

# Оборудование для электролиза расплавов

- Наиболее широко применяемым является электролиз расплавов при производстве алюминия.
- Основой промышленного электролита является система криолит – глинозем.

- Ввиду агрессивности указанных расплавов электролиз ведут с расходуемым угольным анодом, а внутренние поверхности ванны сооружаются из угольных плит и блоков.
- Электролизеры можно классифицировать по ряду признаков:
- По мощности (силе тока):
- 60—80 кА малой мощности,
- 100—160 кА средней мощности,
- 200—400 кА большой мощности.
- По способу подвода тока:
- боковой подвод — электролизеры малой и средней мощности;
- верхний подвод тока-электролизеры большой мощности.
- По конструкции анода:
- самообжигающийся за счет тепла ванны;
- обожженный.

- Число обожженных анодов составляет 20—24 шт. на ванну с установкой в два ряда (возможна установка и большего числа анодов).
- В ваннах с самообжигающимися анодами токоподвод может быть боковым и верхним.

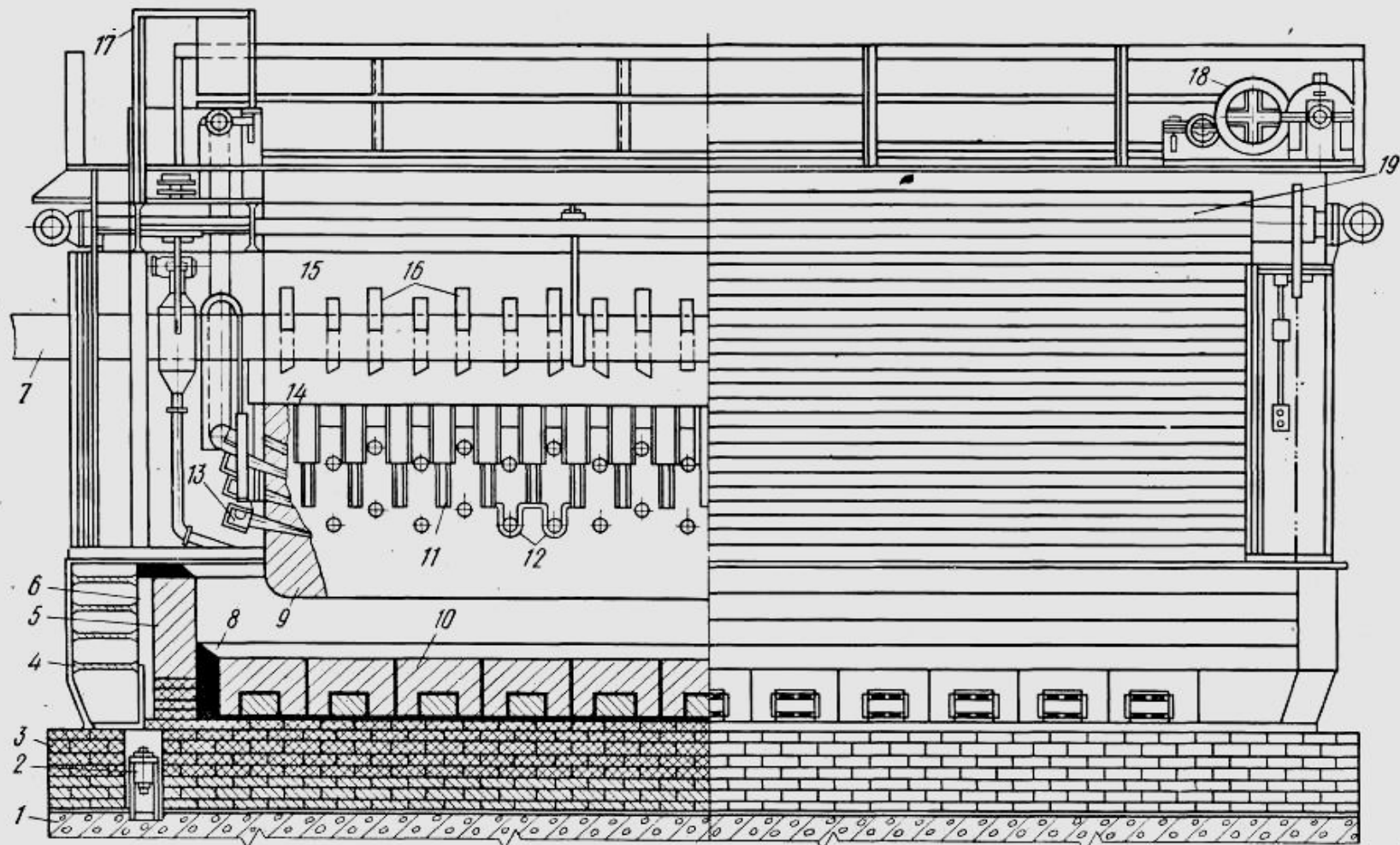


Рис. 23. Ванна с непрерывным самообжигающимся анодом и боковым подводом тока:

1 — фундамент; 2 — анкер; 3 — цоколь; 4 — кожух; 5 — боковые блоки; 6 — кирпичная кладка; 7 — анодная ошиновка; 8 — угольная набивка; 9 — анод; 10 — подовые блоки; 11 — перо; 12 — серьга; 13 — анодный штырь; 14 — рама жесткости; 15 — алюминиевая обечайка; 16 — гибкие шинки; 17 — бункер; 18 — подъемный механизм; 19 — шторы навивные

