ соотвѣтствующаго отжиганія и температуры, возможно получить произвольно желаемое сопротивление металла, соотвѣтствующее крайнимъ цифрамъ таблицы.

Андре Лешателье, выпустивъ интересное сочиненіе по этому поводу, дѣйствительно приходитъ къ тому же заключенію по отношенію всевозможныхъ сплавовъ.

5⁰ Тогда какъ сплавы кремнія--алюминія сохраняютъ всѣ качества металла при содержаніи кремнія до 10⁰/₀, сплавы съ желѣзомъ быстро ихъ теряютъ. Содержаніе желѣза не должно превышать 1⁰/₀ если желаютъ имѣть доброкачественный металлъ.

При содержаніи желѣза до 6,6⁰/₀ сопротивление на разрывъ падаетъ до 7 килограммъ, металлъ представляетъ кристаллическое строеніе и становится хрупкимъ; при болѣе значительномъ содержаніи желѣза, доходящемъ до 10⁰/₀, качества его еще

болѣе ухудшается, но температура плавленія почти не отличаются отъ чистаго алюминія.

6° Употребляя алюминій для сплавовъ слѣдуетъ брать его въ возможно чистомъ видѣ, такъ какъ качества сплава значительно ухудшаются и измѣняются отъ присутствія постороннихъ примѣсей.

Слѣдующая таблица ясно показываетъ справедливость только что высказаннаго, при чемъ изслѣдуемый сплавъ, мѣдь—алюминій, или такъ называемая алюминіевая бронза, была составлена прибавкой 2% мѣди, тогда какъ составъ алюминія измѣнялся.

Составъ металла				Способъ обработки.	Сопротивленіе	
Алюми- ній.	Желѣ- зо.	Крем- ній	Мѣдь.		разрыву.	Удлинен.
97,5	0,18	0,31	2	{ Литой	16	18,3%
				{ Кованный	15,4	15
95,86	1,57	1,57	2	{ Литой	15,7	4,3
				{ Кованный	18,8	6,7
95,60	1,04	1,41	2	Литой	17,47	7,94
87,71	1,57	8,72	2	{ Литой	5,5	0
				{ Кованный	9,4	0

Кованный алюминій содержащей 2% мѣди представляетъ сопротивленіе на разрывъ 16 килогр. на 1 □ милл. при удлинении въ 18%; остальные цифры таблицы показываютъ насколько уменьшаются эти качества въ сплавѣ при содержаніи постороннихъ примѣсей.

Химическія свойства.

Чистый алюминій противустоитъ сухому и влажному воздуху, какъ при обыкновенной температу-

рѣ, такъ и въ краснокалильномъ жару, что составляетъ его характерную особенность и ставитъ его на ряду съ металлами благородными. Въ этомъ отношеніи онъ лучше всѣхъ металловъ за исключеніемъ золота и платины. Его можно безнаказанно плавить на открытомъ воздухѣ, не засыпая поверхности углемъ, такъ какъ онъ не боится окисленія; только на поверхности онъ покрывается тончайшей пленкой, предохраняющей его отъ дальнѣйшаго окисленія. При темнокрасномъ каленіи, алюминій можно легко плавить вмѣстѣ съ селитрой, что нисколько не измѣняетъ его свойствъ, при условіи, чтобъ плавка не производилась въ глиняныхъ или графитовыхъ тигляхъ, такъ какъ послѣдніе передаля бы алюминію кремній. Лучше всего употреблять тигли, сдѣланные изъ глинозема и алюмината натрія. Неокисляемость метала доходитъ до того, что окиси желѣза, свинца, мѣди, марганца, цинка и др. металловъ при красномъ каленіи еще не возстановляются. При нагрѣваніи богатыхъ алюминіемъ сплавовъ, постоянно окисляется больше мѣди, чѣмъ алюминія. Только при ярко-красномъ каленіи алюминій разлагаетъ окиси желѣза и мѣди, благодаря чему, онъ является лучшимъ возстановителемъ и рафинирующимъ средствомъ. Дѣйствіе его въ этомъ отношеіи гораздо сильнѣе всѣхъ остальныхъ веществъ, употребляемыхъ для той же цѣли, какъ напр. кремнія, марганца, фосфора, магнія и натрія. Алюминій возстановляетъ со взрывомъ окиси мѣди и свинца.

Вода также не дѣйствуетъ на алюминій ни при обыкновенной температурѣ, ни при кипяченіи; да-

же въ раскаленномъ состояніи металлъ почти не измѣняется отъ дѣйствія водяныхъ паровъ. Если алюминій покрывается въ водѣ бѣлыми клочьями, то это объясняется присутствіемъ постороннихъ металловъ, образующихъ съ алюминіемъ и водою гальваническую пару. Морская вода имѣетъ на него слабое дѣйствіе.

Сѣрнистый водородъ не оказываетъ никакого на него дѣйствія.

Сѣра также не дѣйствуетъ на алюминій, когда онъ нагрѣвается въ сѣристыхъ парахъ до краснаго каленія, однако при высокой температурѣ, по мнѣнію Девиля, онъ непосредственно соединяется съ сѣрой, образуя сѣрнистый алюминій.

Алюминій содержащій примѣсь кремнія выдѣляетъ *кремнистый водородъ* при раствореніи въ соляной кислотѣ, причемъ выдѣляется не весь кремній, а лишь незначительная его часть, остальной же кремній остается въ осадкѣ въ видѣ графита.

Вліяніе кислотъ. **Сѣрная кислота** различной крѣпости оказываетъ крайне слабое дѣйствіе на алюминій на холоду; въ нагрѣтомъ состояніи концентрированная кислота растворяетъ его выдѣляя сѣристую кислоту. Девиль оставлялъ на нѣсколько дней крупинки алюминія въ 1 миллиграммъ въ слабомъ и крѣпкомъ растворѣ сѣрной кислоты и не замѣчалъ въ нихъ никакой убѣли.

Азотная кислота, слабая или концентрированная при обыкновенной температурѣ не оказываетъ никакого вліянія на алюминій.

При кипяченіи она лишь въ слабой степени его

растворяетъ. Раствореніе это столь незначительно что Девилль даже отказался отъ такого рода растворенія алюминія при анализахъ. На основаніи этого было предложено замѣнить платину алюминіемъ въ элементахъ Грове.

Смѣсь концентрированной сѣрной и азотной кислотъ, при кипяченіи дѣятельно растворяетъ алюминій образуя сѣрнокислый алюминій и выдѣляя обильные вредные газы.

Соляная кислота есть довольно дѣятельный растворитель алюминія. Все же, когда металлъ находится въ химическо-чистомъ видѣ, раствореніе происходитъ довольно медленно, образуя хлористый алюминій и выдѣляя водородъ.

Органическія кислоты уксусная, щавелевая и т. п. не дѣйствуютъ на алюминій. 4% уксусная и 1% лимонная кислоты даже въ присутствіи поваренной соли слабо растворяютъ алюминій. Только послѣ 14 часовъ кипяченія 4% уксусной кислоты съ солью, была замѣчена потеря въ 0,29% т. е. менѣе желѣза, олова, серебра и мѣди.

Кислоты бромисто, іодисто и фтористо водородныя оказываютъ на алюминій дѣйствіе сходное съ соляной кислотой.

Растворы щелочей, кали и натра наиболѣе дѣятельно растворяютъ металлъ, образуя алюминаты и выдѣляя кислородъ. Щелочи эти въ безводномъ расплавленномъ состояніи не оказываютъ на алюминій дѣйствія.

Влажная поваренная соль, плавиковый шпатъ, поташъ кремнекислые и борнокислые соли разрушаютъ алюминій довольно быстро.

Хлоръ разрушаетъ алюминій немедленно, то же самое можно сказать по отношенію къ другимъ галлоидамъ. Боръ сильно измѣняетъ свойства алюминія, отнимая у него способность плющиться. Алюминій имѣетъ большое сродство къ кремнію, такъ что всѣ почти кремнистыя соединенія разлагаются имъ.

Газообразный амміакъ, особенно слабый его растворъ, въ видѣ котораго онъ содержится въ воздухѣ, не отнимаетъ у алюминія даже глянца.

Морская вода также мало дѣйствуетъ на металлъ.

Органическія изверженія въ видѣ пота, слюны и гноя дѣйствуютъ на алюминій крайне слабо.

Къ металлическимъ солямъ алюминій относится также какъ къ соотвѣтствующимъ кислотамъ.

Въ очень размельченномъ состояніи, при начинающемся красномъ каленіи, алюминій можетъ значительно окисляться водяными парами, при обыкновенной же температурѣ онъ и въ мельчайшемъ видѣ не окисляется.

На практикѣ важно его отношеніе въ расплавленномъ видѣ къ плавнямъ: щелочи углекислыя (сода, поташъ) и сѣрнокислыя (глауберова соль) окисляютъ его немедленно: бура и кремнекислыя соли разлагаются алюминіемъ, при чемъ боръ и кремній соединяются съ металломъ дѣлая его хрупкимъ и сѣрымъ. Азотнокислыя щелочи не оказываютъ вліянія на металлъ. Лучше всего не употреблять плавней.

Уголь не соединяется съ алюминіемъ ни въ какой степени.

Обработка чистаго алюминія.

Обработка инструментами. Алюминій въ чистомъ видѣ будучи очень мягокъ, сильно загрязняетъ инструменты при пиловкѣ, строганіи и обточкѣ. Происходитъ это потому что частицы металла плотно прилипаютъ къ поверхности инструмента, что можетъ быть легко устранено частой смазкой масломъ, причемъ не слѣдуетъ лишь употреблять слишкомъ легкихъ маселъ (бензина, керосина и др.). Напильники и рашпили, сильно притупляющіеся отъ загрязненія, легко очищаются погружая ихъ не надолго въ крѣпкій щелочной растворъ, послѣ чего они промываются въ водѣ и высушиваются въ опилкахъ.

Разрѣзать алюминій на куски легче всего пилкой которая, будучи смазана масломъ, рѣжетъ металлъ какъ дерево.

Для рѣзбы по алюминію, его смазываютъ 4 частями скипидара съ 1 частью стеариновой кислоты или оливковымъ масломъ съ ромомъ, такъ какъ при несоблюденіи этой предусмотрительности рѣзецъ сильно скользитъ.

Полировка алюминія достигается нѣсколькими последовательными способами: 1—металлъ оживляется при помощи щетки на станкѣ, 2—полируется самымъ мелкимъ наждакомъ съ саломъ, послѣ чего отдѣляется треплемъ съ масломъ, 3—полировку оканчиваютъ мягкой тряпкой, чтобы снять сало и придать глянецъ.

2. Плавка и отливка. Алюминій плавится безъ при-

бавки какихъ либо плавней и металлъ слѣдуетъ прибавлять понемногу во время плавки.

Плавится чистый алюминій въ простыхъ глиняныхъ тигляхъ, не боясь соединенія металла съ кремніемъ, если не употреблять плавней, при чемъ не слѣдуетъ превышать температуру его плавленія.

Если температура не доведена до черемърной, сцѣпленіе частицъ алюминія между собой гораздо сильнѣе притяженія стѣнокъ тигля и кажется, будто металлъ не соприкасается съ его стѣнками. При прибавкѣ же плавней, онъ немедленно прилипаетъ къ тиглю и начинаетъ соединяться съ кремніемъ глины.

Алюминій можно плавить и въ желѣзныхъ тигляхъ, если соблюдать предосторожности относительно температуры. При темнокрасномъ каленіи алюминій еще не соединяется съ желѣзомъ и даже если подобное соединеніе произошло, то точка плавленія такого сплава очень высока и сплавъ этотъ покрываетъ лишь стѣнки тигля, не смѣшиваясь съ металломъ.

Однако, при употребленіи глиняныхъ или желѣзныхъ тиглей, нужно быть очень осторожнымъ, особенно съ неумѣлыми рабочими, потому что незначительная ошибка, особенно по отношенію температуры, можетъ испортить металлъ. Поэтому всегда бываетъ полезно выложить тигель внутри чистымъ углемъ или смѣсью нейтральной окиси съ дегтемъ¹⁾.

1) Такого рода тигли, а равно чистый алюминій во всевозможныхъ видахъ и его сплавы можно имѣть въ Россіи у представителя алюминіевыхъ заводовъ Гольцауера, въ Петербургѣ.

Такой тигель служить очень долго и дѣлаетъ качество маталла внѣ зависимости отъ надежности и опытности рабочихъ.

При плавкѣ слѣдуетъ наблюдать за тѣмъ, чтобы при прибавкѣ топлива не попадали въ тигель кусочки кокса. Значительное количество алюминія плавится въ пламенной печи, но при условіи, чтобы плавильное пространство было выложено углемъ или предыдущей смѣсью дегтя, а отопленіе производилось дровами или газомъ. Наилучшій, безспорно, результатъ достигается при электрической плавкѣ, на заводахъ располагающихъ достаточной электрической энергіей.

Температура доводится до темно-краснаго каленія, Однако не смотря на столь низкую температуру, плавка его требуетъ много времени и теплоты, благодаря значительной скрытой теплоты.

Поэтому перегрѣтый металлъ долженъ долго стоять, пока охладится до температуры, позволяющей производить отливку. Такъ, на примѣръ, тигель съ 20—30 кило алюминія, нагрѣтый до ярко-краснаго каленія, долженъ простоять $1\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ часа, пока онъ приметъ годную для отливки температуру.

Выжидая самый выгодный для отливки алюминія моментъ, не нужно опасаться, что металлъ не потечетъ, потому что онъ при едва замѣтномъ красномъ каленіи уже настолько жидокъ, что выполняетъ мельчайшія части формы. Между тѣмъ какъ металлы въ родѣ мѣди въ расплавленномъ состояніи очень густы, алюминій, напротивъ, отличается своей жидкостью и текучестью и его не приходится

перегрѣвать выше точки плавленія, какъ то необходимо для другихъ металловъ.

Пока температура не превышаетъ указанной нормы, не слѣдуетъ также опасаться, что при отливкѣ въ песокъ произойдетъ поглощеніе кремнія. Только металлъ, предназначенный для переплавки, долженъ быть тщательно очищенъ отъ песка.

Когда тигель вынуть изъ печи, металлъ хорошенько и быстро перемѣшивается желѣзной ложкой съ отверстіями, согнутой подъ прямымъ угломъ, наблюдая, чтобы не дать ложкѣ нагрѣться до краснаго каленія, и вынуть ее какъ только металлъ перестанетъ къ ней прилипать. Перемѣшивать можно также обугленной палкой.

Передъ самой отливкой, если металлъ перегрѣтъ и ему дали стоять, онъ снова перемѣшивается, снимается пѣна, слегка отодвигается тонкая пленка образовавшейся окиси и производится отливка.

Литье слѣдуетъ производить какъ можно медленнѣе, чтобы дать возможность металлу рельефно заполнить всѣ тончайшія части формы. Это послѣднее условіе очень важно, благодаря значительной усадкѣ алюминія. Чѣмъ литье медленнѣе, тѣмъ чище выходитъ отливка.

Алюминій хорошо отливается въ металлическія формы; но для тонкихъ вещей, имѣющихъ значительныя рельефы, наилучшая отливка въ песокъ.

Если желательно, чтобы отливки въ песокъ сохранили красивый серебристый цвѣтъ чистаго металла, слѣдуетъ отливать при возможно низкой температурѣ, потому что иначе цвѣтъ легко измѣняется.

Однако и въ этомъ случаѣ онъ легко можетъ быть возстановленъ плавиковою кислотой или щелочью.

Никогда не слѣдуетъ посыпать форму графитомъ, отчего цвѣтъ значительно ухудшается.

При формовкѣ слѣдуетъ принимать во вниманіе значительную усадку алюминія (1,8%), почему массивныя части болѣе крупныхъ отливокъ должны быть снабжены большими прибылями и возможно широкими отверстіями. Литники и каналы должны быть цилиндрической формы и, если дѣлаются коническими, то внутри шире и уже наружу.

Отливки, діаметръ которыхъ различенъ въ разныхъ частяхъ, легко разрываются, поэтому слѣдуетъ разнимать форму какъ можно раньше и осторожно счищать песокъ. По этой же причинѣ не слѣдуетъ дѣлать слишкомъ крѣпкой формовки и не пересушивать ея, чѣмъ избѣгается свариваніе песка и подача формы.

Порча отливокъ шлаками при чистомъ алюминіи не бываетъ, потому что, благодаря низкой температурѣ, алюминій при переливкѣ изъ тигля въ форму не окисляется, а также потому что если бы окисленіе произошло, пленки успѣваютъ всплыть на поверхность.

При отливкѣ въ кокили температура должна быть нѣсколько выше такъ какъ отъ слишкомъ быстрого остыванія, воздухъ и пленки не успѣютъ всплыть на поверхность. Уменьшить эту опасность можно нагрѣвая сильно кокили.

Потеря при переплавкѣ массивныхъ кусковъ не болѣе, чѣмъ у другихъ металловъ и колеблется отъ

2—6⁰/₀. При переплавкѣ стружекъ и мелочи, потеря простирается до 10—15⁰/₀ и при плавкѣ опилокъ доходить до 60⁰/₀. Прилипшее къ опилкамъ масло мѣшаетъ полному соединенію частицъ и для того чтобы избѣжать этого слѣдуетъ чаще перемѣшивать.

3. Ковка. Чистый алюминій куется превосходно какъ въ холодномъ, такъ и въ нагрѣтомъ состояніи. Если металлъ при проковкѣ тончайшей иглы не даетъ трещинъ, это можетъ служить доказательствомъ, что онъ не содержитъ болѣе 2⁰/₀ примѣсей.

Алюминій кованный и прокатанный въ нагрѣтомъ состояніи очень мягокъ и обладаетъ незначительной крѣпостью, тогда какъ ковка и прокатка въ холодномъ видѣ придаютъ ему крѣпость фосфористой бронзы, увеличивая его твердость и упругость. Такимъ образомъ слѣдуетъ при ковкѣ и прокаткѣ нагрѣвать металлъ лишь когда онъ начнетъ пружинить, но не переходитъ при этомъ за температуру въ 450⁰ С.

Опредѣляется эта температура опытнымъ путемъ легко, для чего на наклоненную поверхность металла, пускаютъ каплю машиннаго масла, которая по правильно нагрѣтому металлу должна скатиться, не оставляя никакого слѣда. Если капля катится оставляя жирный слѣдъ, металлъ не догрѣтъ; на перегрѣтомъ металлѣ масло образуетъ коричневое и черное пятно. Появленіе дыма отъ соприкосновенія съ деревомъ указываетъ также на перегрѣтость. Сохраняя температуру въ 450⁰ С, ковка его значительно облегчается, но если желаютъ ему

придать твердость и жесткость онъ долженъ работать на холоду.

4. Прокатка. Алюминій прокатывается столь же хорошо какъ золото и серебро. Прокатывается онъ на столько хорошо, что фольга начинаетъ замѣняться алюминіемъ.

Чтобы придать металлу форму для прокатки, изъ него отливаются въ кокиляхъ большіе бруски, которые по очисткѣ разрѣзаются на плиты, поверхность которыхъ шлифовкой сглаживается отъ слѣдовъ пилы. Затѣмъ плиты нагрѣваются въ пескѣ до температуры, приведенный выше дляковки, т. е. 450°C .

Сквозь первые вальцы металлъ слѣдуетъ пропускать всегда въ нагрѣтомъ состояніи и только начиная съ толщины въ 6 миллим. до 0,5 миллим. и далѣе, прокатка можетъ производиться надъ холоднымъ металломъ. Отъ такой прокатки металлъ становится жесткимъ и пружинится; если желательно придать ему мягкость,—его подогрѣваютъ передъ послѣднимъ пропускомъ сквозь вальцы.

Достаточность нагрѣва доказывается тѣмъ, что изгибъ листа не измѣняется и совершенно не пружинить; чѣмъ тоньше листы тѣмъ температура ихъ нагрѣва можетъ быть ниже, а самые тонкіе листы и проволоку достаточно нагрѣвать до $100\text{—}150^{\circ} \text{C}$.

5. Пайка. Совершенства для спайки алюминія еще не достигнуто, однако существуетъ нѣсколько способовъ, дающихъ удовлетворительные результаты. Въ *Moniteur scientifique* въ 1887 году описанъ слѣдующій способъ Эдуарда Сельфа:

«Главное затрудненіе соединить посредствомъ

пайки два куска алюминія происходитъ отъ образованія тончайшей пленки окиси, которая препятствуетъ полному соединенію отдѣльныхъ частей припоемъ.

«Принимая, однако, нѣкоторыя предосторожности удастся спаять алюминій, пользуясь однимъ изъ слѣдующихъ составомъ:

Припой 1-й	{	серебра	1 часть
		алюминія	2 части

сплавъ тугоплавокъ и даетъ ломкій припой.

Припой 2-й	{	олова.	85—95%
		висмута	15— 5%

употребляется съ бѣльшимъ успѣхомъ.

Припой 3-й	{	олова	99 частей
		висмута	1 часть

прибавляютъ 1 часть алюминія, чтобы получить болѣе крѣпкій припой.

Припой 4-й	{	олова	90 частей
		висмута	5 »
		алюминія	5 »

«Нагрѣваютъ слегка соединяемыя поверхности и паяютъ обыкновеннымъ способомъ, посредствомъ паяльника, употребляя вмѣсто плавня вазелинъ или парафинъ».

Способъ Мурей, получившаго премію въ 200 т. франковъ отъ «Société d'encouragement», заключается въ составленіи слѣдующаго припоя:

Припой	цинкъ	алюминій
№ 1	80 частей	20 частей
№ 2	85 »	15 »

№ 3	88	»	12	»
№ 4	92	»	8	»
№ 5	94	»	6	»

Чтобы сдѣлать какой-либо изъ этихъ припоевъ, расплавляютъ алюминій и по-немногу прибавляютъ цинкъ, постоянно мѣшая. На расплавленную массу кладутся небольшія кусочки сала. При спайкѣ употребляется обыкновенный паяльникъ и, чтобы быть увѣреннымъ въ надлежащемъ соединеніи спаиваемыхъ поверхностей, употребляютъ смѣсь изъ 3 частей *копайскаго бальзама*, 1 части *венеціанскаго терпентина*, съ прибавкой нѣсколькихъ капель какой-либо слабой минеральной кислоты (фосфорной).

Слѣдуетъ остерегаться не окислить цинка при расплавленіи.

Бурбузь достигъ хорошей спайки, покрывъ слоемъ полуды части, подлежащія соединенію.

Для полуды, вмѣсто того, чтобы употреблять въ дѣло одно олово, онъ примѣнялъ разные сплавы, какъ-то: 1. олово съ цинкомъ, 2. олово, висмутъ и алюминій, 3. олово и алюминій и считалъ эти сплавы наилучшими. Приготавливаются они въ разныхъ пропорціяхъ, сообразуясь съ той работой, которой спаянные предметы должны подвергаться. Такъ на примѣръ, если предметъ долженъ подвергаться обработкѣ молоткомъ или обточкѣ, то дѣлается болѣе грубый припой, состоящій изъ 10 частей алюминія и 44 частей олова. Тѣ предметы, которые не требуютъ обработки, могутъ паяться болѣе нѣжнымъ припоемъ, содержащимъ менѣе частей алюминія.

Точно также, повидимому удовлетворительный результатъ даетъ припой, состоящій изъ 5 частей цинка, 2 частей олова и 1 части свинца.

Гальванопластическое серебрёніе и золочёніе. Вполнѣ удовлетворительныхъ результатовъ для золочёнія и серебрёнія алюминія еще не достигнуто, въ особенности по отношенію къ прочности; до сихъ поръ не существуетъ ни одного способа вполнѣ отвѣчающаго требованію. Говорятъ, будто бы Кристофль въ Парижѣ достигъ хорошаго золочёнія алюминія, однако мы не имѣемъ никакого по этому поводу указанія.