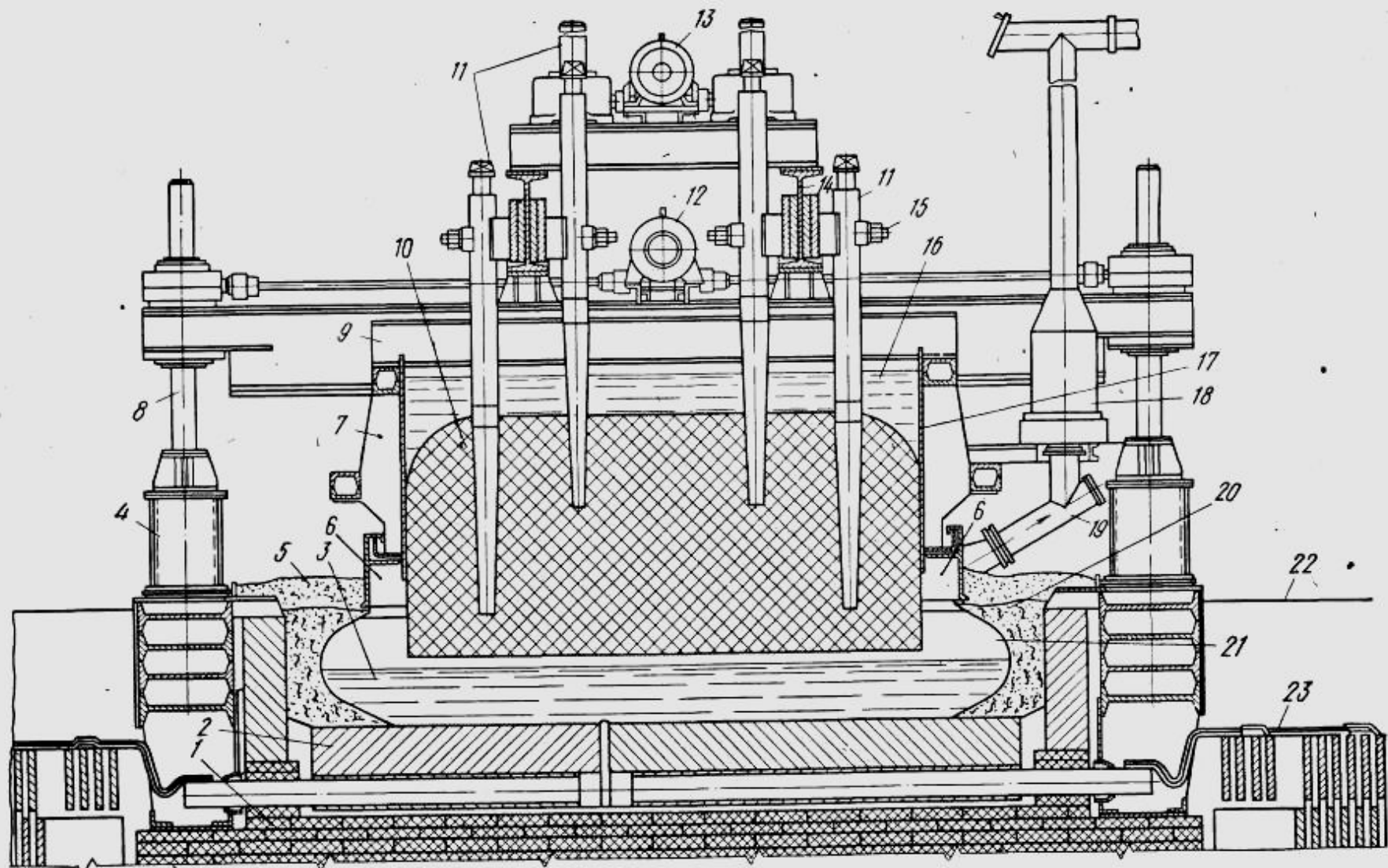


Рис. 24. Ванна с верхним подводом тока:

1 — цоколь; 2 — подина; 3 — алюминий; 4 — стойка; 5 — глинозем; 6 — газосборный колокол; 7 — ребра жесткости; 8 — домкрат; 9 — рама; 10 — спеченный анод; 11 — стальные штыри; 12, 13 — электродвигатели; 14 — анодные шины; 15 — колодки; 16 — жидкая анодная масса; 17 — кожух анода; 18 — горелка; 19 — патрубок; 20 — корка электролита; 21 — электролит; 22 — уровень пола; 23 — шины

- Электролизер состоит из стального кожуха, футерованного углеродистым и огнеупорным материалом, углеродистой подины, являющейся одновременно катодом ванны, и анода.
- Катод состоит из углеродистых блоков, соединенных при помощи стальных стержней в секции.

- В ваннах с боковым токоподводом штыри забивают в тело анода на четырех горизонтах. Работающими являются два нижних ряда штырей.
- Штыри при помощи гибких медных лент присоединены к анодной шине.
- Ванна с боковым токоподводом закрыта при помощи продольных и поперечных подъемных или раздвижных штор.
- Газы из-под укрытия удаляются через систему патрубков.



- В ваннах с верхним подводом тока подвеска анода осуществляется с помощью 2 – 4 рядов вертикальных стальных штырей.
- По высоте штыри расположены на разных горизонтах.