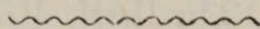
Вопросъ этотъ имѣетъ между тѣмъ существенное значеніе.

Мы уже говорили о неокисляемости и неизмѣняемости чистаго алюминія; однако, продажный алюминій часто бываетъ съ примѣсями до 5%. Этотъ, не чистый алюминій, противустоящій въ одинаковой мѣрѣ, различнымъ химическимъ реактивамъ, скорѣе теряетъ свой блескъ и глянецъ при соприкосновеніи съ водой. Въ виду же того, что онъ долженъ сохранять постоянно свой цвѣтъ и блескъ, единственно что остается сдѣлать—это серебрить и золотить.

Этимъ способомъ менѣе чистый алюминій могъ бы получить широкое примѣненіе для тѣхъ вещей, которыя постоянно носятъ съ собою, какъ-то: цѣпочекъ, портъ-моне, портъ сигаровъ, спичеицъ, а также для столовыхъ приборовъ—ножей, вилокъ, ложекъ и т. п.

Плакировка желѣза, мѣди и латуни чистымъ алю-

миніемъ невозможна. Алюминій при прокаткѣ тотчасъ же отскакиваетъ, образуя въ мѣстѣ соприкосновенія слой чрезвычайно ломкой лигатуры, не выдерживающей никакого давленія. Плакировка алюминія съ серебромъ и золотомъ достигается тѣмъ, что оба металла въ холодномъ видѣ помѣщаютъ между двумя плитами, нагрѣтыми до краснаго каленія и затѣмъ сжимаются подъ гидравлическимъ прессомъ. Горячей накаткой достигаются тоже хорошіе результаты.



Сплавы алюминія.

Алюминій легко соединяется съ большинствомъ металловъ. Его сплавы обладаютъ замѣчательными качествами, почему и примѣненіе ихъ въ промышленности имѣетъ большое значеніе.

Всѣ сплавы можно раздѣлить на три отдѣльныхъ группы:

1. Легкіе сплавы, т. е. тѣ, удѣльный вѣсъ которыхъ почти одинаковъ или мало разнится отъ чистаго алюминія.

Къ этого рода сплавамъ также относятся:

(a) продажный алюминій, съ содержаніемъ алюминія, колеблющимся отъ 95%—98,5%; при чемъ остальные примѣси состоятъ изъ желѣза и кремнія, находящихся въ почти равныхъ частяхъ.

(b) Сплавъ алюминія съ 2% мѣди и 1% серебра, примѣняемый въ серебряномъ дѣлѣ мастерствѣ.

(c) Сплавы съ оловомъ Бурбуза.

(d) Кремнистый алюминій, который по причинѣ своихъ особыхъ свойствъ и качествъ, а въ особенности, благодаря твердости, могъ бы съ удобствомъ замѣнить въ механикѣ мягкую сталь. Эта замѣна стали сплавомъ кремнистаго алюминія незамѣнима тамъ, гдѣ машины требовались бы необыкновенной легкости.

2. **Сплавы средніе**, къ которымъ относятся нѣкоторые сплавы, употребляемые при спайкѣ, а также ферро-кремнистый алюминій, имѣющій большое примѣненіе въ рафинировкѣ стали.

3. **Тяжелые сплавы**, къ которымъ относятся ферро-алюминій, 10% алюминіевая бронза и многіе другіе.

Съ того времени, какъ возникли новые способы добыванія алюминія электричествомъ и была дана возможность получать металлъ по крайне низкой цѣнѣ, изученіе сплавовъ алюминія составляло предметъ изысканія многихъ ученыхъ.

Упомянувъ уже разъ о работахъ Лешателье, относительно вліянія продолжительности обжиганія и температуры на данный сплавъ, слѣдуетъ сказать, что тотъ же авторъ даетъ полныя указанія на свойства и качества алюминіевой бронзы при различномъ содержаніи алюминія, о чемъ будетъ сказано ниже. Тѣми же изслѣдованіями занимались: Коульсъ, Геру, Тетмейеръ, Киркальди, Готье, Остбергъ и многіе другіе.

Алюминій-олово.

Сплавы алюминія съ оловомъ, употребляемые въ промышленности, относятся къ сплавамъ легкимъ и находятъ себѣ наиболѣе широкое примѣненіе при спайкѣ. Точно также этотъ сплавъ употребляется для мелкихъ издѣлій при содержаніи 10% олова. Говорятъ, будто его качества даже превосходятъ чистый алюминій; обрабатывается онъ легко.

Изъ него дѣлаются оптическіе и физическіе приборы.

Сопротивленіе на разрывъ и удлинненіе слабѣе алюминія, что видно изъ слѣдующей таблицы, полученной опытнымъ путемъ:

Составъ металла:

Алюминій кремній желѣзо олово				способъ сопротивленіе		
				обраб.	разрыву	удлинненіе
88	1,30	0,65	10	литой	9,80 кил.	4,11 ⁰ / ₀
48,9	0,72	0,36	50	кован.	10,61 »	0,08 ⁰ / ₀
Удѣльный вѣсъ 10 ⁰ / ₀ сплава=2,85.						

Было интересно узнать, насколько измѣняется температура плавленія сплава при различномъ содержаніи въ немъ алюминія:

Составъ металла:

Алюминій	кремній	желѣзо	олово	температура плавленія
90	1,40	0,70	8	595 ⁰
78,2	1,20	0,60	20	575 ⁰
68,4	1,05	0,53	30	535 ⁰
58,7	0,90	0,45	40	575 ⁰
48,9	0,75	0,38	50	570 ⁰
19,6	0,30	0,15	80	530 ⁰
9,8	0,15	0,07	90	490 ⁰

Такимъ образомъ, до прибавки 50⁰/₀ олова, температура плавленія измѣняется очень мало.

Алюминій-цинкъ.

Наибольшій интересъ представляетъ сплавъ, содержащій 3⁰/₀ цинка. Онъ считается принадлежащимъ къ 1-й группѣ, т. е. къ легкимъ сплавамъ. Будучи болѣе твердъ и блестящъ, чѣмъ алюминій, онъ, однако, болѣе хрупокъ.

Золото-алюминій.

Тяжелый сплавъ; прибавка 3% алюминія придаетъ золоту очень красивый цвѣтъ, нисколько не портя его достоинствъ.

Висмутъ-алюминій.

Всѣ его сплавы слишкомъ хрупки и потому не употребительны.

Серебро-алюминій.

Сплавъ алюминія съ 5% серебра употребляется съ особеннымъ успѣхомъ серебрянными дѣлъ мастерами. Сплавъ этотъ прекрасно обрабатывается, принимая лучшій, чѣмъ серебро, блескъ.

Нѣсколько опытовъ показали слѣдующее:

Составъ металла				способъ сопротивленіе		удлинненіе
Алюминій	кремній	желѣзо	серебро	обаб.	на разрывъ	
97,4	0,1	0,4	2,1	литой	7	килогр. 0,71
97,7	0,1	0,4	1,8	литой	8,5	» 5,70

Алюминіевая амальгама.

Крушколь указалъ на сильную окисляемость алюминіевой амальгамы.

Свойства и качества этой амальгамы, отвѣчающей формулѣ Al_2Hg_3 , были изучены Балле и Фэри.

Алюминіевая амальгама получается тѣмъ легче, чѣмъ температура выше; при 100° она едва образуется; при кипѣніи ртути, соединеніе обоихъ металловъ очень дѣятельно. Пары ртути не дѣйствуютъ на алюминій, а только кипящая ртуть даетъ амальгаму.

Такого рода амальгама, застывая, образуетъ кристаллическое тѣстообразное вещество. Подвергнутая воздѣйствію нейтральнаго газа, амальгама теряетъ ртуть, оставляя кристаллическій алюминій.

При обыкновенной температурѣ эта амальгама разлагается, подобно щелочнымъ амальгамамъ, воду. Кислоты также имѣютъ на нее свое дѣйствіе, въ особенности азотная, не оказывающая никакого вліянія на металлическій алюминій, быстро ее растворяетъ.

Кали очень быстро ее разлагаетъ, выдѣляя водородъ и образуя щелочной алюминатъ.

Алюминіевая амальгама разлагается сурьмяной и свинцовой амальгамами при доступѣ воздуха: при первой,—происходитъ послѣдовательное окисленіе сурьмы и затѣмъ алюминія и такимъ образомъ ртуть отдѣляется, будучи освобождена отъ постороннихъ металловъ; при второй,—одинъ алюминій окисляется, тогда какъ свинецъ остается раствореннымъ въ ртути. Металлическій свинецъ дѣйствуетъ на нее одинаково.

Мѣдь—алюминій.

Общія правила. Сплавы алюминія съ мѣдью наиболѣе распространены до сего времени. Составляя предметъ изысканія многихъ лицъ, они однако не всегда оправдывали ожидаемаго результата. Мине полагаетъ, что происходитъ это по двумъ главнымъ причинамъ: 1) *отъ трудности получить вещество совершенно однородное,* 2) *отъ употребленія алюминія съ значительнымъ содержаніемъ постороннихъ примѣсей.*

Сплавы алюминія съ мѣдью также могутъ быть раздѣлены на *легкіе* и *тяжелые сплавы*. Первые изъ нихъ состоятъ изъ простаго состава, т. е. состоятъ только изъ двухъ составныхъ частей: алюминія и мѣди, причемъ содержаніе этой мѣди не превышаетъ 8⁰/₀.

Тяжелые сплавы содержатъ отъ 5—10⁰/₀ алюминія.

10⁰/₀ сплавъ алюминія повидимому есть определенное соединеніе, такъ какъ онъ обладаетъ замѣчательными, наивысшими изъ всѣхъ сплавовъ, качествами.

Къ тяжелымъ сплавамъ относятся также и всѣ остальные, а также тѣ, которые, кромѣ двухъ составныхъ частей, содержатъ еще третью, напримѣръ: мѣдь — цинкъ — алюминій, мѣдь — олово — алюминій, мѣдь — никкель — алюминій, мѣдь — марганецъ — алюминій, мѣдь — кремній — алюминій и т. п.

Одно изъ главныхъ условій есть полученіе вполнѣ однороднаго металла, что достигается съ трудомъ въ сплавахъ алюминія съ мѣдью. Происходитъ это потому, что данный сплавъ можетъ образовать множество определенныхъ металлическихъ соединеній, температура плавленія которыхъ не одинакова. Благодаря этому, происходитъ при остываніи раздѣленіе сплава на его составныя части (ликвація), и можно получить лишь вполнѣ однородную массу послѣ нѣсколькихъ переплавокъ.

Впрочемъ, способы плавки различны для различныхъ сплавовъ.

Легкіе сплавы. Пусть x будетъ выражать общій вѣсъ сплава, который желаютъ получить и p количество тяжелаго металла.

Начинають съ того, что плавятъ въ тиглѣ, съ извѣстными уже намъ предосторожностями, количество алюминія x нѣсколько больше $\frac{x}{n}$, гдѣ n обыкновенно равно 2.

Къ расплавленному металлу прибавляютъ вѣсъ p_1 , немного большій количества p , такимъ образомъ, чтобы имѣть въ результатѣ сплавъ съ содержаніемъ тяжелаго металла въ n разъ болѣе, чѣмъ то, которое должно было быть на самомъ дѣлѣ.

Хорошенько смѣшавъ, отливаютъ все въ небольшія пластинки. При этомъ заранѣе слѣдуетъ озаботиться отлить также въ пластинки чистый алюминій вѣсомъ $x - \frac{x}{n}$.

При вторичной переплавкѣ соединяютъ оба металла, т. е. богатый сплавъ и чистый алюминій, отчего въ результатѣ получаютъ желаемый сплавъ X_2 , вѣсъ котораго очень близокъ къ вѣсу, который было желательно получить, съ содержаніемъ тяжелаго металла близко подходящаго къ p .

Послѣ тщательнаго анализа прибавляютъ соотвѣтствующее количество алюминія, если необходимо имѣть точное содержаніе его въ сплавѣ.

Чтобы быть еще болѣе увѣреннымъ въ доброкачественности сплава, его еще разъ переплавляютъ передъ выпускомъ на рынокъ.

Тяжелые сплавы. Тяжелый металлъ, входящій въ составъ сплава, расплавляется предварительно, и затѣмъ въ расплавленную массу прибавляется алю-

миній въ нѣсколько большей припорціи противъ желаемого содержанія его въ будущемъ сплавѣ.

Послѣ тщательнаго анализа приступаютъ ко второй плавкѣ, прибавляя понемногу тяжелаго металла до тѣхъ поръ, пока содержаніе алюминія не будетъ соотвѣтствовать потребности.

Иногда приходится еще въ третій разъ подвергать все переплавкѣ, если желаютъ имѣть совершенно однообразную массу.

Такъ напримѣръ, дѣлая сплавъ изъ мѣди и алюминія, расплавляютъ мѣдь и прибавляютъ соотвѣтствующее количество алюминія. Отъ прибавки алюминія къ расплавленной массѣ, происходитъ сильное выдѣленіе тепла, и расплавленная масса достигаетъ температуры ярко-бѣлаго каленія.

Явленіе это происходитъ, по мнѣнію однихъ, потому, что образуется настоящее химическое соединеніе двухъ металловъ; по мнѣнію же другихъ, отъ возстановленія алюминіемъ окиси мѣди, всегда образующейся во время плавки, выдѣляется большое количество калорій.

Легкіе сплавы мѣди—алюминія. Легкіе сплавы алюминія съ мѣдью отличаются большей твердостью, чѣмъ самъ алюминій.

При своихъ изысканіяхъ, надъ этого рода сплавами капитанъ Жульенъ прокатывалъ сплавъ въ листы толщиной въ 1 миллиметръ и затѣмъ отрѣзалъ пластинки въ 5 миллиметровъ ширины, подвергая ихъ различнымъ опытамъ, при чемъ нашелъ:

Составъ.		Плотность.		Сопротивленіе на разрывъ.
Алюминій. чистый.	Мѣдь. по вычисленію	дѣйствительная.		въ килограмм. на 1 □ миллиметръ.
98	0	2,67	2,67	18,7
96	2	2,78	2,71	30,7
94	4	2,90	2,77	31,1
92	6	3,02	2,82	38,6
90	8	3,14	2,84	35,5

Изъ этихъ опытовъ легко замѣтить, что сопротивленіе на разрывъ значительно увеличивается при увеличеніи содержанія мѣди. Изысканія капитала Жульена разнятся отъ тѣхъ цифръ, которыя даны нами ранѣе для 2⁰/₀ сплава, но не слѣдуетъ забывать, что хотя тамъ указано сопротивленіе на разрывъ въ 16 кило, но удлинненіе доходило до 20⁰/₀, тогда какъ при опытахъ Жульена оно должно было быть значительно менѣе. Кромѣ того металлъ, надъ которымъ дѣлалъ Мине свои изысканія, былъ подвергнутъ лишь обыкновенной проковкѣ, тогда какъ этотъ послѣдній былъ подвергнутъ сильной обработкѣ прокаткой.

Этого рода сплавы получили одинаковое примѣненіе съ чистымъ алюминіемъ.

Слѣдующая таблица заключаетъ въ себѣ данныя, касающіяся температуры плавленія всевозможныхъ сплавовъ алюминія съ мѣдью.

Составъ сплава.				Температура плавленія.
Алюминій.	Кремній.	Желѣзо.	Мѣдь.	
100	0	0	0	625 ⁰
97,75	1,5	0,75	0	619

90	1,40	0,70	8	587
89	1,35	0,68	10	578
83	1,28	0,64	15	573
78,2	1,20	0,60	20	528
73,3	1,13	0,56	25	553
65,5	1,00	0,50	33	527
58,7	0,90	0,45	40	535
48,9	0,75	0,38	40	553
36,75	0,56	0,28	62,5	545
29,3	0,45	0,23	70	692
22	0,34	0,17	77	694
19,6	0,30	0,15	80	947
12,2	0,19	0,09	87,5	974
9,8	0,15	0,07	90	1,029
7,3	0,11	0,05	92,5	1,000
4,9	0,08	0,04	95	1,030
0	0	0	100	1,054

Легко замѣтитъ, что при всѣхъ сплавахъ этого рода происходитъ то же явленіе, какъ при сплавахъ съ оловомъ. Точка плавленія сплавовъ съ оловомъ мало измѣняется, пока содержаніе олова не превышаетъ 60⁰/₀ и затѣмъ, при большемъ содержаніи такового, начинаетъ понижаться, пока не достигнетъ 228⁰, т. е. температуры плавленія одного олова; то же происходитъ при сплавахъ съ мѣдью: точка плавленія сплавовъ мѣди съ алюминіемъ остается почти одинаковой, пока содержаніе мѣди не превышаетъ 60⁰/₀, послѣ чего она возвышается вмѣстѣ съ увеличеніемъ содержанія мѣди, такъ какъ температура плавленія мѣди выше алюминія,

Тяжелые сплавы мѣди-алюминія. Тяжелые сплавы мѣди съ алюминіемъ называются обыкновенно алюминіе-вой бронзой. Сплавы же алюминія съ мѣдью, при прибавкѣ цинка, носятъ названіе алюминіевой латуни.

Сообразно содержанію въ нихъ алюминія, сплавы эти получаютъ то или другое качество.

Алюминій, будучи прибавленъ къ мѣди, имѣетъ на нее чисто химическое воздѣйствіе, возстановляя въ совершенствѣ содержащіяся окиси, всегда находящіяся въ торговой мѣди. Окись алюминія, происходящая отъ этой реакціи, всплываетъ на поверхность расплавленной массы, предохраняя ее отъ дальнѣйшаго окисленія.

Алюминій поэтому могъ бы замѣнить кремній и фосфоръ при рафинировкѣ мѣди; въ нѣкоторыхъ случаяхъ, онъ даже имѣлъ бы существенныя преимущества, дѣлая металлъ болѣе однороднымъ и менѣе сухимъ. Нѣсколько тысячныхъ долей алюминія совершенно достаточны.

Количество алюминія, которое затѣмъ прибавляется къ мѣди, чтобы образовать опредѣленный сплавъ, можетъ достигать 10%. *Этотъ сплавъ и есть наиболѣе замѣчательный изъ всѣхъ.* Его характерные признаки заставляютъ разсматривать его скорѣе какъ химическое соединеніе, чѣмъ какъ сплавъ.

Впервые онъ былъ сдѣланъ Дебрэ, вскорѣ послѣ открытія добыванія алюминія промышленнымъ химическимъ способомъ. Дебрэ получилъ его обыкновеннымъ способомъ, употребляемымъ для образованія тяжелыхъ сплавовъ, т. е. расплавляя мѣдь и

прибавляя затѣмъ соотвѣтствующее количество алюминія до содержанія его въ 10%.

Сплавъ не получается сразу однороднымъ во всей массѣ; во время остыванія послѣ первой плавки происходитъ нѣкоторое раздѣленіе его на составныя части (ликвація), что оказываетъ вредное вліяніе на его качества. Уже было указано, что для того, чтобы получить сплавъ однородный, необходимо дѣлать нѣсколько переплавокъ, причемъ качество бронзы отъ переплавокъ только улучшается. Опытъ показалъ, что послѣ 9 переплавокъ 10 колограм. бронзы съ содержаніемъ $8\frac{1}{2}\%$ алюминія, убыль алюминія достигала только до $\frac{1}{2}\%$.

При переплавкѣ въ печи предпочтительнѣе употреблять дрова, а не уголь, сѣрнистые газы котораго вредно вліяютъ на бронзу.

Во избѣжаніе окисленія металла, тигель или ковшъ покрываютъ дномъ стараго тигля, но не слѣдуетъ засыпать металлъ слоемъ угля, кріолита или какого-либо иного матеріала, потому что всѣ они вредятъ доброкачественности сплава.

Въ случаѣ перегрѣванія или слишкомъ продолжительнаго дѣйствія печныхъ газовъ (т. е. окиси углерода и водяныхъ паровъ атмосферы) происходитъ очень вредное насыщеніе металла этими газами, которые при охлажденіи выдѣляются, сгорая сильнымъ пламенемъ, отчего металлъ сильно вспучивается, дѣлаясь пористымъ и ноздреватымъ, а поверхность шероховатой; одновременно съ этимъ нарушается однородность металла.

Одно изъ главныхъ преимуществъ алюминіевой

бронзы и состоитъ именно въ томъ, что благодаря свойственной ей низкой точкѣ плавленія, не представляется никакой надобности нагрѣвать ее до той температуры, при которой происходитъ поглощеніе газовъ. По этимъ причинамъ и слѣдуетъ производить отливку при возможно низкой температурѣ, и всѣ неудачи слѣдуетъ приписать въ большинствѣ случаевъ отъ несоблюденія этихъ условій.

Усадка алюминіевой бронзы, болѣе усадки мѣди и доходить до 2⁰/₀, что доказываетъ плотность сплавовъ.

Поэтому при формовкѣ слѣдуетъ соблюдать слѣдующія предосторожности:

1. Прибыли должны быть нѣсколько бѣльшихъ размѣровъ и длиннѣе, нежели при обыкновенныхъ бронзовыхъ отливкахъ, чтобы до полного отвердѣнія отлитаго предмета не было бы недостатка въ жидкомъ металлѣ. Доливки дѣлать нельзя.

2. Литники должны быть возможно большими и конической формы, *расширяясь во внутрь*, потому что металлъ долженъ вливаться быстро и никакъ не выше оранжеваго цвѣта. Литники должны быть расположены по близости самой массивной части отливки.

3. Форма должна быть совершенно сухая и снабжена возможно большимъ числомъ отверстій для пропуска газовъ. Для формовки берутъ крупный песокъ.

Отлитой предметъ долженъ охлаждаться съ одной стороны быстрѣе, чѣмъ съ другой, но *не одинаково со всѣхъ сторонъ*, исключая тѣхъ рѣдкихъ случаевъ,

когда до охлажденія отлитаго предмета форма можетъ вездѣ безпрепятственно всасывать запасной жидкій металлъ. Въ противномъ случаѣ металлъ, уплотняясь отъ середины къ поверхности, образуетъ внутри пустоту.

Бояться быстрого сгущенія металла, благодаря значительной текучести, не слѣдуетъ.

Расплавленный металлъ, какъ уже сказано, долженъ быть тщательно предохраненъ отъ окисляющаго дѣйствія атмосферы; чѣмъ меньше онъ соприкасается съ воздухомъ, тѣмъ ниже можетъ быть температура его при литьѣ, и тѣмъ чище и однороднѣе получится отлитой предметъ.

Если же нельзя оградить металлъ отъ соприкосновенія съ воздухомъ, то температура его должна быть нѣсколько выше, самъ металлъ—жиже и заливка его въ форму должна производиться такъ, чтобы образовавшіяся отъ окисленія пленки, не проникали въ самую форму, такъ какъ отъ этого происходятъ раковины и даже трещины.

При большихъ отливкахъ рекомендуется выпускать металлъ черезъ отверстіе въ нижней части ковша, затыкая его глиняной пробкой, какъ то дѣлается при отливкѣ стали.

При мелкихъ отливкахъ можно приспособить резервуаръ надъ опокой, для вмѣщенія всего потребнаго количества металла, заткнутый желѣзной запоркой. Наполнять этотъ резервуаръ слѣдуетъ изъ ковша и впускать металлъ въ опоку, когда шлакъ весь всплыветъ и будетъ снятъ.

Кокили или изложницы для отливки полосъ, пли-

токъ и т. п. слѣдуетъ заливать быстро, покрывая поверхность формы предварительно смѣсью изъ графита, англійской глины и масла.

Разъемку формъ и освобожденіе предмета отъ земли слѣдуетъ производить осторожно, во избѣжаніе поломки, потому что отливки изъ алюминіевой бронзы для охладенія требуютъ гораздо больше времени, чѣмъ отливки изъ другихъ металловъ.

Въ достаточно жидкомъ состояніи, бронзы отлично выполняютъ мельчайшія части формы и весьма пригодны для художественныхъ отливокъ, орнаментовъ и т. п.

Ковка и прокатка. Ковкость алюминіевой бронзы превосходная и даетъ возможность выковывать самыя тонкія иглы, а качества матеріала настолько улучшаются ковкой, что какъ ни хороши результаты, получаемые при простой отливкѣ алюминіевыхъ бронзъ, все-таки слѣдуетъ, гдѣ только возможно, употреблять эти металлы въ кованномъ, прокатанномъ или прессованномъ видѣ.

Въ нагрѣтомъ видѣ прокатку и ковку выдерживаютъ только бронзы, содержащія не болѣе 5% алюминія, да и то необходимо ихъ часто прокаливать и травить. Вообще, металлъ слѣдуетъ ковать или прокатывать въ холодномъ видѣ только въ тѣхъ случаяхъ, когда требуется главнымъ образомъ твердость и пружинистость, или же если желательно, чтобы металлъ воспринялъ при дальнѣйшей обработкѣ очень тонкую полировку.

Чѣмъ больше процентное содержаніе кремнія въ металлѣ, тѣмъ выше должна быть температура при

обработкѣ его. Значительная примѣсь желѣза (свыше 1,5%) производитъ то же дѣйствіе, какъ и кремній. 10% бронза, нагрѣтая до вишневаго цвѣта (независимо отъ содержанія кремнія), настолько мягка и эластична, что составляетъ идеальный матеріалъ для штамповки, выдавливанія и проч.

Образующаяся при прокаливаніи металла, на его поверхности окись, легко вкатывается въ листы и при послѣдующей шлифовкѣ образуются борозды, а поэтому горячіе листы передъ прокаткой должны травиться въ растворѣ 2 частей воды и 1 части крѣпкой сѣрной кислоты, чѣмъ окись уничтожается.

Если же окись не сходитъ, то листы слѣдуетъ оставить въ этомъ растворѣ отъ 12 до 24 часовъ. Передъ окончательнымъ пропускомъ сквозь вальцы, полезно быстро протравить такіе листы въ растворѣ 2 частей сѣрной кислоты и 1 части азотной (но только послѣ предварительнаго употребленія вышеупомянутаго раствора).

Пайка. Мягкая пайка обыкновеннымъ оловяннымъ припаемъ примѣнима только къ бронзамъ, содержащимъ не болѣе 5% алюминія. При большемъ содержаніи алюминія, пайка становится затруднительной, а 10% бронзу на мѣстахъ, предназначенныхъ для спайки, необходимо предварительно покрывать красной мѣдью.

Твердая пайка не представляетъ никакихъ затрудненій (способъ пайки обыкновенный—при помощи буры) Лучшій припай получается отъ смѣшенія 52 частей мѣди, 46 частей цинка и 2 частей олова.

Если куски бронзы положить соотвѣтствующимъ образомъ въ песокъ, и пропустить надъ мѣстомъ, въ которомъ они соприкасаются, большое количество достаточно горячаго расплавленнаго металла, то части свариваются, и опыты показали, что сопротивленіе разрыву въ частяхъ, такимъ образомъ соединенныхъ, равно сопротивленію разрыва самаго матеріала вообще. Тонкостѣнные трубы изъ жести, свареной такимъ способомъ, выдерживаютъ сильное давленіе, не трескаясь въ швахъ.

Результаты изслѣдованія качествъ бронзы полученные разными лицами не вполне сходятся между собою; происходитъ это конечно потому, что условія, при которыхъ производились изслѣдованія не были одинаковы. Вопросъ однако нѣсколько разъясняется, благодаря многимъ даннымъ, полученнымъ путемъ опыта, поэтому мы и приводимъ всѣ изысканія различныхъ лицъ.

Укажемъ здѣсь на наиболѣе интересныя изслѣдованія Мине, получившаго слѣдующіе результаты.

Составъ		Сопротивленіе.	
Алюминій	Мѣдь	разрыву	Удлинненіе.
8	92	46,6	30,5
10	90	42	5,5
9	91	33,7	4
8,5	91,5	30,2	11
7,5	92,5	30,9	23
6,5	93,5	30,5	5,5

Результаты эти нѣсколько менѣе полученныхъ Геру и многими другими изслѣдователями, кромѣ алюминіевой 8% бронзы, которая была подвергнута нѣсколькимъ переплавкамъ ранѣе испытанія.

Слѣдующіе результаты были получены Геру при изслѣдованіи бронзы, приготовляемой въ Шафгаузенѣ въ Швейцаріи и Фрожъ во Франціи.

Составъ металла.		Сопротивленіе	
Алюминій.	Мѣдь.	разрыву на ☐ миллим.	Удлинен. ‰
10,5	89,5	59	12
10,5	89,5	63,8	6,8
10	90	55,3	18,5
10	90	55,3	20,1
10	90	57,4	16,6
10	90	62,1	10,5
9,5	90,5	52,2	23,5
9,5	90,5	56	16,1
9	91	50,8	32,9
9	91	51,6	39,2
8,5	91,5	48	37,8
8	92	45	45,7
8	92	46,3	48,4
7,5	92,5	40,7	25,5
7	93	38,7	27,3

Коульсъ даетъ слѣдующія указанія относительно приготовляемыхъ имъ сплавовъ:

Составъ сплава	Предѣлъ	Сопро-	Удлинен.
	эластич- ности на ☐ мил.	тивле- ніе раз- рыву на мил. ☐ .	по отно- шенію единицы длины.
Алюминіевая бронза		80	
Cu—82, Al—10, si—1.	49	66,5	»
	56	76,5	»
		100,5	»
		70	»
		80	»
		84	»

Бронза кованная	28	57	0,0023
при красномъ каленіи.	29	61	0,0026
Литая бронза (отливка въ песокъ)		61	»
Кованная бронза		58	»
Бронза: Cu—91,95; Al ₀ , 75;	15	63	0,0013
Si—0,75 отлитая въ	17	62,5	0,0018
кокили.		52	»
		48,05	»
		50,5	»

Артиллерійское вѣдомство Соединенныхъ Штатовъ, изслѣдуя бронзу Коульса нашло:

Мѣдь,	Сплавъ.		Сопротивленіе разрыву	Удлиненіе.
	Алюминій	Кремній		
88,66	10	1,33	46,20	3,80%
90	9	9	50,18	2,40
91,50	7,75	0,75	42,49	23,20

Понтъеръ, профессоръ университета, замѣчаетъ, что эти данныя ниже тѣхъ, которые были имъ получены при испытаніи привезенной изъ Локпор-та бронзы.

Мѣдь,	Сплавъ.		Сопротивленіе разрыву	Уединеніе.
	Алюминій	Кремній		
88,70	9,40	1,90	81,22	6,9
90,15	8,10	1,75	69,31	4,3
91,47	6,08	2,25	55,95	12,19

Если сопоставить послѣднія данныя съ данными другихъ изслѣдователей и разсматривать сплавы съ одинаковымъ содержаніемъ алюминія и наименьшимъ содержаніемъ кремнія, можно замѣтить, что *вліяніе кремнія отзыается на бронзу вредно*,

кромѣ бронзы въ 11% ($Al+Si$), которой кремній повидимому придаетъ болѣе твердости.

Тѣмъ не менѣе Понтьеръ полагаетъ что до 2% кремній имѣетъ незначительное вредное на нихъ вліяніе и даже улучшаетъ 5—8,25% бронзу, увеличивая ея твердость и сопротивленіе.

Не безъинтересно привести слѣдующія замѣчательныя изысканія изъ сочиненія Андре Лешателье касающіяся этого вопроса.

Изъ всѣхъ до сихъ поръ извѣстныхъ намъ сплавовъ, говоритъ Лешателье, алюминіевая бронза и латунь непосредственно послѣ отливки обладаютъ наивысшими качествами. Въ общемъ, сопротивленіе на разрывъ можетъ достигать для бронзы 90—95 килогр. на □ миллиметръ и 60—70 килогр. для латуни; измѣняя составъ, можно измѣнять въ очень широкихъ предѣлахъ ихъ твердость; наконецъ, сплавы эти имѣютъ большую однородность и замѣчательную мелкозернистость, почему и обладаютъ столь высокимъ сопротивленіемъ и удлинненіемъ.

Въ виду того, что новые способы дешеваго добыванія алюминія доставили возможность ввести эти сплава въ широкое употребленіе, интересно было изслѣдовать, на какія примѣненія они способны въ паровыхъ машинахъ и котлахъ. Для этого прежде всего нужно было разсмотрѣть дѣйствіе жара на паровыя трубы изъ алюминевой 10% бронзы и сравнить ихъ съ обыкновенными мѣдными.

Слѣдующая таблица представляетъ данныя, найденныя Лешателье:

t°	Мѣдь.		100% алюминіевая бронза.	
	Сопротивленіе разрыву.	Предѣлъ удлинненія.	Сопротивленіе разрыву.	Предѣлъ удлинненія.
15	25,2	300%	53,2	19.
100	22,9	30	52,4	22.
150	20	30	51	21.
200	16,9	30	49,2	22.
250	14	29	47	21.
300	12,7	20	44,2	19.
350	9,4	15	37	15.
400	7	10	23,2	21.
460	3,6	«	10	23.

Изъ этой таблицы легко замѣтить, что при 150°, соотвѣтствующихъ давленію пара въ 5 атмосферъ, сопротивленіе алюминіевой бронзы почти не понизилось, будучи въ 2½ раза болѣе простой мѣди; при 200° (15 атмосферахъ) сопротивленіе мѣди понизилось болѣе, чѣмъ на 1/3, тогда какъ сопротивленіе бронзы упало всего на 8%.

Такимъ образомъ громадныя трубы современныхъ морскихъ гигантовъ, броненосцовъ и другихъ кораблей, лопаются не только отъ спайки, но также въ значительной степени отъ слабости самаго металла при 150—200°; была бы значительная выгода, не говоря уже о безопасности, замѣнить ихъ трубами изъ алюминіевой бронзы.

Лешателье занялся затѣмъ изысканіями съ цѣлью изучить вліяніе температуры на сплавы съ 10, 9 и 5% алюминія, отлитаго въ песокъ.

Діаметръ въ миллиметрахъ,	Температура С.	Нагрузка разры- ву на ☐ милли- метръ въ кило.	°/о удлиненіе при 140 миллим.
------------------------------	-------------------	--	----------------------------------

10°/о бронза.

15,9	15	47,24	18,6.
15,5	150	37,04	11,5.
15,8	220	37,15	10,3.
16	340	32,33	11.
16	440	32,13	10.

9°/о бронза.

15,9	15	40,45	41,1.
16	112	32,34	27,1.
16	180	16,90	10,7.
16	215	20,40	10,1.
16	264	18,91	10,7.
15,9	345	18,50	7,9.
16	405	14,43	3,6.

Сопротивленіе и удлиненіе этихъ сплавовъ быстро падаетъ между обыкновенной температурой и 150°—200°. Такимъ образомъ замѣчательныя механическія свойства свои, сплавъ имѣетъ лишь при обыкновенной температурѣ, теряя его очень быстро при повышеніи.

Затѣмъ Лешателье пожелалъ дать себѣ отчетъ о томъ, какое значеніе можетъ имѣть температура на данный сплавъ въ обдѣланномъ, т. е. въ прокатномъ или, что все равно, въ тянутомъ видѣ. Приступивъ къ новымъ изысканіямъ надъ отоженной проволокой 9°/о и 5°/о бронзы, онъ нашель:

t°	Сопротивленіе разрыву.		‰ удлиненіе при 150 мил.	
	90‰ бронза.	50‰ бронза.	90‰ бронза.	50‰ бронза.
15°	57,5	46	40	33
85	57	«	40	33.
95	«	43	«	30.
150	48	38,4	35	30.
195	«	37	«	28.
270	34	37,8	35	28.
380	«	31,2	«	10.

Изъ этого видно, что уменьшеніе сопротивленія одинаково существуетъ и для бронзы тянутой въ проволоку, но оно значительно меньше чѣмъ въ отлитой бронзѣ. Эти опыты надъ проволокой показываютъ, что уменьшеніе сопротивленія очень ясно начинается около 90°. Тоже самое происходитъ для бронзы въ 60‰, но уменьшеніе это начинается съ 100°; однако въ этомъ послѣднемъ случаѣ удлиненіе доходитъ до 120‰ при 15° и до 300‰ при 150°.

Мы закончимъ объ алюминіевой бронзѣ отчетомъ, даннымъ докторомъ Эдуардомъ Сельфомъ въ «Stavens Institute of technologie», составляющемъ окончательные выводы изъ его сочиненія.

Алюминій, будучи прибавленъ къ мѣди отъ 0‰ — 100‰, образуетъ рядъ сплавовъ съ сопротивленіемъ все болѣе и болѣе возрастающимъ. Свыше 100‰ сплавъ становится хрупкимъ.

100‰ алюминіевая бронза имѣетъ цвѣтъ зеленаго золота при удѣльномъ вѣсѣ въ 7,7; она можетъ быть кована и обработана въ темно-калильномъ жару, при чемъ она не раскалывается до самаго охлажденія.

Однако бронза получаетъ эти свойства только тогда когда она *нѣсколько разъ* переплавлена.

Затѣмъ бронзу можно переплавлять безконечное число разъ,—она всегда остается одинаковаго состава. Отливку слѣдуетъ производить при возможно низкой температурѣ.

Остальныя замѣчанія, сдѣланныя Сельфомъ одинаковы съ изложенными ранѣе.

Изысканія Стронжа показали, что крѣпость алюминіевой бронзы въ 8 разъ болѣе обыкновенной бронзы.

По Гётицу алюминіевая бронза достигаетъ сопротивленія въ 53,28 колограм. на квадр. миллиметръ.

Алюминіевая бронза имѣетъ столь большое примѣненіе, что невозможно указать всѣхъ случаевъ, куда она можетъ идти.

Достаточно сказать, что она не только замѣняетъ съ успѣхомъ обыкновенную бронзу, но и способна замѣнить съ тѣмъ же успѣхомъ и желѣзо.

Она выполняетъ вполнѣ работу артиллерійскихъ орудій изъ англійской стали и даже лучше противостоитъ вредному вліянію газовъ.

«Webster Company» дѣлаетъ изъ нея корабельные винты, которые совершенно не измѣняются отъ разрушительнаго вліянія морской воды.

Алюминіевая бронза прекрасно можетъ служить въ трущихся вещахъ (напр. подшипникахъ) Webster company примѣнила ее для эксцентриковъ. Точно также этой же компаніей были сдѣланы изъ нея бѣлые сплавы во всемъ похожіе на серебро какъ по отношенію блеска, такъ равно и по красотѣ, при

чемъ изъ этого сплава дѣлалась посуда (тарелки, миски и т. п.) и послѣ 7 мѣсяцевъ употребленія ихъ блескъ нисколько не измѣнился.

Алюминіевая латунь.

Алюминіевая латунь есть сплавъ мѣди, алюминія и цинка.

Наиболѣе употребительные сплавы такого рода латуни слѣдующіе:

Мѣди:	67.	71.	55,8	55,8	67,7
Цинка:	30.	27,5	42.	43.	26,8
Алюминія:	3.	1,5	2,2.	1,2.	5,8
Сопротивленіе					
	килогр.	килогр.	килогр.		
на разрывъ.	21-45	50	65		

По изслѣдованію Коульза:

Составъ.	Предѣлъ упругости.	Нагрузка разрыва на □ мил.	Удлиненіе по от- ношенію едини- цы длины.
Латунь: <i>Cu</i> —71,25. <i>Al</i> —3,75; <i>Zn</i> —25, отлитая въ кокили	15 кило	45 кило	0,0018.
Латунь: <i>Cu</i> —63,33. <i>Al</i> —3,33; <i>Zn</i> —33,33, отлитая въ кокили	34.	54.	0,0091.
Отлитая въ песокъ	—	64.	—
	—	62,5.	—

Вездѣ, гдѣ при относительно хорошихъ качествахъ дешевизна матеріала имѣетъ существенное значеніе, алюминіевая латунь положительно превосходитъ всѣ остальные металлы и сплавы.

Очень фигурныя части машинъ, выдѣлка которыхъ изъ кованаго желѣза связана съ значительными затрудненіями, могутъ быть легко и точно отлиты изъ алюминистой латуни, причемъ крѣпость достигается одинаковая и даже превосходящая крѣпостью литую сталь.

Значеніе алюминія въ латуни еще замѣтнѣе, нежели въ бронзѣ.

Дѣйствіе его въ присутствіи цинка какъ-бы усиливается, и вліяніе отъ 1 до 3% алюминія въ латуни, равно вліянію его отъ 5 до 10% въ бронзахъ.

Во всѣхъ случаяхъ, гдѣ нѣтъ дѣйствія кислотъ и гдѣ не требуется особенной тягучести или золоти-стаго цвѣта, свойственнаго бронзѣ, латунь съ полнымъ успѣхомъ можетъ замѣнить ее и обойдется притомъ значительно дешевле. Латунь съ 1% алюминія дешевле *фосфористой бронзы* (съ 0,38% фосфора) и *металла Дельта*, но притомъ вдвое крѣпче ихъ.

Уже примѣсь $\frac{1}{4}$ % алюминія, очень незначительно увеличивая стоимость простой латуни, оказываетъ, однако, большое вліяніе на улучшеніе ея качествъ. При литѣ замѣчается увеличеніе легкоплавкости, и вездѣ, гдѣ простая латунь покрывается мѣдянкой, алюминіевая сохраняетъ чистый и блестящій видъ.

Стоитъ сравнить изломъ простой латуни съ 4% алюминіевой, чтобы понять всю разницу этихъ двухъ металловъ. Лигатуры, содержащія отъ 2 до $3\frac{1}{2}$ % алюминія, отличаются большею твердостью, между тѣмъ какъ содержащія отъ $\frac{1}{4}$ до 2% болѣе мягки. Вообще слѣдуетъ имѣть въ виду, что *чѣмъ больше въ латуни содержится цинка, тѣмъ въ меньшей про-*

порции слѣдуетъ прибавлять алюминій. При содержаніи 40% цинка, къ латуни нельзя прибавить болѣе 2% алюминія. По мѣрѣ увеличенія процентнаго содержанія цинка, уменьшается крѣпость сплава, хотя онъ и въ обозначенной пропорціи все еще по крѣпости и тягучести не уступаетъ литой стали. Вліяніе различнаго содержанія цинка особенно ясно выказывается при ковкѣ латуни. Сплавы, содержащіе около 40% цинка, отлично куется при темно-красномъ каленіи, независимо отъ процентнаго содержанія алюминія. Сплавы, содержащіе около 33% цинка, дляковки требуютъ, наоборотъ, очень различной температуры, зависящей отъ % содержанія алюминія. Чѣмъ оно меньше, тѣмъ температура должна быть ниже, и обратно. При содержаніи отъ 3 до 4% алюминія эта латунь отлично куется при темно-вишневомъ каленіи, при которомъ простая латунь, какъ извѣстно, разлетается подъ молотомъ на куски. При содержаніи не менѣе 2% алюминія, цвѣтъ латуни, при ковкѣ, долженъ быть темно-краснымъ. Латунь, содержащая 1% алюминія, куется только въ едва нагрѣтомъ видѣ, а содержащая не болѣе 1/2%, куется только въ холодномъ состояніи.

Слѣдуетъ обратить серьезное вниманіе на громадную пользу и пригодность матеріала, который, какъ латунь, содержащая 3% алюминія, не ржавеетъ, дешевъ, при температурѣ краснаго каленія легко куется и давится во всякія формы, вальцуется, а въ холодномъ видѣ по твердости не уступаетъ самой твердой фосфористой бронзы и обладаетъ крѣпостью самой лучшей литой стали.

Не менѣе важное преимущество алюминіевой латуни заключается еще въ томъ, что потребитель во всякое время можетъ самъ ее сплавить въ самой выгодной, для даннаго примѣненія, пропорціи, не нуждаясь въ металлахъ Дельта, Дурана, Буль и др., содержаніе которыхъ неопредѣленно и часто измѣняется. Всякій литейщикъ безъ особой опытности и навыка всегда можетъ себѣ приготовить алюминіевую латунь самъ, и такимъ образомъ до точности знать содержаніе употребляемаго имъ матеріала.

Расплавивъ простую латунь, прибавляютъ къ ней требуемое количество алюминія въ кускѣ, погружая его желѣзной палкой или ложкой въ расплавленную массу и мѣшая ее пока весь алюминій расплавится, послѣ чего ей слѣдуетъ дать вскипѣть, какъ обыкновенно.

Можно также прибавлять потребное количество алюминіевой бронзы, содержащей до 25% алюминія, къ расплавленной мѣди, а затѣмъ прибавить цинкъ. Этимъ избѣгается двойная переплавка и угаръ. При переплавкѣ алюминіевой латуни сгораетъ большее количество цинка, нежели алюминія, вслѣдствіе чего процентное содержаніе алюминія отъ переплавки нѣсколько увеличивается. Угаръ же цинка въ присутствіи алюминія относительно уменьшается.

При литьѣ алюминіевой латуни слѣдуетъ соблюдать тѣ же предосторожности, какъ и при литьѣ алюминіевой бронзы, а именно:

- 1) стараться уменьшить усадку;
- 2) противодѣйствовать прониканію шлака и пѣны въ форму.

Слѣдуетъ еще разъ обратить вниманіе *на вредъ отъ слишкомъ быстрого охлажденія отливокъ*. Слишкомъ быстрое охлажденіе дѣлаетъ ихъ ломкими и въ мѣстахъ излома придаетъ металлу блестящій золотистый цвѣтъ. Предметы, отлитые въ кокили, слѣдуетъ оставлять въ нихъ до полного охлажденія.

Что касается примѣненія алюминіевой латуни, то оно, какъ уже сказано, чрезвычайно выгодно вездѣ, гдѣ алюминіевая бронза является матеріаломъ слишкомъ дорогимъ, и гдѣ до сихъ поръ употребляется фосфористая бронза и металлы Дельта, Дурана, Буль и т. п. Самое значительное примѣненіе она, однако, найдетъ при отливкѣ лопастей корабельныхъ винтовъ и различныхъ торпедныхъ частей.

Въ заключеніе слѣдуетъ указать на пользу, приносимую алюминіемъ при литьѣ красной мѣди. Всякому литейщику хорошо извѣстны затрудненія, возникающія отъ окисленія металла передъ остываніемъ. Алюминій, разлагая окиси и закиси мѣди, соединяется съ кислородомъ, образуя съ нимъ твердое вещество, благодаря чему металлъ совершенно очищается, сильно уплотняется, и растяжимость и электропроводность его значительно увеличиваются.

Всѣ другія рафинирующія вещества, какъ фосфоръ, кремній и т. п., прибавленные въ нѣсколько болѣе, чѣмъ слѣдуетъ, количествѣ, производятъ дурное дѣйствіе на металлъ и удерживаютъ въ немъ окиси, а уловить точно нужное количество очень трудно; малѣйшій избытокъ ихъ дѣлаетъ мѣдь твердой и уменьшаетъ электропроводимость. При

употребленіи алюминія, этого быть не можетъ, и онъ представляетъ собой рафинирующее средство, вполне надежное и менѣе безопасное. Уже при прибавкѣ $1\frac{1}{4}\%$ чистаго алюминія получаются отличные результаты. Ломъ старой латуни и мѣди ничѣмъ такъ хорошо не рафинируется какъ алюминіемъ, при чемъ уже 1—5% его производятъ вполне удовлетворительное дѣйствіе.