- По мере сгорания анода наиболее глубоко сидящие штыри выдергивают с помощью пневматических устройств.
- Нижняя часть анода закрыта газосборным колпаком, герметизированным засыпкой глинозема. Концентрированные анодные газы отсасываются из-под колпака и сжигаются в горелках.

- Сравнивая варианты способов подвода тока, можно отметить, что при верхнем варианте упрощается и удешевляется система отвода газов, уменьшается содержание в газовой фазе смолистых веществ (за счет сжигания в горелках).
- На ваннах с верхним токоподводом легче осуществлять механизацию пробивки корки электролита, а также автоматизации подачи глинозема в ванну.







- Корпус электролизера — стальной сварной. Корпуса могут быть с днищем и без днища. Первые устанавливаются на железобетонном фундаменте свободно, вторые крепятся к фундаменту.
- Корпус ванны снизу (по днищу или фундаменту) частично заполнен шамотной кладкой для теплоизоляции. На ней устанавливаются подовые катодные блоки со встроенными в них токоподводящими стальными блямсами.
- Для лучшего контакта блямсы заливаются в пазе блока чугуном. Боковые стороны имеют обкладку из асбестового листа, засыпку из глинозема и футеровку из угольных плит. Все швы и угольной кладке заполняются углеродистой массой.
- Глубина шахты ванны должна быть около 600 мм. Длина и ширина определяются мощностью ванны.