Послѣднее важное примѣненіе алюминія на заводахъ Коульса состоитъ въ примѣси его къ бѣлому металлу для внутреннихъ частей подшипниковъ. Алюминіевые баббиты служатъ въ четыре раза дольше всѣхъ сортовъ баббита, которые были донынѣ въ употребленіи, и обходятся значительно дешевле металловъ Магнолія, Пеннъ, Кингстонъ и проч.

Въ концѣ этой книги прилагаются чертежи кривыхъ начерченныхъ при заводѣ въ Нейгаузенѣ, наглядно показывающихъ уменьшеніе крѣпости различныхъ металловъ при повышеніи температуры, а также при сопротивленіи на разрывъ.

Свинецъ—алюминій.

Алюминій со свинцомъ почти не соединяется и если расплавить оба металла вмѣстѣ, то по охлажденіи свинецъ отдѣляется и металлы будутъ найдены раздѣленными.

Милларъ рекомендуетъ слѣдующій сплавъ

Свинца	100 частей
Олова	16 »
Висмута	$\frac{1}{6}$ »
Алюминія	3—5 »

Изъ этого сплава онъ совѣтуетъ дѣлать листы годные для покрытія крышъ и обшивки морскихъ судовъ, такъ какъ соленая вода не оказываетъ на него вліянія.

Никкель—алюминій.

Для полученія сплава никкеля съ аллюминіемъ слѣдуетъ стараться, чтобы никкель входилъ въ составъ сплава не болѣе, чѣмъ 3⁰/₀ всего взятаго для сплава количества алюминія.

Никкель, будучи прибавленъ въ аллюминію не болѣе трехъ процентовъ, дѣйствуетъ на алюминій подобно желѣзу, дѣлая его тверже. Большее количество никкеля дѣлаетъ сплавъ ломкимъ и онъ не можетъ быть обработанъ.

Мы увидимъ далѣе что никкель входитъ, какъ составная, часть для образованія нѣкоторыхъ сплавовъ.

Ферро-алюминій и кремнистый ферро-алюминій.

Ферро-алюминій есть сплавъ чугуна съ аллюминіемъ въ различныхъ процентныхъ отношеніяхъ и употребляется главнымъ образомъ для рафинировки металловъ.

Полезьа этого рода сплава не подлежитъ сомнѣнію, чему служитъ доказательство большаго количества изготовляемаго на заводахъ ферро-алюминія. Такъ, на заводахъ одного Коульса за 5 лѣтъ было сдѣлано столько ферро-алюминія, что на него пошло 1200 пудовъ алюминія.

Употребляется ферро—аллюминій при рафини-

ровѣ стали и чугуна. Онъ употребляется какъ при бессемерованіи такъ равно и при тигельной плавкѣ, ковшевой отливкѣ или въ печахъ Сименса.

При употребленіи онъ разбивается на куски въ 25—50 миллиметровъ; кусочки эти, разогрѣтые до краснаго каленія бросаются на дно предъ выпускомъ металла, и начиная плавиться, поднимаются на поверхность, пронизывая всю массу металла.

Количество алюминія для рафинировки очень незначительно; обыкновенно прибавляютъ отъ $\frac{1}{4}$ до 1% такого 10% сплава. Даже 0,1% замѣтно вліяетъ на металлъ. Большой процентъ добавки ферро-алюминія увеличиваетъ вязкость и упругость чугуна; 0,5% сильно увеличиваетъ твердость; прибавка 3% почти не обрабатывается напилькомъ, а при 10% онъ твердъ какъ стекло и поддается только наждаку.

Наиболѣе распространенный есть 10% сплавъ ферро алюминія.

По той причинѣ, что алюминій входитъ въ составъ сплава только 10% на основаніи сказаннаго ранѣе слѣдуетъ причислить ферро-алюминій къ разряду среднихъ или легкихъ сплавовъ. Онъ занимаетъ среди легкихъ сплавовъ наиболѣе видное мѣсто, такъ какъ обладаетъ среди нихъ наивысшими механическими и физическими свойствами.

Зернистость ферро-алюминія очень мелка и, будучи тщательно обработанъ, достигаетъ сопротивленія на разрывъ до 25 килограммъ при удлинении отъ 10—15%.

Содержаніе кремнія въ кремнистомъ ферро-алюминіи не превышаетъ 9%.

Сплавы эти не раздѣляются при медленномъ остываніи (т. е. не имѣютъ ликвиціи) подобно бронзѣ и получаютъ сразу, представляя вполнѣ однородную массу.

Формовка и отливка не представляетъ никакихъ затрудненій.

Къ особенностямъ этого рода сплавовъ слѣдуетъ отнести то обстоятельство, что сопротивленіе на разрывъ остается почти одинаковымъ, какъ при отлитомъ сплавѣ, такъ равно и механически обработанномъ.

Мине даетъ слѣдующій составъ сплава средняго удѣльнаго вѣса, примѣняемый въ металлургіи желѣза:

Алюминій	95	90	80	75
Желѣзо	5	8	10	15
Кремній	0	2	10	15

Мы еще вернемся къ изложенію рафинировки стали и чугуна, прекрасно изложенной въ сочиненіи Веррье, изъ котораго и будетъ заимствовано все, что касается рафинировки посредствомъ алюминія.

Разные сплавы.

Серебряная бронза Коульса предназначена замѣнить обыкновенный мельхиоръ, который, какъ извѣстно, состоитъ изъ мѣди, никкеля и цинка. Новый сплавъ Коульса состоитъ также изъ мѣди и цинка, но никкель замѣненъ марганцемъ съ прибавкой алюминія отъ 1,20—1,30, что вполнѣ достаточно чтобы придать сплаву легкоплавкость, неокисляемость и прекрасный цвѣтъ.

Обыкновенный мельхиоръ.			Металль Каульса.	
Никкель.....	95	частей	0	частей
Марганецъ... ..	0	»	18	»
Цинкъ.....	30	»	13	»
Мѣдь.....	45	»	69	»
Алюминій....	0	»	1,20—1,30	
Кремній.....	0	»	5—6 ⁰ / ₀ .	

Сопротивленіе на разрѣзъ доходить въ 40 килогр. на 1 □ милл. при удлинненіи въ 20⁰/₀. Его можно вытягивать въ тончайшую проволоку въ 0,2 миллиметра.

Нейзильберъ готовится изъ:

Мѣди	100	частей
Никкеля	23	»
Алюминія	7	»

Сплавъ, очень похожій на нейзильберъ, извѣстный подъ названіемъ *Неогенъ*, составляется изъ:

Мѣди.....	58	частей
Цинка.....	27	»
Никкеля.....	12	»
Олова.....	2	»
Алюминія.....	0,5	»
Висмута.....	0,5	»

Извѣстный сплавъ «*Minargent*» состоитъ изъ:

Мѣди.....	100	частей
Никкеля.....	70	»
Сюрьмы.....	5	»
Алюминія.....	2	»

Этотъ сплавъ по бѣлизнѣ, ковкости, звону и удѣльному вѣсу не похожъ на серебро, но онъ гораздо прочнѣе и его металлическій блескъ лучше.

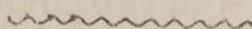
Приготавливается онъ такимъ образомъ: расплавивъ вмѣстѣ мѣдь, никкель и сюрьму, выливаютъ массу въ расплавленномъ видѣ. Гранулированный, онъ вновь плавится и прибавляется алюминій и $1\frac{1}{2}$ % флюса, состоящаго изъ:

Буры. 1 часть

Плавиковаго шпата 0,5 »

Алюминіевый аржантинъ состоитъ изъ 100 частей алюминія и 5 частей серебра. Онъ очень эластиченъ, обрабатывается такъ же хорошо, какъ самъ алюминій, отлично полируется, очень легокъ, не ржавѣетъ и имѣетъ цвѣтъ чистаго серебра. Изъ него готовятъ часовыя пружины, фруктовые и десертные ножи, блюда, тарелки и т. п.

Сплавъ изъ 97 частей алюминія и 3 част. серебра очень хорошъ для научныхъ инструментовъ, такъ какъ не чернѣетъ отъ сѣрнистаго водорода. Алюминій, содержащій 3% серебра, можетъ идти для выдѣлки каромысла точныхъ вѣсовъ.



Соединенія алюминія ¹⁾.

Глиноземъ въ естественномъ состояніи.

Алюминій въ самородномъ состояніи въ природѣ не найденъ и находится въ изобиліи въ видѣ всевозможныхъ соединеній.

Глиноземъ $Al_2 O_3$, т. е. безводная окись алюминія въ естественномъ состояніи встрѣчается въ природѣ въ довольно чистомъ видѣ, окристаллизованнымъ въ прозрачные кристаллы, часто окрашенные подмѣсями хромовыхъ, кобальтковыхъ и желѣзныхъ соединеній. Такого рода окристаллизованный глиноземъ носить общее названіе *корунда*, при чемъ многіе сорта его принадлежатъ къ драгоцѣннымъ камнямъ.

Корундъ есть чистый, безводный глиноземъ, имѣющій составъ:

Глинозема..... 53,27

Кислорода..... 46,73

Корундъ имѣетъ столько разновидностей что въ прежнее время каждая изъ нихъ была описана отдѣльно; такъ, нѣкоторые сорта бываютъ совершенно прозрачны, съ сильнымъ блескомъ и окрашены

¹⁾ По Менделѣеву „Основы Химіи“ „Mineralogie“ par Jagnaux, „Chimie appliquee a l'industrie“ par Renard., „Алюминій“ Карнблита.

красивымъ краснымъ, синимъ или желтымъ цвѣтомъ; напротивъ того другіе едва прозрачны или совсѣмъ темны и окрашены сѣроватымъ цвѣтомъ или грязно желтымъ.

Какъ бы то ни было, всѣ корунды обладаютъ большою твердостью, уступающей твердости одного лишь алмаза. Кислота не оказываетъ на нихъ вліянія и они не плавятся въ печахъ; съ прибавкой плавней они образуютъ стеклообразную безцвѣтную массу.

Корундъ, имѣющій прозрачныя окрашенные подмѣсями цвѣта, принадлежитъ къ драгоценнымъ камнямъ, встрѣчаясь довольно рѣдко.

Корундъ:

фіолетоваго цвѣта называется		<i>аметистомъ</i>
краснаго	»	<i>рубиномъ</i>
синяго	»	<i>сапфиромъ</i>
золотистаго	»	<i>топазомъ</i>
сине-зеленаго	»	<i>аквамариномъ</i>
зеленаго	»	<i>изумрудомъ</i>
безцвѣтный	»	<i>бѣлымъ топаомъ</i>

и т. д.

Всѣ эти разновидности представляютъ чистѣйшій видъ глинозема.

Въ менѣе чистомъ видѣ, окрашенный въ бурый цвѣтъ, съ примѣсями марганца, кремнія и окиси желѣза, корундъ даетъ разновидность, называемую *наждакомъ* или *шмергелемъ* и употребляемую для полировки, обладая значительной твердостью.

Наждакъ находится въ природѣ или отдѣльными кристаллическими массами или небольшими кусками,

смѣшанными со слюдой и магнитнымъ желѣзнякомъ находясь преимущественно въ древней породѣ.

Наждакъ находится въ изобиліи на островѣ Наксосѣ, на Уралѣ, на С-тъ Готардѣ, Пьемонтѣ, а также найденъ въ большомъ количествѣ въ Швеціи, Китаѣ и Тибетѣ, въ особенности же въ Малой Азіи, гдѣ открыта цѣлая гора, заключающая громадное его количество.

Наждакъ обрабатывается въ Наксосѣ, Смирнѣ, Тирѣ (Малая Азія) и Шварценбергѣ въ Саксоніи.

Слѣдующій анализъ показываетъ ‰ содержание различныхъ сортовъ наждака.

	Наксось	Тира	Смирна,
Корундъ	0,642	0,558	0,561
Кремній.	0,020	0,072	0,070
Окись желѣза	0,337	0,370	0,369
	<u>0,999</u>	<u>1,000</u>	<u>1,000</u>

Водный глиноземъ встрѣчается въ природѣ въ чистомъ видѣ довольно рѣдко. Среди чистаго воднаго глинозема извѣстенъ *гидраргиллитъ* ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O = 2Al(NO_3)_3$) и *діаспоръ* ($Al_2O_3 \cdot H_2O = 2AlO(OH)$).

Въ менѣе чистомъ видѣ онъ образуетъ нижеслѣдующія наиболѣе извѣстныя соединенія:

Бокситъ находится массами на югѣ Франціи въ Аржилѣ-де-Бо (Argile de Beaux), откуда и получилъ свое названіе. Онъ содержитъ значительную примѣсь окиси желѣза и содержитъ $Al_2O_3 \cdot 2H_2O = Al_2O(OH)_4$. Содержание глинозема 58—60‰. Будучи смѣшанъ съ содою при накаливаніи, выдѣляетъ кислоту тогда какъ глиноземъ соединяется съ окисью натрія, об-

разуя солеобразное соединеніе окиси алюминія съ окисью натрія, чѣмъ и пользуются въ практикѣ для полученія въ большомъ количествѣ чистыхъ глиноземныхъ соединеній; полученное этимъ способомъ соединеніе растворимо въ видѣ и не содержитъ Fe_2O_3 .

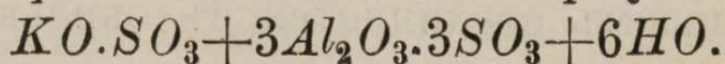
Такого рода растворъ, подвергнутый дѣйствию углекислаго газа, выдѣляетъ въ осадкѣ гидратъ глинозема, дающій съ кислотами глиноземныя соли. Если къ раствору сѣрно-глиноземной соли прибавить амміака, то выдѣляется студенистый осадокъ водной окиси алюминія, который сперва виситъ въ жидкости, а потомъ, если скопляется на дно, то образуетъ студенистую массу. Безводный глиноземъ получается также накаливаніемъ гидрата, или же простымъ накаливаніемъ амміачныхъ квасцовъ. Искусственнымъ путемъ водный глиноземъ добывается изъ квасцовъ, о чемъ будетъ сказано ниже.

Алюнитъ или квасцовый камень является иногда окристаллизованнымъ, но чаще въ видѣ волокнистой массы бѣлаго цвѣта, различной твердости. Иногда онъ встрѣчается пористымъ, на подобіе камня употребляемаго на жернова, при чемъ внутри поръ замѣтна кристаллизація.

Алюнитъ состоитъ изъ:

Глинозема	37,2
Кали.	11,3
Сѣрной кислоты. . .	38,5
Воды.	13

и такимъ образомъ отвѣчаетъ формулѣ:



Будучи нерастворимымъ въ водѣ, онъ растворяется въ кислотахъ; при накаливаніи выдѣляетъ воду. Въ жару не плавится, выдѣляя сѣрнистую кислоту, становится отчасти растворимымъ въ водѣ, образуя квасцы.

Наиболѣе знаменитое его мѣстонахожденіе есть Тольфа близъ Чивитта-Веккіи, однако алюнитъ найденъ также въ Австро-Венгріи Штиріи на Монть Дорѣ, въ Тосканѣ и друг. мѣстахъ.

Алюнитъ служитъ для добыванія квасцовъ, получаемыхъ въ большомъ количествѣ въ Тольфа.

Кріолитъ находится въ большомъ количествѣ въ Гренландіи, а также найденъ на Уралѣ около Міаска, и въ Даніи. Онъ есть двойное фтористое соединеніе алюминія и натрія, приблизительно слѣдующаго состава:

Глинозема.	12,55
Натрія	33,10
Фтора.	54,35

Кріолетъ обыкновенно обладаетъ бѣлымъ цвѣтомъ, изрѣдка сѣро-желтымъ или красноватымъ. Тонкія его пластинки слегка прозрачны; онъ мягокъ, напоминая по виду стеаринъ, и плавится даже въ огнѣ обыкновенной свѣчи, отчего онъ и получилъ названіе «ледянаго камня». Сѣрная кислота быстро его разлагаетъ съ выдѣленіемъ фтористаго водорода. Азотная и соляная кислота оказываютъ на него менѣе сильное дѣйствіе.

Употребляется кріолитъ для полученія алюминія. Алюминіевые силикаты (безводные) образуютъ длин-

ный рядъ соединеній, изъ которыхъ мы рассмотримъ только тѣ, которые содержатъ, какъ главное основаніе, глиноземъ.

Такого рода силикаты могутъ быть раздѣлены на три группы.

I группа. Силикаты алюминія:

1. Дистенъ Al_3Si_2
2. Андалузитъ $(Al. Fe)_3Si_2$
3. Ставротидъ $(Al. Fe)_2Si$
4. Пинитъ $3AlSi_2 + (K. Mg. Fe) Si.$
5. Глины

II. группа. Слюды:

1. Слюды $(Al. Fe. Mg. K)Si. Fl$
2. Лепидолитъ $(Al. Fe. K. Li)Si Fl$
3. Хлоритъ $(Al. Mg. Fe)Si + Aq.$
4. Пеннинъ $3Al_2Si + MgSi + 10Aq$

III. группа. Полевые шпаты

калійные.

1. Ортозъ $Al_2O_3. 3SiO_3 + K O SiO_3$

натровые.

2. Альбитъ $Al_2O_3. 3SiO_3 + Na O SiO_3$

3. Олигоклазъ $Al_2O_3. 2SiO_3 + (Na O. KO. Ca O) SiO_3$

кальціевые.

4. Лабрадоритъ $Al_2O_3. SiO_3 + (Ca O. Na O. K O) SiO_3$

5. Анортитъ $Al_2O_3. SiO_3 + (Ca O. Mg O. Na O) SiO_3$

литіевые

6. Петалитъ $Al_2O_3. 3SiO_3 + Li O Si_3$

7. Трифанъ $Al_2O_3. 2SiO_3 = Li O SiO_3$

I группа. Огнеупорна.

1. Обыкновенно голубаго цвѣта, однако иногда

бывается окрашенъ разными примѣсями, какъ минеральными, такъ и окислами металловъ. Растворимъ въ бурѣ, образуя безцвѣтную массу. Нахожденіе: С-ть Готардъ, Тироль, Саксонія, Пиринеи, Бразилія, Австро-Венгрія, Испанія.

2. Сѣраго цвѣта, желтоватаго или свѣтло-краснаго, иногда даже чернаго. Тверже кварца; съ бурой образуетъ стекловидную массу, окрашенную иногда въ зеленоватый цвѣтъ, отъ примѣси окиси желѣза; нерастворимъ въ кислотахъ. Нахожденіе: Андалузія, Тироль, Баварія, Саксонія, Силезія, Великобританія, Пиринеи.

3. Краснаго цвѣта, просвѣчивающій, иногда матово-чернаго цвѣта. Та же реакція съ бурой. Мѣстонахожденіе: въ Соединенныхъ Штатахъ, Коннектикутѣ и Мессачузетѣ.

4. Матово-сѣраго, желтоватаго или красноватаго цвѣта. Въ сильномъ жару расплавляется по краямъ, образуя стекло. Найдень въ Саксоніи, въ Овернѣ, Бретани и Нормандіи, встрѣчается въ Англіи и Соединенныхъ Штатахъ.

5. О глинахъ сказано ниже.

II. Группа. Въ краснокалильномъ жару всѣ почти слюды, относящіяся къ этой группѣ, плавятся въ различной степени: однѣ плавятся лишь по краямъ, другія же напротивъ, почти огнеупорны. Всѣ онѣ теряютъ прозрачность, при чемъ нѣкоторыя становятся матовыми, тогда какъ другія получаютъ металлическій блескъ.

Съ бурой, однѣ энергично растворяются съ бурной реакціей, тогда какъ другія медленно таятъ.

Такого рода различіе въ свойствахъ слюды показывается, что онѣ имѣютъ очень различный составъ, что дѣйствительно и показываетъ анализъ.

Слюды содержатъ среднимъ числомъ:

Кремній	45—50%
Глиноземъ	32—35
Щелокъ	10—12
Фторъ	7—8

Примѣси: магнія, окиси и закиси желѣза, извести, соды, магнія, марганца.

III группа. Полевые шпаты состоятъ изъ двойнаго соединенія силикатовъ глинозема съ кали, натромъ, литіемъ или известью. Всѣ они слабо окрашены отъ бѣлаго до красноватаго цвѣта и плавятся лишь при высокой температурѣ.

Слѣдуетъ замѣтить, что во всѣхъ сортахъ глиноземъ относится къ щелочамъ, какъ 3:1; измѣняющееся содержаніе кремнія и составляетъ различіе каждой породы. Всѣ они нерастворимы въ кислотахъ, кромѣ нѣкоторыхъ, на которые слабо дѣйствуетъ соляная кислота. Находятся почти повсемѣстно въ гранитной породѣ.

Изъ перечисленныхъ нами силикатовъ наиболѣе распространенными являются: обыкновенный полевой шпатъ, альбитъ и разнаго рода слюды. Полевой шпатъ, слюда и кварцъ составляютъ гранитъ. Вывѣтриваніемъ сложныхъ силикатовъ, дѣйствіемъ угольнаго ангидрида и воды, силикаты щелочныхъ и щелочно-земельныхъ металловъ растворяются и уносятся водою, оставляя кремнеалюминіевую соль и образуя глину.

Глина. Громадная распространенность алюминія видна изъ того, что глина, столь распространенное всюду землистое вещество, извѣстное каждому, содержитъ значительное количество глинозема. Глина есть нерастворимый остатокъ, получающійся послѣ дѣйствія воды, содержащей углекислоту, на многія каменистыя горныя породы, въ особенности на полевые шпаты въ нихъ заключающіеся.

Полевой шпатъ измѣняется дѣйствіемъ воды, содержащей углекислоту такимъ образомъ: въ воду переходятъ всѣ щелочи, т.-е. кали и натръ и часть кремнезема, и, какъ вещества растворимыя, уносятся водой, а на томъ мѣстѣ, гдѣ происходило раствореніе остается глиноземъ въ соединеніи съ кремнеземомъ и съ водой. Это и составляетъ первоначальный способъ образованія глины въ ея первобытныхъ мѣсторожденіяхъ среди каменныхъ породъ, по трещинамъ которыхъ просачивается атмосферная вода. Такія залежи очень часто содержатъ бѣлую, чистую глину, называемую *каолиномъ* или *фарфоровой глиной*. Однако такія глины рѣдки, потому что условія такого рода образованія рѣдки. Дѣйствуя химически на горныя породы, воды въ то же время механически разрушаютъ и уносятъ съ собой остатки разрушенія; глина подвергается легче всего такому механическому дѣйствию воды, благодаря тому, что составляетъ зерна или крупинки чрезвычайно малой величины, не имѣющей видимаго кристаллическаго сложенія и легко висящія въ водѣ, т. е. дающія муть. Глина, будучи унесена водой вмѣстѣ съ другими, болѣе крупными частицами разрушенія горной по-

роды, какъ на примѣръ осколками, слюдяными и кварцевыми зернами, отлагаетъ ихъ въ болѣе спокойныхъ водахъ, въ затишьяхъ рѣкъ, озерахъ и моряхъ такимъ образомъ, что сперва отлагаются болѣе крупныя части, образующія песокъ и другія сыпучія породы, а глина, вслѣдствіе своей мелкости, несется далѣе и отлагается только въ спокойныхъ частяхъ водъ. Такія измѣненія горныхъ породъ и выдѣленіе песку и глины совершались понемногу въ милліоны лѣтъ жизни земли. Подобные пласты глины, въ теченіи времени отъ продолжительнаго нахожденія подъ водой или вслѣдствіе нагрѣваній, могли уплотниться и образовать каменистыя массы, извѣстныя подъ названіемъ шиферовъ.

Легко понять, что химически чистаго однороднаго вещества такіе осадки представить не могутъ. Всякія случайныя нерастворимыя примѣси сопровождаютъ глину, въ особенности песокъ, т. е. осколки горныхъ породъ и кварца. Однако глину легко очистить отъ этихъ примѣсей, смѣшавъ ее съ водой, или еще лучше разварить и, сливая муть, давать осаждаться уже чистой глинѣ.

Обыкновенныя глины содержатъ отъ 45 — 60% кремнезема, отъ 20 — 30% глинозема и около 10% воды; однако нельзя думать, что глина всегда представляетъ какое-либо однородное вещество, ибо она есть сборъ нерастворимыхъ водою остатковъ горныхъ породъ. Тѣмъ не менѣе въ глинѣ *всегда* содержится водное соединеніе глинозема и кремнезема. Это соединеніе имѣетъ свойство отдавать сѣрной кислотѣ глиноземъ въ ней содержищійся, какъ осно-

ваніе, способное съ сѣрной кислотой давать сѣрно-глиноземную соль, растворимую въ водѣ. Глина служить такимъ образомъ въ практикѣ для полученія глинозема Al_2O_3 и большинства его соединений, между которыми главную роль играютъ квасцы.

Свойства и сорта глинъ. Различныхъ по составу сортовъ глинъ столь много въ природѣ, что нѣтъ возможности описать каждый изъ нихъ, но всѣ они имѣютъ нѣкоторыя общія, присущія имъ свойства.

Всѣ глины съ жадностью поглощаютъ воду, масла, жиры и другія жидкости. Насыщенная водой глина становится пластичной, т. е. образуетъ тягучее тѣсто, которому легко придавать лѣпкой любую форму. Глина можетъ поглощать до 70% воды, не отдавая ее даже при размѣшиваніи; будучи разъ насыщена водой, глина не пропускаетъ ее болѣе. При высушиваніи глина усыхаетъ, медленно теряя воду и растрескиваясь. При прокаливаніи она еще болѣе сжимается, получая твердость камня, но форма, приданная ей измѣняется сильно, и масса пропускаетъ воду. Глина теряетъ пластичность при 200 — 300°, послѣ чего пластичность ея при смачиваніи водой не восстанавливается. Удѣльный вѣсъ глинъ колеблется отъ 2,44 — 2,47.

Чѣмъ глина чище, тѣмъ она болѣе пластична. Однако уже было сказано, что глина рѣдко встрѣчается въ химически чистомъ видѣ въ формѣ воднаго кремнекислаго глинозема. Чистая глина не плавится и не измѣняется въ цвѣтъ ни въ какомъ печномъ жару, т. е. она огнеупорна; если она содержитъ примѣси извести, окись желѣза или какія

нибудь основанія соединенныя съ кремневой кислотой, то становится болѣе или менѣе легкоплавкою. Содержащаяся въ глинѣ окись желѣза сообщаетъ глинѣ при легкомъ накаливаніи красный цвѣтъ. Всѣ глины содержатъ нѣкоторое количество примѣсей механическихъ (полевой шпатъ, кварцъ, турмалиновыя зерна, слюда, уголь) и химическихъ (углекислыя соли кальція, магнія, окись и закись желѣза, гидратъ окиси желѣза, каменную соль, квасцы, желѣзный купоросъ, горькую соль, щелочи до 3%, баритовыя соединенія и т. под.).

Въ пламени гремучаго газа всѣ сорта глины плавятся въ стекловидную массу. Поэтому въ строгомъ смыслѣ слова они не огнеупорны, но такъ какъ такая температура рѣдка, то огнеупорной глиной считается лишь та, которая выдерживаетъ жаръ фарфорообжигательной или чугуноплавильной печи.

Глины, употребляемыя въ керамикѣ раздѣляются на слѣдующія ¹⁾:

1. Огнеупорныя (каолинъ и пластичная глина).
2. Плавкія (горшечная, валяльная глина).
3. Изобилующія известью (мергель и суглинокъ).
4. Содержащія много окиси и гидрата желѣза (болюсъ и охра).

1. **Каолинъ** встрѣчается въ самомъ мѣсторожденіи полеваго шпата небольшими гнѣздами. Въ Россіи наилучшимъ считается Глуховской. Слѣдующая таблица даетъ анализъ наиболѣе извѣстныхъ каолиновъ.

¹⁾ „Алюминій“ Корнблита. Москва 1888 годъ.

Мѣсторожденіе.	Кремневая кислота въ сложности.	Свободная кремне- вая кислота.	Г л и н а.			Вещества, раство- ры, въ слабыхъ ки- слотахъ.				Нерастворимый остатокъ.
			Кремневая кислота.	Глиноземъ.	Вода.	Известъ, магнезія, кальц.	Известъ, магнезія, натр.	Желѣзо и марганецъ.		
Лиможъ	42,07	10,99	31,09	34,65	12,17	1,33	—	Слѣды	9,76	
О (Аие) близъ Шнееберга.	35,98	1,76	34,22	34,12	11,09	0,69	—	Слѣды	18,00	
Цетлицъ близъ Карлсбада	33,98	4,95	29,03	26,66	9,55	1,13	—	Слѣды	28,63	
Зейтлицъ близъ Мейсена	40,78	9,10	31,68	34,16	12,10	0,60	Na O слѣды	Слѣды	12,33	
Принцдорфъ въ Венгріи	26,76	1,00	25,76	15,17	5,22	1,83	—	0,56	50,40	
Борнгольмъ въ Швеціи	38,57	7,04	31,53	34,99	12,52	0,54	0,93	—	13,36	
Опорто въ Португаліи.	40,62	3,72	36,90	43,94	14,62	—	—	—	0,11	
Ньюкастль	29,73	9,39	20,34	25,59	8,94	—	—	—	34,99	
Китай	13,72	нераздѣльны	—	9,80	2,62	3,08	—	0,43	68,18	
Рязанскій, Глуховской.	29,30	—	—	47,83	22,23	—	0,68	—	—	

Каолинъ встрѣчается трехъ родовъ: а) глинистый — очень бѣлый и пластичный, б) песчанистый, содержащій много кварцевыхъ и полевошпатовыхъ зеренъ и с) зернистый — бѣлый, хрупкій, но не пластичный.

2. Пластичная глина раздѣляется на огнеупорную и горшечную. Огнеупорная содержитъ мало примѣсей: кварцъ, слюда, углекислая известь, магнезія, закись желѣза и т. п. тѣла, способствующія плавленію, находятся въ ней почти въ такомъ же количествѣ, какъ въ каолинѣ; но при обжиганіи она даетъ не бѣлую массу, а желтоватую, часто даже сѣроватую. Она гораздо распространеннѣе каолина; сюда относятся:

а) Бѣлая, пластичная, огнеупорная, близко подходящая къ каолину, но не дающая при обжиганіи бѣлаго цвѣта. Встрѣчается въ Карлсбадѣ, Цейтлицѣ, Бремницѣ и въ другихъ мѣстахъ.

б) Глина для приготовленія капсюль, содержащая закись и гидратъ окиси желѣза.

с) Тигельная глина встрѣчающаяся въ Гессенѣ, Пассау и др. Содержитъ нѣсколько извести и мало окиси желѣза.

д) Пластичная глина, извѣстная подъ именемъ бутылочной, представляетъ очень чистую сѣрую огнеупорную глину. При обжиганіи даетъ твердую массу голубовато-сѣраго цвѣта.

е) Трубочная глина, очень жирная, не содержащая извести и желѣза, дающая при обжиганіи бѣлую не ссыхающуюся массу. Встрѣчается въ Кельнѣ, Люттихѣ и во многихъ мѣстахъ Англіи. Прежде

употреблялась для приготовленія кельнскихъ трубокъ; въ настоящее время имѣетъ большое приложение въ керамикѣ.

Слѣдующій анализъ даетъ понятіе о нѣкоторыхъ сортахъ огнеупорной глины въ Англіи и Шотландіи.

	Кремнезѣмъ.	Глинозѣмъ.	Кали.	Известъ.	Магнезія.	Закись же- лѣза.	Вода.	Гигроскопи- ческая вода.	Органическія вещества.
1	65,10	22,22	0,18	0,14	0,18	1,92	7,10	2,18	0,58
2	51,80	30,40	—	—	0,50	4,14	—	13,11	—
3	48,04	34,47	1,94	0,66	0,45	3,05	11,15	—	—
4	55,50	27,75	2,19	0,67	0,75	2,11	10,53	0,44	—
5	52,06	29,38	2,29	0,43	0,02	2,37	10,27	2,56	—
6	48,99	32,11	3,31	0,43	0,22	2,34	9,63	2,33	—
7	67,12	21,18	2,02	0,32	0,84	1,85	4,82	1,39	0,90
8	66,16	22,54	—	1,42	слѣды	5,31	3,14	—	—
9	46,32	39,74	—	0,36	0,44	0,27	12,67	12,08	—

3. Гончарная или горшечная глина большею частью сильно окрашена. Съ водой даетъ тягучую массу, очень мало или вовсе не огнеупорную; при обжиганіи твердѣетъ, получая красную или желтую окраску. При болѣе высокой температурѣ сплавляется въ шлакообразную массу. Упомянутыя (см. 2—пластичная глина) примѣси содержатся въ ней въ гораздо большемъ количествѣ. Сюда относятся всѣ сорта, которые идутъ на приготовленіе горшковъ.

4. **Валяльная глина**, представляющая зеленовато-сѣрую или желтую, мягкую, легко растирающуюся, массу, жирную на ощупь. Образовалась она выѣтриваніемъ діорита или діоритоваго сланца. Въ водѣ распадается въ нѣжный порошокъ, при чемъ получается не пластичная жижа. Въ порошкообразномъ видѣ поглощаетъ жиры и благодаря этому свойству служитъ для вывода пятенъ и валянія суконъ. Встрѣчается около Аахена, въ Саксоніи, въ Гессенѣ около Касселя, Богеміи, Шлезвигѣ, Моравіи, въ Кроаціи въ Карлштадтѣ. Употребляется при производствѣ обоевъ. Анализъ такой глины изъ Reigate въ Англіи и Карлштадта въ Кроаціи слѣдующій:

Кремневой кислоты	53,00	60,00
Глинозема.	10,00	19,4
Окиси желѣза	9,75	—
Магnezіи	1,25	7,0
Извести.	0,50	—
Хлористаго натра.	0,10	—
Воды	24,00	14,3

5. **Мергель** есть механическая смѣсь глины и углекислой извести съ содержаніемъ песка и другихъ примѣсей. Мергель, содержащій болѣе извести, называется известковымъ мергелемъ; изобилующій глиной называется глинистымъ. Въ водѣ распадается на порошокъ и образуетъ тѣстообразную массу. Отъ дѣйствія кислотъ происходитъ сильное шипѣніе, при чемъ половина мергеля растворяется. Мергель легко плавится. Мергель употребляется главнымъ обра-

зомъ въ сельскомъ хозяйствѣ какъ искусственное удобреніе.

6. Суглинокъ есть переходъ отъ глины къ песку. Это есть тощая на ощупь, растирающаяся масса, окрашенная гидратомъ окиси желѣза въ желтый или желто-бурый цвѣтъ. Содержитъ много примѣсей кварцеваго песку, углекислой извести и слюды; поглощаетъ много воды и не теряетъ ее, вслѣдствіе чего хорошо замѣшивается въ тѣсто, но не пластиченъ и почти не огнеупоренъ. При обжиганіи краснѣетъ. При высокой температурѣ сплавляется въ шлакъ. Суглинокъ есть одна изъ наиболѣе распространенныхъ формацій глины. Употребляется на кирпичи, черепицы и т. п.

7. Болюсь и охра суть глины, содержащія много гидрата окиси желѣза и потому окрашены въ красный или желтый цвѣтъ. Изъ примѣсей болѣе всего встрѣчается кварцевый песокъ. Употребляется для приготовленія такъ называемыхъ земляныхъ красокъ.

Анализъ глинъ. Рихтерсъ предлагаетъ слѣдующій упрощенный способъ анализа глинъ: 3 — 4 грамма высушенной при 120° глины обрабатываютъ фтористоводородной кислотой до полного разложенія и подкисляютъ растворъ соляной кислотой, послѣ чего весь растворъ дѣлится на 3 части.

1°. Изъ первой части отдѣляютъ глиноземъ и окись желѣза, осаждаая амміакомъ; въ фильтратѣ опредѣляютъ *известъ* щавелево-амміачною солью, а въ новомъ фильтратѣ *магнезію* фосфорно-натріевою солью.

2°. Изъ второй части опредѣляютъ *окись желѣза* титрованіемъ посредствомъ хамеліона, возстановивъ

предварительно окись въ закись посредствомъ цинка. Вычитая это количество окиси желѣза изъ общаго содержанія глинозема и окиси желѣза, полученнаго въ 1^о, находятъ *содержаніе глинозема*.

3^о. Въ третьей части опредѣляютъ *щелочи*, удаливъ предварительно сѣрную кислоту, глиноземъ, окись желѣза и магнезію вполне чистой баритовой водой въ небольшомъ избыткѣ. Къ фильтрату прибавляютъ углеамміачной соли, сгущаютъ жидкость выпариваніемъ, отцѣживаютъ осадокъ, выпариваютъ фильтратъ до-суха и слабо прокаливаютъ остатокъ для удаленія нашатыря. Остатокъ обрабатываютъ водой и углеамміачной солью для удаленія послѣднихъ слѣдовъ щелочныхъ земель, процѣживаютъ, новый фильтратъ опять до-суха выпариваютъ, остатокъ слабо прокаливаютъ и отдѣляютъ хлористый калий отъ хлористаго натрія посредствомъ раствора хлорной платины.

Для опредѣленія *кремневой кислоты*, находящейся въ глинѣ въ видѣ песка, нагреваютъ 1 граммъ глины въ теченіе 12 часовъ при 250—300^о съ довольно крѣпкой сѣрной кислотой въ платиновой чашкѣ, прибавляютъ воды, отцѣживаютъ и промываютъ осадокъ, состоящій изъ отдѣленной кремневой кислоты и песка. Осадокъ обрабатываютъ кипящимъ растворомъ соды, къ которому прибавлено немного ѣдкаго натра, до тѣхъ поръ, пока проба фильтрата не дастъ больше осадка съ растворомъ нашатыря. Собранный на фильтратѣ песокъ промываютъ водой, высушиваютъ, прокаливаютъ и взвѣшиваютъ. Общее содержаніе кремневой кислоты опредѣляется сплав-

леніемъ съ двойной углекаліевою и угленатріевою солью.

Содержаніе химически соединенной воды опредѣляется прокаливаніемъ высушенной глины до постояннаго вѣса.

Искусственныя соединенія глинозема.

Квасцы т. е. двойная сѣрноокислая соль калия (или натрія) и алюминія $AlK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ добывается при дѣйствіи на глину сѣрной кислоты, разбавленной нѣкоторымъ количествомъ воды, причемъ получается сѣрноглиноземная соль $Al_2(SO_4)_3$; если къ такому раствору прибавить углекаліевою или сѣрнокалиевою соли, то въ растворѣ получаютъ квасцы, которые легко кристаллизуются и добываются въ огромныхъ размѣрахъ на заводахъ, потому что имѣютъ практическое примѣненіе въ красильномъ дѣлѣ. Квасцы растворимы въ водѣ и, если къ такому раствору прибавить амміака, то выдѣляется водный глиноземъ и водная окись алюминія въ видѣ бѣлаго студенистаго осадка, нерастворимаго въ водѣ, но растворяющагося въ кислотахъ, даже слабыхъ, и въ ѣдкомъ натрѣ и кали.

Квасцы могутъ быть приготовлены: изъ глины, кріолита и боксита, квасцовога камня (алюнита), а также изъ квасцовыхъ сланцевъ или квасцовыхъ земель.

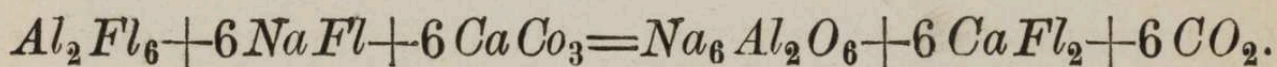
Изъ глины. Потребная для этого глина получается изъ глиноземныхъ силикатовъ или глинистыхъ сланцевъ и должна содержать мало желѣза, кальція и магнія, при чемъ свободный кремнеземъ не мѣша-

еть. Черная глина не годится, потому что при обжиганіи даетъ уголь, раскисляющій H_2SO_4 , что сопровождается выдѣленіемъ SO_2 .

Глина обжигается въ пламенныхъ печахъ, при доступѣ воздуха, для удаленія воды и превращенія желѣза въ окись, при температурѣ начала краснаго каленія (глинистый сланецъ обжигается въ кучахъ), послѣ чего измельчается на бѣгунахъ въ очень тонкій порошокъ и просѣивается. Затѣмъ на 100 частей глины берется 150 частей нагрѣтой почти до кипѣнія сѣрной кислоты не крѣпче 50° Боме и смѣшивается въ каменныхъ сковородахъ. Кислота притекаетъ медленно и при приливаніи смѣсь должна хорошо промѣшиваться. Масса сильно вспучивается и пѣнится вслѣдствіе выдѣленія SiO_2 . Черезъ 24 часа масса перестаетъ увеличиваться въ объемѣ, послѣ чего прекращаютъ перемѣшиваніе. Тѣстообразную массу, затвердѣвающую черезъ сутки, разбиваютъ на куски и извлекаютъ водой (или лучше растворомъ отъ промывки квасцовъ) и даютъ жидкости отстояться; затѣмъ по освѣтлѣніи кипятятъ съ требуемымъ количествомъ двусѣрнокалиевой соли и даютъ жидкости кристаллизоваться въ свинцовыхъ чанахъ. Полученные квасцы промываются и растворяются въ водѣ, а растворъ охлаждается при помѣшиваніи въ плоскомъ свинцовомъ сосудѣ, при чемъ получается квасцовая мука. Она ополаскивается водою и въ такомъ видѣ прямо идетъ въ дѣло безъ превращенія въ крупные кристаллы. Съ нѣкотораго времени продуктъ дѣйствія сѣрной кислоты на глину пускается въ продажу въ мелко

размолотомъ видѣ безъ дальнѣйшей обработки подѣ названіемъ «alun — coke, taurteaux d'alun, сырые квасцы» и находятъ примѣненіе при производствѣ низшихъ сортовъ бумаги. Содержать отъ 13—17% глинозема.

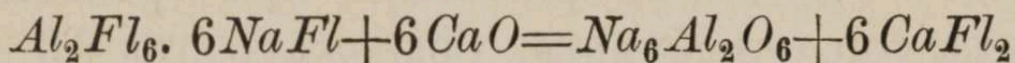
Для полученія изъ него сѣрноглиноземной соли, изъ которой уже и получаютъ квасцы, поступаютъ слѣдующимъ образомъ по способу Томсона. Берутъ 421 часть кріолита и 600 частей извести, размельчаютъ и хорошенько смѣшиваютъ и прокалываютъ на поду пламенной печи. При этомъ образуется: растворимый въ водѣ алюминатъ натрія и нерастворимый фтористый кальцій:



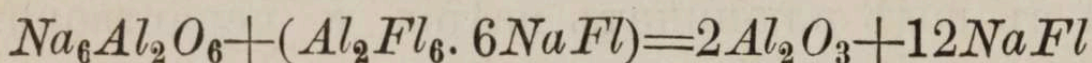
Прокаленная масса выщелачивается водой, растворимый алюминатъ натра отдѣляется отъ нерастворимаго фтористаго кальція и къ раствору, содержащему $Na_6Al_2O_6$, прибавляютъ двууглекислаго натра, причемъ образуется углекислый натръ и гидратъ окиси алюминія, который отдѣляется отъ содоваго раствора и растворяется въ сѣрной кислотѣ; получающійся $Al_2(SO_4)_3$ перерабатывается на квасцы, отличающіеся особенной чистотой. 100 частей кріолита даютъ 33 ч. глинозема требуя для нейтрализаціи 90 ч. сѣрной кислоты въ 66° Б. Точно также кріолитъ можетъ быть разложенъ известью мокрымъ путемъ.

Для этого тщательно измѣльченный кріолитъ варится въ свинцовыхъ сковородахъ съ известковымъ

молокомъ, содержащимъ возможно менѣе желѣза, при этомъ происходитъ слѣдующее разложеніе:

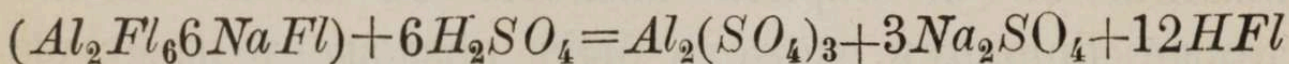
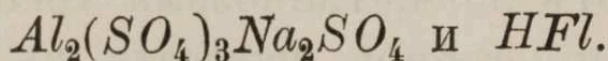


Фтористому кальцію даютъ осѣсть, промываютъ его водой, соединяютъ промывныя воды со щелокомъ и варятъ этотъ послѣдній при постоянномъ размѣшиваніи съ кріолитовымъ порошкомъ, пока вынутая и профильтрованная проба не покажетъ присутствія глинозема. Аллюминатъ натра разлагается кріолитомъ на глиноземъ и фтористый натръ:



Глиноземъ отдѣляется отъ жидкости, промывается и растворяется въ сѣрной кислотѣ, послѣ чего и перерабатывается на квасцы. Растворъ фтористаго натра разлагается гашеною известью при кипяченіи, при чемъ образуется фтористый кальцій, который отдѣляется; кромѣ того получается натроновый растворъ, поступающій въ торговлю въ видѣ натроноваго щелока, или твердаго, ѣдкаго натра; фтористый кальцій идетъ на желѣзные заводы.

Кріолитъ можетъ быть разложенъ также сѣрной кислотой. Тонко измельченный кріолитъ нагреваютъ съ сѣрной кислотою при чемъ образуется:



При выпариваніи выдѣляется сперва Na_2SO_4 . Остающаяся жидкость перерабатывается на квасцы. Такого рода способъ не получилъ примѣненія, благо-

даря дороговизнѣ нѣкоторыхъ и безцѣнности получаемыхъ побочныхъ продуктовъ.

Изъ боксита квасцы получаютъ прокаливаніемъ его съ углекислымъ натромъ или со смѣсью Na_2SO_4 и угля; прокаленную массу выщелачиваютъ водою, а окись желѣза остается нерастворенною. Въ обоихъ случаяхъ образуется алюминатъ натра, который перерабатывается дальше, какъ было сказано.

Изъ квасцового камня квасцы готовятся въ большихъ размѣрахъ особенно въ Италіи, близъ Рима, въ Тольфа. Все производство распадается на 3 части: 1—обжиганіе алюмината, имѣющаго составъ $\text{K}_2\text{Al}_2(\text{SO}_4)_4 + 2\text{Al}_2(\text{HO})_6$; 2—выщелачиваніе обожженной массы и 3—выпариваніе и кристаллизаціи растворовъ.

Обжиганіе производится въ кучахъ, сложенныхъ такимъ образомъ, что кладутъ въ перемежку слой дерева или топлива въ 18—22%, затѣмъ кладутъ слой алюмината и т. д., пока куча не будетъ готова. Куча поджигается, и наблюдаютъ, чтобы температура ея не превышала 450°C . При этой температурѣ гидратъ глинозема теряетъ всю свою воду, тогда какъ сѣрноглиноземная соль еще не разлагается. Обжиганіе длится не болѣе 10 часовъ; обожженная масса обливается водою, перебрасывается и складывается въ новыя кучи. Этотъ процессъ называется квашеніемъ и продолжается отъ 1 до 2 мѣсяцевъ, повторяясь ежедневно съ цѣлью превратить безводные квасцы въ водные. Затѣмъ квашеная масса выщелачивается горячей водою въ $50—70^\circ\text{C}$ въ большихъ котлахъ, освѣтляется и вы-

паривается приблизительно до 10—33 Бомэ. Затѣмъ выпаренная жидкость оставляется дня на 3—4 для кристаллизаціи. Маточный розсолъ спускается въ большія цистерны, чтобы дать осѣсть грязнымъ частямъ, и употребляется при слѣдующемъ выщелачиваніи. Въ освѣтленномъ такимъ образомъ маточномъ розсолѣ образуется, благодаря содержанію свободного глинозема, нейтральные кубическіе квасцы розовой окраски, вслѣдствіе содержащейся въ нихъ окиси желѣза. Эти кубическіе квасцы извѣстны подъ именемъ нейтральныхъ *римскихъ квасцовъ*.

Амміачные квасцы $(\text{SO}_4)_3 \text{Al}_2 \text{SO}_4 (\text{AzH}_4)_2 + 24 \text{H}_2\text{O}$ представляютъ почти одинаковыя свойства съ калийными и получаютъ, замѣняя кали сѣрно-кислымъ аммоніемъ.

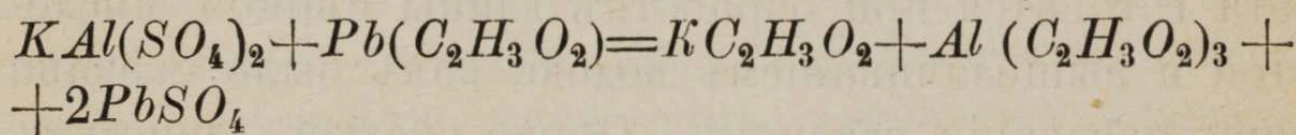
Искусственнымъ путемъ водный глиноземъ добывается изъ квасцовъ, для чего къ кипящему раствору двойной соли сѣрно-кислаго глинозема и сѣрно-кислаго амміака (амміачныхъ квасцовъ) прибавляютъ раствора соды до ясно щелочной реакціи жидкости. Сѣрно-кислый глиноземъ квасцовъ разлагается и большая часть сѣрной кислоты соединяется съ натромъ, а углекислота, сильно вскипая, улетаетъ. Сперва осаждается основная сѣрно-кислая соль глинозема, которая при дальнѣйшей прибавкѣ соды теряетъ остальную кислоту. Получающійся глиноземъ не чистъ, а соединенъ съ натромъ, для удаленія котораго осадокъ промываютъ кипящей водою до тѣхъ поръ, пока промывная вода не будетъ давать мути отъ прибавки къ ней раствора хлористаго барія. Затѣмъ растворяютъ промытый глиноземъ

въ соляной кислотѣ, осаждаютъ избыткомъ амміака, нагрѣваютъ до кипѣнія и промываютъ.

Изъ калийныхъ квасцовъ чистый глиноземъ добывается, растворяя квасцы въ водѣ и прибавляя амміака, отчего выдѣляется водный глиноземъ.

Приготовленный такимъ образомъ водный глиноземъ не растворимъ въ водѣ, но легко растворяется даже въ слабыхъ кислотахъ и въ ѣдкомъ натрѣ и кали. Сильно прокаленный теряетъ свою воду, плотнѣетъ, образуя бѣлый порошокъ безводной окиси и туго растворяется въ кислотахъ. Плавится только въ пламени гремучаго газа и вольтовой дуги.

Уксусно-глиноземная соль добывается изъ раствора квасцовъ, который смѣшиваютъ съ растворомъ уксусно-свинцовой соли; при этомъ сѣрно-свинцовая соль осаждается, а въ растворѣ остается уксусно-глиноземная соль вмѣстѣ съ сѣрно-калиевой или уксусно-калиевой солью, смотря по тому, въ какомъ количествѣ взята уксусно-свинцовая соль. Полное разложеніе будетъ:

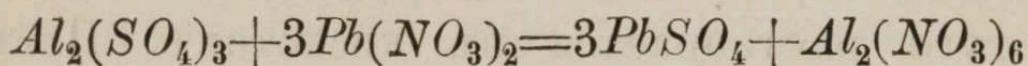


Если полученный уксуснокислый глиноземъ испарять или кипятить, то удаляется уксусная кислота и остается водный глиноземъ.

Уксуснокислый глиноземъ можетъ быть приготовленъ также слѣдующимъ образомъ: къ раствору уксусно-кислой извести прибавляютъ растворъ квасцовъ до тѣхъ поръ, пока перестанетъ образовываться

осадокъ отъ новой прибавки осаждающаго средства. Когда сѣрно-кислая известь осядетъ, растворъ профильтровывается и выпаривается пока не будетъ имѣть удѣльнаго вѣса 1,087—1,100. Приготовленная этимъ способомъ соль менѣе чиста и содержитъ нѣкоторыя количества известковыхъ солей.

Азотно-кислый глиноземъ $Al_2(NO_3)_6$ представляетъ собой соль, получающуюся раствореніемъ гидрата глинозема въ азотной кислотѣ или разложеніемъ сѣрнокислаго глинозема азотнокислымъ свинцомъ:



Онъ растворимъ въ водѣ и спирту и расплывается во влажномъ воздухѣ. Плавится при 73° не разлагаясь, при 100° даетъ основную соль $2Al_2O_3 \cdot 6HNO_3$ и при 140° оставляетъ гидратъ глинозема совершенно не содержащій азотной кислоты.

Сѣрно-кислый глиноземъ ($Al_2(SO_4)_3$) готовится изъ глины или при обработкѣ гидратовъ глинозема сѣрною кислотой. Онъ легко кристаллизуется съ $27H_2O$ при обыкновенной температурѣ въ перламутровыхъ кристаллахъ жирныхъ на ощупь. Соль эта готовится при обработкѣ глины сѣрною кислотой и выщелачиваніемъ водою, какъ было сказано при добываніи квасцовъ. Сѣрно-кислый глиноземъ въ соединеніи съ калиемъ и амоніемъ даетъ калийные или амміачные квасцы.

Хлористый алюминій (Al_2Cl_6) получается какъ и другіе подобные хлористые металлы, или прямо изъ хлора и металла, или при прокаливаніи тѣсной смѣси окиси и угля въ струѣ сухого хлора. Получающійся возгонъ весьма летучъ, сильно притягива-

еть влагу и представляет кристаллическую легкоплавкую массу, расплывающуюся на воздухѣ, легко растворимую въ водѣ съ выдѣленіемъ большого количества тепла. Хлористый алюминій плавится при 178° , кипитъ при 183° . Цвѣтъ имѣетъ бѣлый или слегка желтоватый.

Производство хлористаго алюминія имѣетъ большое значеніе при химическомъ производствѣ металлическаго алюминія. По способу Эрштеда онъ готовится слѣдующимъ образомъ: глиноземъ смѣшивается съ дегтемъ въ жижу, которая прокаливается въ желѣзныхъ горшкахъ и получающаяся при этомъ смѣсь глинозема съ углемъ вносится въ горячемъ состояніи въ глиняныя реторты, а черезъ всю массу, доведенную до температуры каленія, пропускается сухой хлоръ. При этомъ образуется окись углерода, углекислота и хлористый алюминій, который, улетучиваясь въ видѣ паровъ, сгущается въ особыхъ конденсаціонныхъ камерахъ въ видѣ кристаллическихъ пластинокъ.

Соединеніе хлористаго алюминія съ хлористымъ натромъ даетъ двойную соль $AlCl_3, NaCl$ весьма легкоплавкую, желтаго цвѣта, гораздо болѣе постоянную на воздухѣ, чѣмъ самъ хлористый алюминій. Оно плавится при 200° . Получается, пропуская пары хлористаго алюминія черезъ накаленную поваренную соль, при чемъ соединеніе $AlNaCl_4$ само перегоняется, если температура высока и можетъ быть такимъ образомъ получено въ чистомъ видѣ.

Изъ этого соединенія получается чистый алюминій какъ уже было въ своемъ мѣстѣ указано.

Фтористый алюминій получается при раствореніи одного глинозема въ плавиковой кислотѣ; получающійся растворъ содержитъ избытокъ плавиковой кислоты и при испареніи даетъ кристаллы, содержащіе воду. При накаливаніи оставляютъ нерастворимый въ водѣ безводный фтористый алюминій. Онъ представляетъ безцвѣтные ромбоэдры, чрезвычайно трудно летучіе, удѣльнаго вѣса 3,1 и легко разлагающіеся водяными парами на окись алюминія и плавиковую кислоту.

Сѣрнистый алюминій Al_2S_3 Нагрѣвая металлическій алюминій въ парахъ сѣры, получаютъ черную массу сѣрнистаго алюминія. По способу Фреми (Fremy) готовится слѣдующимъ образомъ: черезъ массу раскаленного глинозема пропускаютъ пары сѣрнистаго углерода до тѣхъ поръ, пока глиноземъ не превратится въ расплавленный сѣрнистый алюминій. При этомъ происходитъ слѣдующее: кислородъ глинозема соединяется съ углеродомъ, образуя углекислоту, а сѣра соединяется съ алюминіемъ. Въ соприкосновеніи съ водой немедленно разлагается на улетучивающійся сѣрнистый водородъ и водный глиноземъ.

Алюминатъ натрія получается раствореніемъ гидрата окиси алюминія въ ѣдкомъ кали или натрѣ. Обыкновенно получается изъ боксита, который разлагается ѣдкимъ натромъ или содой. Въ первомъ случаѣ порошкообразный бокситъ варится въ ѣдкомъ натрѣ, при чемъ получается растворъ алюмината натрія. Во второмъ случаѣ смѣсь этого минерала съ углекислой содой нагрѣвается въ пламенной це-

чи до тѣхъ поръ, пока весь углекислый натръ разложится. Жидкость, полученная послѣ выщелачиванія сплавленной массы изъ печей, освѣтляется, выпаривается досуха и идетъ въ продажу въ видѣ бѣлаго порошка, употребляемаго при крашеніи и печатаніи тканей. Въ продажномъ алюминатѣ встрѣчается примѣсь до 10,5% кремневой кислоты и до 15,45% угольной. Употребляется также для приготовления лаковъ, проклейки бумажной массы, омыленія жировъ, въ стеариновомъ производствѣ и проч.

Натровый алюминатъ представляетъ изъ себя некристаллическую массу бѣлаго цвѣта, сильно растворимую въ водѣ. Углекислота выдѣляетъ изъ воднаго раствора желатинозный глиноземъ.

Алюминаты т. е. соединенія глинозема съ щелочными основаніями иногда встрѣчаются въ природѣ. Таковы: шпикель ($MgO \cdot Al_2O_3 = MgAl_2O_4$) хризобериллъ ($BeAl_2O_4$) и другіе. Если къ алюминату натрія въ растворѣ прибавить извести, то осаждается известковый алюминатъ, изъ котораго кислоты извлекаютъ сперва известь, оставляя гидратъ глинозема, легко растворяющійся въ кислотахъ.

Кремнекислый глиноземъ ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) встрѣчается въ природѣ, образуя въ безводномъ состояніи длинный рядъ безводныхъ минераловъ, а въ водномъ огромныя массы глинъ. Минералы эти не имѣютъ еще особаго значенія въ технику, но здѣсь упоминается о кремнекисломъ глиноземѣ, потому что онъ составляетъ главную часть глины крайне распространенную въ природѣ и имѣющую громадный техническій интересъ.

Рафинировка алюминіемъ стали. 1)

«Въ наше время производство стали, выйдя изъ области неопредѣленной и случайной операціи, стало вполнѣ правильной химической реакціей, подчиненной строго опредѣленнымъ законамъ. Подобно химику, работающему въ малыхъ количествахъ въ лабораторныхъ аппаратахъ, съ несомнѣннымъ знаніемъ тѣхъ реакцій, которыя должны послѣдовать, опытный металлургъ производитъ ту же работу сразу надъ громаднымъ количествомъ металла. Посредствомъ прибавки извѣстнаго количества реактивовъ, тщательно выбранныхъ, съ знаніемъ тѣхъ послѣдствій, которыя должны произойти, онъ производитъ тѣ преобразованія какія желаетъ, исправляетъ недостатки обрабатываемаго матеріала и получаетъ съ несомнѣннымъ успѣхомъ металлъ, имѣющій тотъ составъ и качество, которое имѣлось въ виду.

«Въ особенности въ концѣ работы процессъ получаетъ характеръ настоящей химической реакціи. Въ это время металлъ лишенъ углерода и отчасти окисленъ, послѣ чего вводятся различные реактивы, предназначенные для надлежащаго исправленія его

1) Revue des sciences pures et appliquées. Verrier „Affinage de l'acier.

качествъ. Съ этого момента собственно и начинается періодъ рафинировки, и успѣхъ ея зависитъ единственно отъ правильнаго выбора реактивовъ и ихъ количества.

«Мы рассмотримъ здѣсь новый способъ рафинировки стали посредствомъ алюминія. Способъ этотъ еще мало знакомый, значительно уже распространенъ въ Европѣ и даетъ столь блестящіе результаты, что необходимо рассмотретьъ его подробно.

«Новые электрическіе способы, значительно понизивъ цѣну алюминія, дали возможность примѣнять его для рафинировки стали; полученные результаты оказались замѣчательными.

«Среди преимуществъ алюминія передъ всѣми другими восстановителями и реактивами слѣдуетъ указать на слѣдующіе:

1. Алюминій есть энергичный восстановитель.

2. Онъ значительно увеличиваетъ текучесть мягкой стали.

3. Болѣе всѣхъ остальныхъ веществъ онъ предупреждаетъ образованіе раковинъ и вообще браковокъ.

«1. Алюминій, несмотря на то, что онъ съ трудомъ окисляется непосредственно, восстанавливаетъ въ расплавленномъ состояніи почти всѣ металлическіе окислы. Соединяясь съ однимъ эквивалентомъ кислорода, онъ выдѣляетъ теплоту болѣе всякаго другаго тѣла, кромѣ металловъ щелочныхъ и щелочно-земельныхъ. Съ этой точки зрѣнія алюминій

является болѣе энергичнымъ возстановителемъ, чѣмъ кремній и марганецъ.

«Алюминій, удаляя окиси желѣза въ расплавленной стали, оказываетъ многія преимущества, среди которыхъ слѣдуетъ указать на главнѣйшія: а. будучи легкоплавкимъ, при маломъ удѣльномъ вѣсѣ, онъ крайне однородно соединяется съ расплавленной массой, входя въ тѣсную связь со всѣми ея частями, что облегчаетъ значительно реакцію. б. Разлагая окиси желѣза, алюминій образуетъ окись,—тѣло очень легкое, не обладающее сродствомъ къ окиси желѣза или кремнію; окись алюминія остается въ свободномъ состояніи и легко отдѣляется отъ металла, такъ какъ вся всплываетъ на поверхность и при остываніи, если не удалена съ жидкаго металла счерпываніемъ, образуетъ легко отдѣляемую плѣнку.

Напротивъ того, марганецъ и въ особенности кремній даютъ окиси, образующія вмѣстѣ съ желѣзомъ тяжелый шлакъ, легко остающійся внутри самой стали. Такимъ образомъ не удивительно, что при рафинировкѣ алюминіемъ легче получить болѣе чистую сталь.

«Кромѣ того, обладая большою энергіей, алюминій можетъ быть употребленъ безъ избытка. Одной *тысячной доли* совершенно достаточно, и рѣдко приходится переходить двѣ, три тысячныхъ; почти все удаляется окисленіемъ, и въ стали остается столь незначительное количество алюминія, что оно даже ускользаетъ отъ анализа. Такого рода незначительная его прибавка и составляетъ громадное преиму-

щество при рафинировкѣ, такъ какъ при этомъ устраняется необходимость вводить въ металлъ постороннее вещество въ значительномъ количествѣ, способное часто видоизмѣнять качества и свойства металла, что нерѣдко случается при старыхъ способахъ рафинировки.

«2. Другое явленіе, трудно объяснимое, однако несомнѣнное, состоитъ въ томъ, что алюминій значительно увеличиваетъ текучесть стали.

Кусокъ стали, рафинированный алюминіемъ, легче образуетъ внутри пустоту при охлажденіи, по той простой причинѣ, что въ центрѣ металлъ остается болѣе долгое время въ расплавленномъ состояніи, образуя значительную усадку. Это обстоятельство можетъ даже служить нѣкоторымъ неудобствомъ, въ особенности, когда металлъ отливается прямо въ изложницы, при чемъ на дно ихъ кладутся куски алюминія; въ этомъ случаѣ металлъ, быстро остывая на краяхъ, образуетъ столь значительную усадку, что внутри можетъ образоваться пустота такихъ размѣровъ, что отлитый кусокъ стали станетъ уже негоднымъ къ употребленію. *)

«Для объясненія текучести стали, рафинированной алюминіемъ, предполагалось, что алюминій значительно понижаетъ точку ея плавленія; такого рода предположеніе невѣроятно, если припомнить, что въ стали остаются лишь слѣды алюминія; кромѣ того, Османдъ показалъ, что сталь, содержащая 5% алю-

*) Мы уже указывали, чѣмъ устраняется эта усадка (см. обработку сплавовъ).

минія, т. е. при содержаніи въ 20—30 разъ болѣе чѣмъ необходимо, имѣеть точку плавленія всего на 25° ниже, нежели чистая сталь.

«Болѣе вѣроятное предположеніе состоитъ въ томъ, что температура значительно повышается черезъ окисленіе алюминія. Такое повышение дѣйствительно происходитъ, но оно очень ограничено; посредствомъ различныхъ вычисленій, которые по-видимому мало вѣроятны, было опредѣлено, что температура повышается всего на $40—50^{\circ}$. Одинъ эквивалентъ кислорода, соединяясь съ алюминіемъ, выдѣляетъ 65 калорій, но изъ этого числа надо вычесть 34 кал. поглощаемыхъ на возстановленіе 1 эквивалента окиси желѣза.

«Теплота соединенія алюминія съ желѣзомъ очень незначительна по отношенію къ теплотѣ, выдѣляемой окисленіемъ. Одинъ граммъ алюминія такимъ образомъ не въ состояніи выдѣлить болѣе 4 калорій. По отношенію къ 1 кил. желѣза, удѣльная теплота котораго въ расплавленномъ состояніи по меньшей мѣрѣ $0,20$, (число, приблизительно вѣрное для температуры въ 1500°), выдѣленные калоріи не въ состояніи увеличить температуры болѣе 20° , что является совершенно ничтожнымъ, принимая во вниманіе получаемые результаты.

«Вѣроятнѣе же всего, что текучесть значительно возрастаетъ, въ особенности отъ совершеннаго удаленія окиси желѣза; дѣйствительно, стоитъ лишь прибавить небольшое количество окисловъ, чтобы металлъ сдѣлался сразу тѣстообразнымъ.

«Важное преимущество при рафинировкѣ алю.

миніемъ состоитъ также въ томъ, что нѣтъ никакой надобности вводить углеродъ; поэтому алюминій и рекомендуется въ особенности для производства мягкой стали. Металлъ, извѣстный подъ названіемъ желѣза «Митисъ», есть почти чистое желѣзо, полученное посредствомъ небольшой прибавки алюминія.

«Что касается твердой стали, то слѣдуетъ замѣтить, что она удается сравнительно не такъ хорошо: говорятъ, будто алюминій даже уменьшаетъ ея текучесть. Обстоятельство это должно случаться лишь въ томъ случаѣ, когда прибавляютъ слишкомъ большія дозы, отчего значительная часть алюминія, не будучи окислена, соединяется съ желѣзомъ, образуя сплавъ. При этомъ алюминій, подобно кремнію, имѣетъ способность отдѣлять углеродъ въ состояніи графита; такимъ образомъ алюминій разрушаетъ на части углеродистое желѣзо, измѣняя составныя части стали. Однако это обстоятельство не должно происходить, когда алюминій употребляется въ малыхъ дозахъ.

«3. Опытъ показалъ, что алюминій, будучи даже прибавленъ въ незначительномъ количествѣ, останавливаетъ кипѣніе стали въ несравненно лучшей степени, чѣмъ кремній, давая возможность получать отливки безъ брака. Текучесть стали, о которой только что говорено, устраняетъ уже въ значительной степени это неудобство. Но какимъ же образомъ алюминій въ состояніи сразу устранить кипѣніе?

Извѣстно, что въ расплавленной массѣ стали, содержащей окись, углеродъ, дѣйствуя на эту окись, образуетъ окись углерода, выдѣляющуюся съ ки-

пѣніемъ, въ видѣ пузырьковъ газа. Въ прежнее время полагали, что это и есть главная, если не единственная причина выдѣленія газовъ. Мнѣніе это, поддержанное въ особенности Пурселемъ, привело къ полезнымъ открытіямъ, такъ какъ благодаря ему стали изучать вліяніе кремнія, что привело къ возможности получать плотную сталь безъ раковинъ.

«Вліяніе кремнія легко объяснимо: кремній, овлаждая кислородомъ, образуетъ твердое соединеніе въ видѣ окиси кремнія, чѣмъ и предупреждаетъ образованіе окиси углерода. Простая теорія эта, которая, казалось, вполне объясняла всѣ явленія, была разбита опытами Мюллера. Онъ показалъ, что выдѣляющіеся газы состоятъ главнымъ образомъ изъ водорода. Такимъ образомъ, кипѣніе объясняется просто, какъ явленіе физическое: сталь въ расплавленномъ состояніи содержитъ болѣе водорода, чѣмъ она въ состояніи его удержать въ твердомъ видѣ; избытокъ этотъ и выдѣляется по мѣрѣ остыванія. Для того, чтобы это выдѣленіе не происходило, необходимо было бы, чтобы весь газъ, растворенный въ горячемъ состояніи, могъ оставаться въ твердомъ металлѣ, что невозможно, такъ какъ, допустивъ такое положеніе, пришлось бы прійти къ заключенію, что растворимость газовъ не уменьшается съ температурой.

«Поэтому Тростъ доказалъ, что кремній уменьшаетъ растворимость газовъ въ тепломъ состояніи въ расплавленной стали; съ другой стороны марганецъ увеличиваетъ эту растворимость въ холодномъ

состояніи въ твердой стали, почему марганцевыя стали, не имѣя раковинъ, содержатъ значительно болѣе водорода, чѣмъ всѣ остальные.

«Въ виду этого, вводя оба реактива, можно получить желаемое дѣйствіе: содержаніе водорода, растворяемаго въ расплавленной массѣ, перестаетъ превышать такое его содержаніе, которое можетъ быть удержано твердой сталью, почему и нѣтъ болѣе причины для его выдѣленія.

«Реактивы эти должны оказывать чисто физическое дѣйствіе. Такого рода объясненіе, прекрасное по теоріи, однако не вполнѣ удовлетворяетъ тѣхъ, кто имѣлъ возможность наблюдать явленіе на заводахъ, такъ какъ оно не объясняетъ, какимъ образомъ уничтожается кипѣніе посредствомъ незначительной прибавки реактива. Постороннее тѣло можетъ измѣнить физическія свойства и качества металловъ лишь при условіи, чтобы это тѣло оставалось въ немъ въ значительномъ количествѣ: какимъ же образомъ происходитъ, что алюминій, будучи вводимъ въ самомъ незначительномъ количествѣ и притомъ *выдѣляясь совершенно изъ металла*, измѣняетъ сразу его свойства, уничтожая въ совершенствѣ газообразныя выдѣленія?

«Не показываетъ ли все это, что химическая реакція имѣетъ здѣсь преобладающее значеніе?

Алюминій, окисляясь почти цѣликомъ, не можетъ измѣнять въ значительной степени свойства металла, и вліяніе его можетъ быть объяснено лишь энергичнымъ воздѣйствіемъ на окислы.

«Я хочу предложить по этому поводу гипотезу,

которая является слѣдствіемъ сравненія аналогичныхъ явленій, легче изучаемыхъ.

Общеизвѣстно, что въ растворѣ, насыщеннымъ растворенными газами, взбалтываніе можетъ произвести выдѣленіе газовъ, котораго не было; этимъ способомъ заставляютъ пѣниться шампанское или пиво, ударяя по верху бутылки. То же явленіе произойдетъ при вдуваніи воздуха. Съ другой стороны, присутствіе въ жидкости воздуха въ видѣ пузырьковъ облегчаетъ выдѣленіе паровъ; кипѣніе воды значительно затрудняется, когда она совершенно лишена воздуха.

«Представимъ себѣ расплавленную сталь, насыщенную раствореннымъ водородомъ; равновѣсіе можетъ быть уничтожено образованіемъ въ глубинѣ массы другаго газа въ свободномъ состояніи, отчего и выдѣлится часть водорода. Это обстоятельство и должно произойти, когда образуется окись углерода; достаточно помѣшать его образованію, чтобы водородъ остался раствореннымъ.

«Окись углерода, образуясь въ самомъ незначительномъ количествѣ, является неизбѣжнымъ и достаточнымъ условіемъ для образованія кипѣнія стали. Поэтому реактивы способные поглощать кислородъ безъ образованія газовъ, даже при самой незначительной ихъ прибавкѣ, должны предотвращать кипѣніе. Отсюда ясно, что мнѣніе Пурселя, подкрѣпленное практикой, будетъ вполне согласно съ теоріей; окись углерода, дѣйствительно производитъ кипѣніе стали, однако не само по себѣ, а косвеннымъ образомъ, черезъ вліяніе на другіе газы, которые вытѣсняетъ.

«Я не хочу отрицать, что вещества эти могут производить чисто физическое дѣйствіе, уменьшая растворимость водорода. Въ особенности я допускаю возможность такого явленія для марганца, такъ какъ этотъ послѣдній предотвращаетъ раковины и пустоты, но лишь при условіи, чтобы онъ оставался въ стали въ значительномъ количествѣ. Что же касается кремнія, употребляемаго въ несравненно меньшемъ количествѣ, при чемъ онъ почти не остается въ стали въ видѣ сплава, то, если онъ и уменьшаетъ растворимость, все же, отчасти, а можетъ быть и главнымъ образомъ, его дѣйствіе чисто химическое, препятствующее образованію окиси углерода. Наконецъ, алюминій, входящій при рафинировкѣ въ гомеопатическихъ дозахъ и выдѣляющійся совершенно, долженъ играть роль чисто химическую, поглощая весь кислородъ безъ образованія газовъ.

«Въ результатѣ всѣхъ преимущества алюминія, какъ рафинирующаго средства, сводятся къ той легкости, съ которой онъ удаляетъ окись желѣза; его сродство къ кислороду въ связи съ легкоплавкостью позволяютъ ему быстро реагировать на всю расплавленную массу. Съ этой точки зрѣнія одни щелочные металлы и магній могли бы съ нимъ соперничать, если бы ихъ стоимость не препятствовала примѣненію.

«Какъ бы то ни было, алюминій съ успѣхомъ примѣняется для стальныхъ отливокъ, имѣющихъ сопротивленіе разрыву въ 50 — 60 кило, при содержаніи 5 — 6 тысячныхъ углерода. Часто начинаютъ раф-

финировку *шпигелемъ*, служащимъ въ то же время средствомъ для обезуглероживанія, послѣ чего алюминій прибавляется въ металл черпальный ковшъ, гдѣ его присутствіе моментально останавливаетъ кипѣніе. Этимъ способомъ получаютъ несравненно болѣе чистыя отливки, чѣмъ при работѣ съ другими возстановителями.

«Вначалѣ алюминій употреблялся въ дѣло въ видѣ сплава съ желѣзомъ. Ферро-алюминій въ томъ видѣ, въ которомъ онъ приготавливался въ началѣ производства сплавовъ электрическими способами, содержалъ всего 10% алюминія. Сплавъ этотъ обладалъ неудобствомъ, будучи тугоплавокъ. Необходимо было нагрѣвать его до температуры бѣлаго каленія до прибавки къ стали. Понемногу, стали дѣлать сплавы, все болѣе богатые алюминіемъ. Въ настоящее время пользуются преимущественно чистымъ алюминіемъ (т. е. такимъ, который продается подъ именемъ чистаго, но на самомъ дѣлѣ далеко еще не чистъ). По причинѣ его легкоплавкости алюминій въ кускахъ можетъ быть положенъ въ металлочерпальный ковшъ въ холодномъ состояніи. Алюминій, при соприкосновеніи съ расплавленной сталью, плавится и пронизываетъ расплавленную массу снизу вверхъ, оказывая равномерное дѣйствіе на всѣ части. Реакція происходитъ моментально при полномъ и тѣсномъ его соприкосновеніи.

Многіе практики полагаютъ, что для приготовленія стали необходимо брать совершенно чистый алюминій. Такого рода мнѣніе не вполне точно, такъ какъ примѣси, заключающіяся въ продажномъ алю-

миніи, состоятъ большей частью изъ желѣза и кремніа. Въ смыслѣ химической реакціи, желѣзо, понятно, не играетъ никакой роли. Что же касается кремніа, то его вліяніе совершенно сходно съ алюминіемъ, и вся разница состоитъ лишь въ энергичности реактива: его вліяніе въ умѣренномъ количествѣ не можетъ быть вредно. Единственное условіе, котораго надо придерживаться, состоитъ въ томъ, чтобы не брать такого алюминіа, примѣси котораго были бы въ состояніи измѣнить его физическія свойства, въ особенности же легкость и легкоплавкость.

Желѣзо въ количествѣ 5—6% повидимому не оказываетъ замѣтнаго вліянія. Кремній не измѣняетъ плотности, увеличивая плавкость.

«Я думаю, что сплавы алюминіа въ 10—15% кремніа и 6—10% желѣза могутъ вполне замѣнить чистый алюминій. Фабрикантамъ стали такіе сплавы могли бы представить существенную выгоду, такъ какъ ихъ можно получить значительно дешевле алюминіа, подвергая электролизу простой, не обработанный бокситъ ¹⁾. Быть можетъ, было бы возможно примѣнить въ дѣло металлъ съ большимъ содержаніемъ кремніа, полученный непосредственно изъ обыкновенной глины.

«Было бы крайне желательно, чтобы тщательныя изслѣдованія въ этомъ направленіи рѣшили вопросъ и опредѣлили вполне точно вліяніе, оказываемое кремнистымъ алюминіемъ на рафинировку стали,

¹⁾ Мине уже осуществилъ это на дѣлѣ. Отчетъ Академіи Наукъ 25 мая 1891 года.

а также предѣльную дозу, выше которой кремній представляетъ значительныя неудобства.

«Такъ какъ алюминій пока довольно дорогъ, является необходимость уменьшить, насколько возможно, размѣры его потребленія. Если нѣтъ никакой причины употреблять одинъ только марганецъ, слѣдуетъ пользоваться слѣдующимъ способомъ:

а) Рафинировка ферро-манганомъ (мягкая сталь) или шпигелемъ (твердая), прибавляя ихъ прямо въ печь или въ первый металлочерпальный ковшъ, если необходимо помѣшать вліянію ихъ на фосфористые шлаки.

б) Переливка во второй ковшъ, въ который помещено необходимое количества угля для окончанія образованія углеродистаго соединенія вмѣстѣ съ нѣсколькими кусками чистаго алюминія, для предотвращенія раковинъ.

«Каждое вещество въ отдѣльности этимъ способомъ введено въ пропорціи, строго необходимой, чтобы выполнить свою работу: марганецъ является возстановителемъ окисловъ, оказывая болѣе дѣятельное вліяніе, чѣмъ углеродъ, будучи въ то же время менѣе дорогъ, чѣмъ алюминій; углеродъ въ свою очередь входитъ для соединенія съ очищеннымъ желѣзомъ, а алюминій препятствуетъ его окисленію и образованію газовъ и раковинъ.

«Переливка изъ перваго ковша во второй не есть матеріальное неудобство, какъ это могло бы показаться съ перваго взгляда. Такая переливка обладаетъ даже хорошими сторонами, такъ какъ, благодаря ей, металлъ равномерно перемѣшивается, ста-

новясь однообразнымъ по составу. Такого рода переливка принята даже тѣми сталелитейными заводами, которые не употребляютъ никакого рафинирующаго средства при второй переливкѣ.

«Алюминій, согласно всему сказанному, имѣетъ слѣдующіе два преимущества, которые всегда за нимъ останутся какого бы рода сплавы ни предлагались для рафинировки:

а) Большое его сродство къ кислороду, что доказывается возстановленіемъ кремнія, дѣлаетъ его энергичнымъ возстановителемъ окисловъ и

б) его легкоплавкость и малый вѣсъ позволяетъ ему смѣшиваться съ расплавленной массой крайне быстро и гораздо однороднѣе кремнія, что вноситъ много простоты въ работу.

«Я полагаю, что рафинировка алюминіемъ призвана занять выдающееся мѣсто для всѣхъ сортовъ стали, подобно тому, какъ способъ Барби долженъ стать общепримѣнимымъ способомъ для твердой стали. Съ знаніемъ дѣла и опытнымъ руководствомъ эти два способа производства, несомнѣнно, дадутъ промышленности возможность выступить изъ области производства марганцевой стали и фабриковать бессемерованіемъ высшіе сорта исключительно углеродистой стали, которая въ настоящее время можетъ получаться лишь въ небольшихъ размѣрахъ».

Рафинировка чугуна.

Существенная польза алюминія для чугуна заключается въ замедленіи выдѣнія раствореннаго

углерода въ графитообразномъ состояніи, впредь до того момента, когда чугуны переходить отъ жидкаго къ твердому состоянію.

Въ моментъ перехода въ твердое состояніе, растворенный углеродъ выдѣляется моментально и въ большемъ количествѣ, чѣмъ безъ прибавки алюминія и, по причинѣ не имѣющей уже текучести металла, углеродъ остается равномерно распределеннымъ по всей массѣ.

Чугуны, полученный при помощи алюминія, имѣетъ болѣе однообразное и мелкозернистое строеніе; будучи болѣе плотнымъ, онъ не даетъ просасываться жидкостямъ при сильномъ давленіи; обрабатывается такой чугуны значительно легче. Стремленіе закаливаться въ минуту отливки значительно уменьшается. Моментальное выдѣленіе раствореннаго углерода даетъ возможность отвердѣвать самымъ тонкимъ частямъ отливки также равномерно, какъ и толстымъ. Алюминій уменьшаетъ усадку, быстрое же выдѣленіе углерода расширяетъ чугуны, который заполняетъ болѣе совершенно форму, при чемъ онъ становится большаго сопротивленія на разрывъ.

Кора, образующаяся отъ прилипанія песка при формовкѣ, совершенно или значительно устраняется, благодаря углероду, который, выдѣляясь на поверхности, замѣняетъ угольный порошокъ, употреблявшійся ранѣе для избѣжанія такой коры.

Алюминій возстановляетъ окись желѣза, которая можетъ содержаться въ чугуны, почему онъ становится болѣе текучимъ.

Количество алюминія, прибавляемое къ чугуну, ничтожно; оно рѣдко превышаетъ одну десяти-тысячную.

Количество это, понятно, колеблется въ зависимости отъ состава чугуна.

Сплавъ ферро-кремнистаго 70% алюминія вполне пригоденъ для рафинировки чугуна.

Сплавъ этотъ кладется кусками въ металлочерпальный ковшъ, но не въ самую печь и не долженъ быть крупнѣе 5 сантиметровъ. Эти куски заливаются чугуномъ.

Соединеніе образуется крайне быстро и однородно по причинѣ легкости алюминія.

По окончаніи соединенія даютъ чугуну отстояться, чтобы всѣ шлаки всплыли на поверхность.

Опоки должны быть сухи и, если возможно, нагрѣты до 200—300°.

Въ настоящее время, отказавшись отъ тяжелыхъ сплавовъ алюминія для рафинировки, т. е. такихъ, въ которые алюминій входитъ 50%, употребляютъ въ дѣло чистый, продажный алюминій или же сплавы средніе.

Желѣзо «Митисъ».

Прибавка алюминія къ желѣзу даетъ возможность плавить его въ обыкновенныхъ печахъ, что въ свою очередь позволяетъ дѣлать отливки изъ желѣза.

Такое желѣзо, извѣстное подъ названіемъ «Митиса», или «средняго» было впервые открыто шведскимъ инженеромъ Отсбергомъ.

Для полученія его нагрѣваютъ обрѣзки желѣза

въ графитовыхъ тигляхъ въ печи, отопляемой нефтью. Въ минуту, когда желѣзо достигнетъ тѣстообразнаго состоянія, прибавляютъ количество алюминія, колеблющееся сообразно обстоятельствамъ между 2 и 7 десятитысячными долями.

Въ то время, какъ алюминій приходитъ въ соприкосновеніе съ полурасплавленнымъ желѣзомъ, температура быстро возвышается; металлъ становится жидкимъ и можетъ отливаться какъ сталь.

Желѣзо «Митисъ» очень однородно по составу; оно не образуетъ раковинъ и пустотъ; оно не имѣетъ жилистаго строенія, близко подходя къ строенію стали. Сопротивленіе его на разрывъ около 43 кило.

Удлиненіе можетъ превышать 20%.

Оно обладаетъ ковкостью и вязкостью обыкновеннаго желѣза, имѣя ту же плотность.

Желѣзо, обработанное алюминіемъ, теряетъ вновь пріобрѣтенныя качества, когда его вновь обрабатываютъ пудлингованіемъ, что происходитъ, безъ сомнѣнія, потому, что окисляясь вновь, оно теряетъ послѣдніе слѣды алюминія, идущіе на возстановленіе вновь образовавшихся окисловъ.

Алюминій, будучи прибавленъ при пудлингованіи въ достаточномъ количествѣ, въ минуту, когда желѣзо становится тѣстообразнымъ, даетъ металлъ болѣе однородной консистенціи и упругости.

Однако, количество алюминія, которое должно быть прибавлено въ этомъ случаѣ, нѣсколько больше и достигаетъ часто отъ 2 до 3 тысячныхъ долей.

К О Н Е Ц Ъ .

ПРИЛОЖЕНИЕ I (къ стр. 21).

Законъ Жуля. Электрическій токъ, проходя по какому-либо проводнику, выдѣляетъ извѣстное количество теплоты. Подъ проводникомъ здѣсь разумѣтся вся цѣпь, пробѣгаемая токомъ т. е. какъ самъ источникъ электричества, аппараты, въ которыхъ происходитъ работа, такъ и электроды со всѣми проводниками.

Изучивъ это явленіе, Жюль нашелъ слѣдующій законъ:

Количество теплоты, выдѣленной токомъ, пропорціонально сопротивленію проводника, квадрату мощности тока и времени.

$$T_c = \frac{RI^2a}{g \times j} \text{ большихъ калорій (жулей).}$$

Исслѣдованія показали, что законъ этотъ всегда вѣренъ, какъ въ тѣхъ случаяхъ, когда выдѣленіе теплоты можетъ быть ощущаемо калориметромъ, такъ и тогда, когда теплота находится въ скрытомъ состояніи въ видѣ энергіи химической (см. работа тока стр. 10).

Граммъ-калорія или граммъ—градусъ = 4,2 жулей.

Обыкновенная калор. или кплогр. градусъ = 4,2 $\times$ 1000.

ПРИЛОЖЕНИЕ II (къ стр. 24).

Работа, необходимая для электролиза. Для разложенія какаго-либо раствора, необходимо затратить динамическую энергію, но меньшей мѣрѣ, соотвѣтствующую теплоту, выдѣляемой разложенными тѣлами при обратномъ ихъ соединеніи для образованія первоначальнаго раствора.

Законъ этотъ, основанный на принципѣ сохраненія энергій, провѣряется иногда съ трудомъ. Однако онъ все же безспорно вѣренъ, такъ какъ если бы было возможно разлагать тѣла, могущія произвести болѣе работы, чѣмъ на нихъ было затрачено для разложенія, тѣмъ самымъ было бы создано нѣкоторое количество энергій, что такъ же невозможно, какъ невозможно создать вѣчное движеніе.

ПРИЛОЖЕНІЕ III (къ способу Мине).

Положимъ, что мы желаемъ поставить установку на производство чистаго алюминія по способу Мине, съ такимъ расчетомъ, чтобы получать въ 24 часа 100 кило алюминія.

Двигательная сила: Мы уже знаемъ, что для полученія 1 кило алюминія по способу Мине нужно затратить 46 силъ въ часъ, откуда для 100 кило:

$$46 \times 100 = 4600 \text{ силъ.}$$

Такая сила будетъ доставлена двигателемъ:

$$\frac{4600}{24} \times \frac{100}{0,65} = 295 \text{ силъ,}$$

допуская потерю въ 0,35 на передачу, по причинѣ значительной мощности тока.

Сырой матеріалъ. Согласно послѣднимъ свѣдѣніямъ, полученнымъ отъ Мине для 1 кило алюминія требуется:

2 кило воднаго глинозема по 0,35 фран.	0,70
1 » кріолита	0,75
1 » фторъ—окиси глинозема	0,65
Всего . .	2,10 франк.

Стоимость установки.

Двигатель въ 300 силъ съ котлами . . .	франк. 120.000
2 динамо-машины	36.000
Бѣгунцы, приборъ для смѣшиванія, гидравлическій прессъ и т. п.	10.000

Печи	4.000
Разные расходы	20.000
Постройки	25.000
Земля подъ строеніями.	10.000
Капиталь обработки	100.000

Всего франк. 325.000

Ежедневный расходъ.

Сырой матеріаль обработки	франк. 210
Электроды	100
Топливо для печей, 1 тонна угля	18
Ручной трудъ	50
Топливо на двигатели 15 тоннъ по 15 ф.. . . .	225
Разные матеріалы	5
Ремонтъ коллекторовъ и щетокъ	50
Содержаніе завода	15
Директоръ электротехникъ	40
0/0 на капиталъ.	54.20
Погашеніе инвентаря	35.90
Непредвидѣнныхъ расходовъ	30

Всего франк. 833.10

откуда 1 кило выдѣланнаго алюминія 8 фр. 30 сант.

Слѣдуетъ замѣтить, что стоимость алюминія, обходящагося заводу въ 8,30 франк. кило есть тахѣмъ такъ какъ:

1. Цѣна на алюминіевыя руды должна скоро упасть, благодаря сильному развитію алюминіевой промышленности.

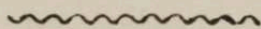
2. Вводя нѣсколько печей въ дѣло, можно понизить потерю на передачи и достигнуть потери всего въ 0,20 отъ чего необходимая двигательная сила уменьшится до 240 силъ.

3. Пользуясь расположеніемъ печи, которая сама образуетъ катодъ, достигаютъ затраты 31 силы въ часъ вмѣсто 46, что опять уменьшить общую потребность на таковую до 160 силъ. Правда, въ этомъ случаѣ металлъ не будетъ такъ чистъ, однако все же примѣсей не будетъ болѣе 10/0.

4. Мне полагаетъ, что достигнетъ возможности работать при 4 вольтахъ напряженія, что дастъ возможность повысить отдачу до 0,70, такъ какъ хлористый натръ уже не будетъ разлагаться, чѣмъ уничтожится второстепенная реакція.

5. При производствѣ сплавовъ отдача близка къ теоретической.

6. Замѣняя паровую силу водяной, можно значительно сократить расходы и довести стоимость алюминія заводу до 6 ф. кп.ло.



ТАБЛИЦЫ.

I. Химическіе и электрохимическіе эквиваленты.

— 302 —

Т ѣ л а.	Формула.	Атомный вѣсъ.	Эквиваленты.		Вѣсъ выдѣлен- наго тѣла 1 амперъ часамъ. въ грам- махъ.
			Химиче- скіе.	Электрохи- мическіе въ миллиграм- махъ.	
Азотъ	Az.	14	3,7	0,0380	0,137
Алюминій	Al.	27,4	9,16	0,0941	0,343
Барій	Ba.	137	68,5	0,7088	2,552
Бромъ	Br.	80	80	0,8280	2,981
Висмутъ	Bi.	210	70	0,7194	2,590
Водородъ	H.	1	1	0,01036	0,037
Желѣзо (minim)	Fe.	56	28	0,2897	1,043
Желѣзо (maxim)	Fe.	56	18,7	0,1922	0,692
Золото	Au.	196,6	65,5	0,6730	2,423
Іодъ	I.	127	127	1,3147	4,733
Кадмій	Cd.	112	56	0,5797	2,087
Кальцій	Ca.	40	20	0,2069	0,745
Калій	K.	39	39	0,4036	1,453

— 303 —

Кислородъ	O.	16	8	0,0827	0,298
Кобальтъ	Co.	59	29,5	0,3052	1,099
Кремній	Si.	28	7	0,0719	0,259
Магній	Mg.	24,4	12,2	0,1261	0,454
Марганецъ	Mn.	55	27,5	0,2844	1,024
Мышьякъ	As.	75	25	0,2569	0,925
Мѣдь (minim)	Cu.	63,6	63,6	0,6536	2,353
Мѣдь (maxim)	Cu.	63,6	31,8	0,3263	1,184
Натрій	Na.	23	23	0,2380	0,857
Никкель	Ni.	59	29,5	0,3052	1,029
Олово	Sn.	118	59	0,6105	2,198
Платина	Pt.	197,2	49,3	0,5066	1,824
Ртуть	Hg.	200	100	1,0344	3,726
Свинецъ	Pb.	207	103,5	1,0686	3,847
Серебро	Ag.	108	108	1,1180	4,025
Сурьма	Sb.	122	40,6	0,4172	1,502
Сѣра	S.	32	16	0,1655	0,596
Углеродъ	C.	12	3	0,0308	0,111
Фосфоръ	P.	31	10,3	0,1058	0,381
Фторъ	Fl.	19	19	0,1966	0,708
Хлоръ	Cl.	35,5	35,5	0,3675	1,323
Хромъ	Cr.	52,4	26,2	0,2711	0,976
Цинкъ	Zn.	65,4	32,7	0,3383	1,218

II. Химическіе и электрохимическіе эквиваленты. (Продолженіе).

Т	ѣ	л	а.	Формула.	Эквиваленты.		Вѣсъ разло- женного ве- щества 1 амперъ часамъ.
					Химическіе.	Электрохими- ческіе.	
Вода				$\text{H}_2 \text{ O}.$	9	0,0931	0,335
Кислоты: уксусная				$\text{C}_2 \text{ H}_4 \text{ O}_2.$	60	0,6211	2,236
” азотная				$\text{H Az O}_3.$	63	0,6519	2,347
” хлористоводородная (газъ)				$\text{HCl}.$	36,5	0,3777	1,360
” щавелевая				$\text{C}_2 \text{ H}_2 \text{ O}_4.$	45	0,4625	1,665
” фосфористая				$\text{H}_3 \text{ PO}_4.$	32,7	0,3361	1,210
” сѣрная				$\text{H}_2 \text{ SO}_4.$	49	0,5072	1,826
Окись серебра				$\text{Ag}_2 \text{ O}.$	116	1,2008	4,323
” мѣди				$\text{Cu O}.$	39,8	0,4119	1,483
Закись желѣза				$\text{Fe O}.$	36	0,3725	1,341
Окись желѣза				$\text{Fe}_2 \text{ O}_3.$	26,6	0,2733	0,984
Перекись марганца				$\text{Mn O}_2.$	21,7	0,2230	0,803
Окись ртути				$\text{Hg O}.$	108	1,1180	4,025

Закись никкеля	$\text{Ni O}.$	37,5	0,3880	1,397
Перекись свинца	$\text{Pb O}_2.$	59,7	0,6136	2,209
Окись калия	$\text{K}_2 \text{ O}.$	47	0,4874	1,755
Окись натрія	$\text{Na}_2 \text{ O}.$	31	0,3208	1,155
„ цинка	$\text{Zn O}.$	40,7	0,4191	1,509
Амміакъ (газъ)	$\text{Az H}_3.$	5,6	0,0575	0,207
Азотно-кислая окись серебра	$\text{Ag Az O}_3.$	170	1,7597	6,335
Нашатырь (хлористый аммоній)	$\text{Az H}_4 \text{ Cl}.$	53,5	0,5536	1,993
Хлорное желѣзо	$\text{Fe Cl}.$	63,5	0,6604	2,3812
Дву-треххлористое желѣзо	$\text{Fe}_2 \text{ Cl}_3.$	162,5	1,6900	6,0840
Хлористый никкель	$\text{Ni Cl}_2.$	64,5	0,6628	2,386
Треххлористое золото	$\text{Au Cl}_3.$	101	1,0380	3,737
Синеродистое серебро	$\text{Ag CAz}.$	134	1,3869	4,993
Синеродистый калий	$\text{KC Az}.$	65	0,6788	2,426
Сѣрноокислый аммоній	$(\text{Az H}_4)_2 \text{ SO}_4.$	66	0,6783	2,442
Сѣрнокислая мѣдь	$\text{Cu SO}_4.$	79,8	0,8250	2,970
„ кристал.	$\text{Cu SO}_4 + 5 \text{ H}_2 \text{ O}.$	124,8	1,2908	4,647
„ желѣзо крист.	$\text{Fe SO}_4 + 7 \text{ H}_2 \text{ O}.$	139	1,4388	5,180
„ никкель	$\text{Ni SO}_4 + 7 \text{ H}_2 \text{ O}.$	140,5	1,4544	5,236
Сѣрнокислый калий	$\text{K}_2 \text{ SO}_4.$	87	0,9016	3,246
Сѣрнокислый натръ	$\text{Na}_2 \text{ SO}_4.$	71	0,7350	2,646
„ цинкъ	$\text{Zn SO}_4.$	80,7	0,8352	3,007

III. Образованіе главнѣйшихъ составныхъ металлоидовъ.

И з в а н і я.	Формула.	Эквиваленты.	Выдѣляемая теплота въ калоріяхъ.	
			Въ свободномъ состояніи.	Въ растворѣ.
Озонъ.....	O ₃ .	48	—29,6 (газъ)	—
Перекись водорода.....	H O ₂ .	17	—	23,7
Ангидридъ сѣрнистой кислоты.....	SO ₂ .	32	+34,6 (газъ)	38,4
„ сѣрной кислоты.....	SO ₃ .	40	{ +45,9 (газъ) +51,8	— 70,5
Сѣрная кислота.....	H ₂ SO ₄ .	49	+27,2 (жидк.)	36,0
Ангидридъ хлорноватой кислоты.....	Cl O ₂ .	42,5	— 7,6 (газъ)	—2,9
Хлорноватая кислота.....	HClO ₃ .	84,5	—	—12,0
Хлорная кислота.....	HCl O ₄ .	100,5	—15,4 (жидк.)	4,9
Окись углерода.....	CO.	14	+14,4 (газъ)	—
Ангидридъ угольной кислоты.....	CO ₂ .	22	+48,5 (газъ)	51,3

IV. Теплота образованія металлических сѣрнистыхъ соединений.

На з в а н и е.	Формула.	Атомъ.	Эквива- ленты.	Выдѣленная теплота (твердое состояніе).	
				на граммъ атомъ.	на эквива- лентъ.
Калій.....	$K_2 S.$	110,2	55,1	102,2	51,1
Натрій.....	$Na_2 S.$	78	39	88,4	44,2
Алюминій.....	$Al_2 S_3.$	150	25	124,4	20,7
Марганецъ.....	$Mn S.$	87	43,5	45,2	22,6
Желѣзо.....	$Fe S.$	88	44	23,8	11,9
Цинкъ.....	$Zn S.$	97	48,5	43,0	21,5
Кадмій.....	$Cd S.$	144	72	34,0	17,0
Кобальтъ.....	$Co S.$	91	45,5	21,8	10,9
Никкель.....	$Ni S.$	91	45,5	19,4	9,7
Свинецъ.....	$Pb S.$	239	119,5	17,8	8,9
Мѣль (двусѣрная).....	$Cu_2 S.$	159,2	79,6	20,2	10,1
Мѣль (односѣрн.).....	$Cu S.$	95,6	47,8	10,2	5,1
Ртуть.....	$Hg S.$	232	116	19,8	9,9
Серебро.....	$Ag_2 S.$	140	124	3,0	1,5
Сурьма.....	$Sb_2 S_3.$	122	20,3	34,0	5,6

V. Теплота образования металлических окисловъ.

— 308 —

О к и с л ы.	Формула.	Атомы.	Эквиваленты.	Выдѣльная теплота въ жидкомъ состояніи въ обьки. калоріяхъ.	
				на грам. атомъ.	на эквивалентъ.
Вода.....	H ₂ O.	18	9,0	69,0	34,5
Кали.....	KHO.	56,1	56,1	69,8	69,8
Сода.....	Na HO.	40	40	67,8	67,8
Известь { безводная	Ca O.	56	28	112,0	56,0
	Ca OH ₂ O.	74	37	127,0	63,5
Глиноземъ { водный	Al ₂ O ₃ 3H ₂ O.	156	26,0	391,6	65,2
	Al ₂ O ₃ .	102	17,6	386,0	64,3
Марганецъ.....	Mn O.	71	35,5	94,8	47,4
.....	Mn O ₂ .	87	41,7	116,2	58,1
Желѣзо.....	Fe O.	72	36,0	69,0	34,5

— 309 —

.....	Fe ₂ O ₃ .	160	26,6	191,2	35,2
.....	Fe ₃ O ₄ .	232	25,7	269,0	29,6
Никкель.....	Ni OH ₂ O.	93	46,5	61,4	30,7
Кобальтъ.....	Co O.	75	37,5	64,0	32,0
Цинкъ.....	Zn O.	81	40,5	86,4	43,2
.....	Zn OH ₂ O.	99	49,5	83,6	41,8
Свинецъ.....	PbO.	223	111,5	51,0	25,5
.....	PbO H ₂ O.	241	120,5	53,4	26,7
Мѣдь.....	Cu ₂ O.	143,2	71,6	42,0	21,0
.....	Cu O.	79,6	39,8	40,4	20,2
.....	Cu OH ₂ O.	97,6	48,8	38,0	19,0
Серебро....	Ag ₂ O.	232	116	7,0	3,5
Платина.....	Pt O.	213,2	106,6	15,0	7,5
Висмутъ.....	Bi ₂ O ₃ .	468	78	137,8	22,9
Сурьма.....	H ₂ O ₃ .	292	45,6	167,4	27,9

VI. Таблица термическихъ величинъ.

Формула: $X=C-a$.

X —теплота образованія данной соли K .

C — » » калі.

a —термическая величина, соответствующая основанію соли K .

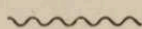
Величина a по отношенію эквивалентовъ солей въ разтворѣ.	С о л и.	Атомный вѣсъ.	
		Формула.	Теплота образованія.
Кислота	Фтористыя	KFl.	98,4
Соли серебра	Хлористыя	KCl.	100,8
» магнія	Бромистыя	KBr.	91,0
» цинка	Іодистыя	KІо.	74,7
» кадмія.....	Ціанистыя.....	KCy.	64,7
» алюминія.....	Сѣрнистыя	K ₂ S.	112,4

» марганца	36,8	Хлорновато-кислыя	KCl O ₃ .	96,0
» желѣза (закись) ...	50	Водныя	KNO.	82,3
» » (окись).....	3×58,2	Сѣрнокислыя	KH SO ₄ .	96,0
» никеля.....	54,0	Сѣрнокислыя	K ₂ SO ₄ .	196,0
» кобальта.....	53,4	Хромовокислыя	K ₂ Cr O ₄ .	189,2
» мѣди.....	69,5	Азотнокислыя	K NO ₃ .	96,1
» ртути	71,0	Углекислыя	K ₂ CO ₃ .	184,8
» свинца	61,6	Углекислыя кислыя	KH CO ₃ .	93,4
» олова	60,2	Уксусныя	KC ₂ H ₃ O ₂ .	95,6
» »	22,2	Щавелевыя	K ₂ C ₂ O ₄ .	193,2
» золота.....	72,35	»	KHC ₂ O ₄ .	96,1

Примѣръ: желаемъ найти теплоту образованія хлористаго никкеля; подставимъ въ формулу $X=C-a$, вмѣсто $C=100,8$ (теплота образованія KCl) и вмѣсто $a=54,0$ (термическая величина никкеля, получимъ:

$$X=100,8-54,0=56,8 \text{ калорій.}$$

О П Е Ч А Т К И.



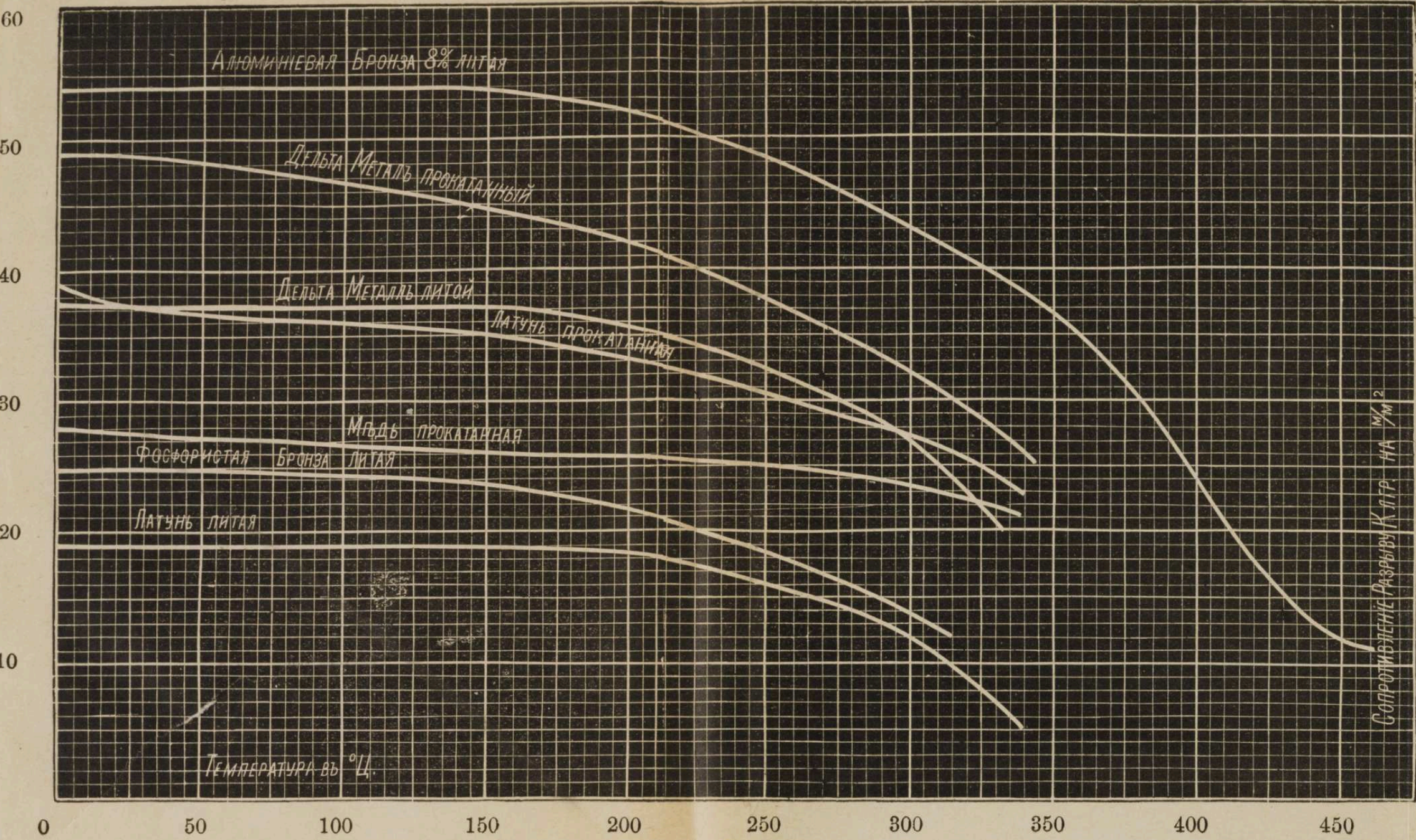
Стр.	Строка.	Напечатано.	Слѣдуетъ.
12	14 сверху	соотношеніи	соотношенія
15	15 „	вольтаметовъ	вольтаметровъ
25	Черт. 2	ее	ll
27	15 сверху	Электричества	Электричества
31	18 „	обыкновенный	обыкновенной
34	19 „	принять	принята
36	12 „	жидкаго	жидкой
—	15 „	nascendi	nascendi
43	9 снизу	обоженной кремніа	обоженной окиси кремніа
47	2 „	подвергается	подвергался
49	12 сверху	рзботалъ	работалъ.
—	17 „	приводящей	приводившей
50	4 снизу	голоидной	галоидной
51	5 сверху	плаванія	плавленія
53	5 „	и натрій	и фтористый натрій
65	14 снизу	первыя	первые
71	2 сверху	Аюлминій	Алюминій
74	13 снизу	Электролиза	Электролита
87	15 сверху	листрахъ	литрахъ
89	— „	Электротермическіа	Электрогермичзскіе
99	13 снизу	танны	тонны
105	11 „	тѣснообразнаго	тѣстообразнаго
123	— сверху	кандесированнаго	конденсированнаго
125	5 „	дѣйствительный	дѣйствительно.
147	1 снизу	(искусственнаго кріолита)	искусственнаго кріолита
151	10 сверху	легкоплавности	легкоплавкости
154	14 снизу	зубья с	зубья b
167	1 „	ок — ло	около
195	2 сверху	0,343 миллиграмма	0,343 грамма
196	4 „	алюминію	алюминія
198	20 снизу	портятъ	портить
200	1 сверху	ухудшается	ухудшаются
—	2 „	отличаются	отличается
202	6 „	гальвоническуу	гальвоническую
205	8 снизу	достигаетъ	достигается
212	7 сверху	составомъ	составовъ

<i>Стр.</i>	<i>Строка.</i>	<i>Напечат.</i>	<i>Слѣдуетъ</i>
VIII	2 снизу	Fabrication	Fabrication
XII	1 сверху	Способы электриче- скіе	Способы электротер- мическіе
127	10 снизу	Протта	Пратта
202	5 "	убѣли	убыли
203	10 сверху	Солянаа (жирн.)	Соляная (жирн.)
—	16 "	аллюминій	алюминій
205	13 "	розрѣзатъ	разрѣзатъ
—	4 снизу	треплемъ	трепломъ
231	3 "	припай	припай
234	5 сверху	Al ₀ , 75	Al—0,75
240	13 "	50 65	50 50 65
255	6 снизу	кислота	кислота
—	11 "	кріолетъ	кріолить
310	(въ таблиц.)	хлормистая	хлористая
309	(въ таблиц.)	Сюрма Н ₂ О ₃	Сюрма Sb ₂ O ₃

Сравнительная таблица уменьшения крѣпости при повышеніи температуры.

(Исслѣдованіе завода близъ Нейгаузена).

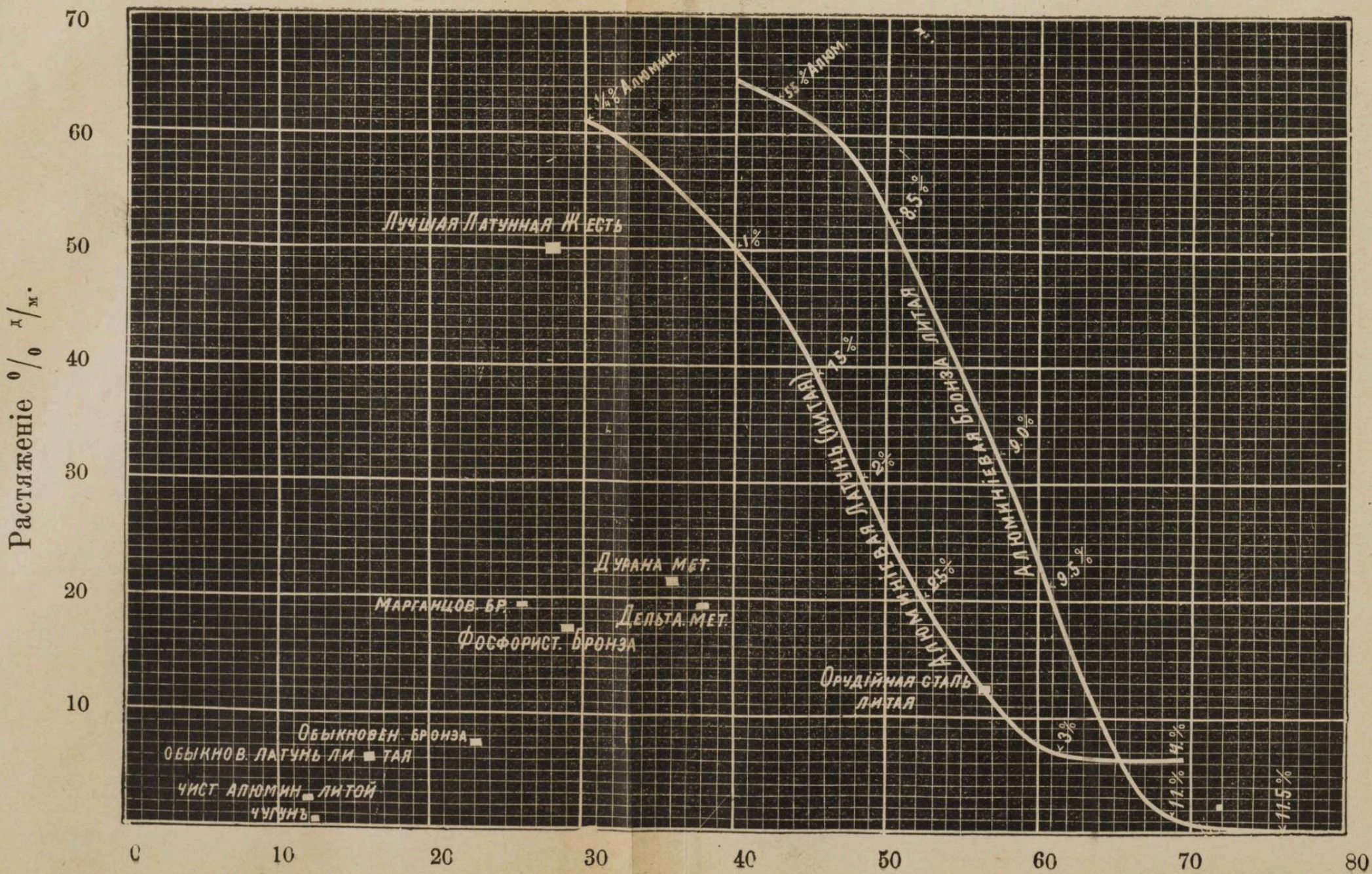
№ 1.



Сопротивленіе разрыву.

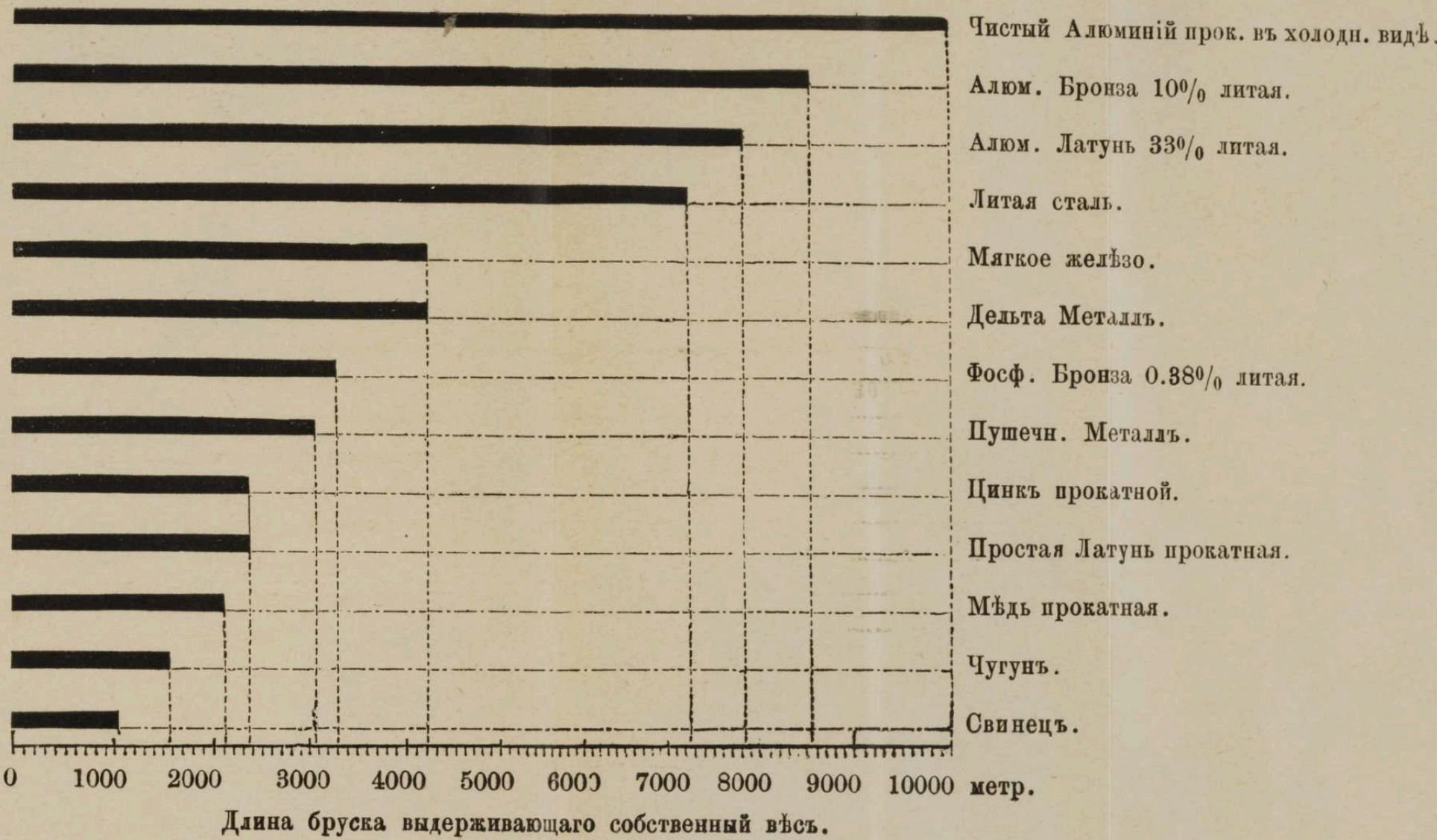
(Исслѣдованіе завода близъ Нейгаузена). Килограм. на □ м/м.

№ 2.



Сравнительная таблица собственной нагрузки.

№ 3.



Удѣльные вѣса

№ 4.