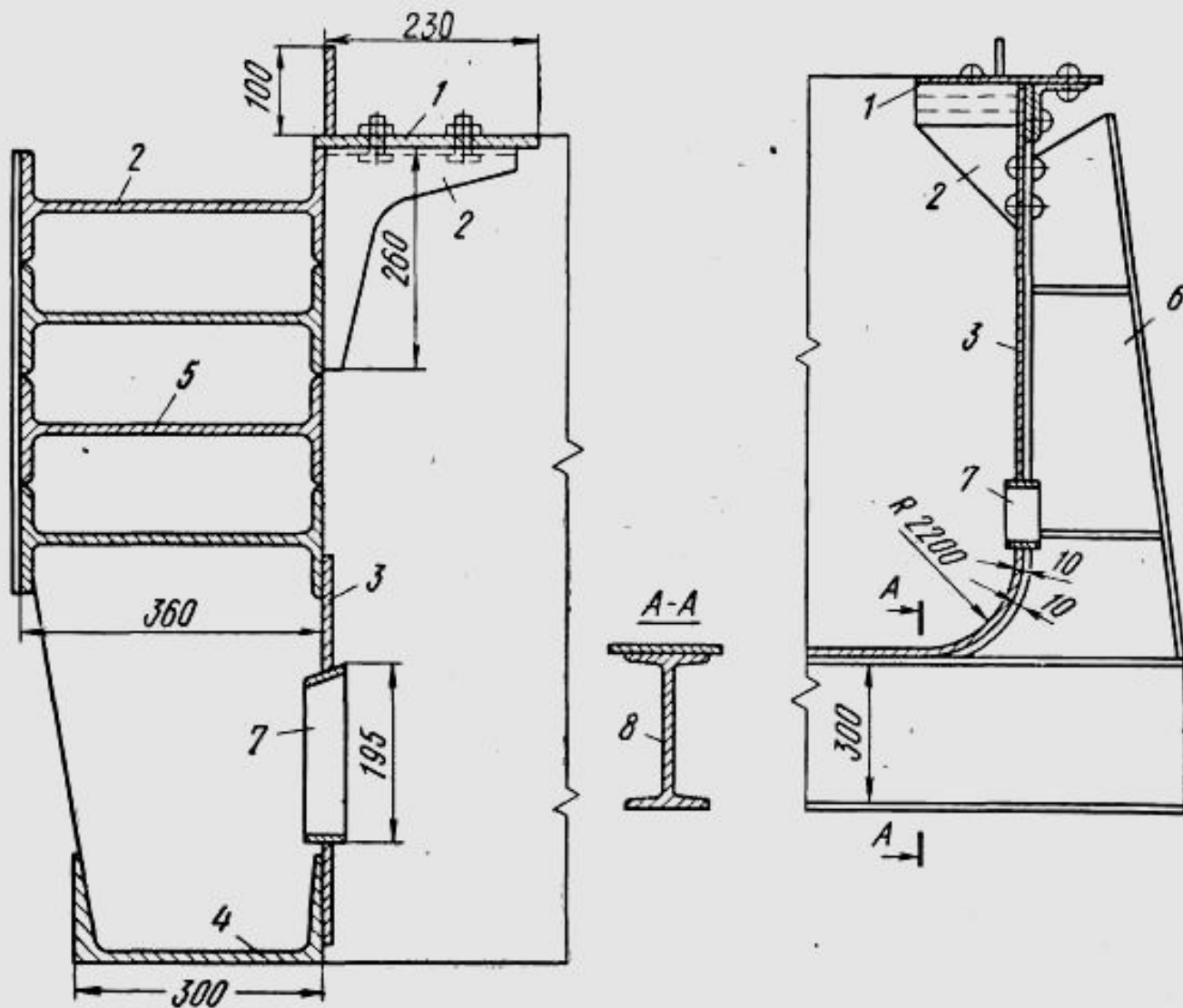


Рис. 25. Схема конструкции кожуха алюминиевой ванны:  
*a* — прямоугольная усиленная; *б* — с дном; 1 — бортовой лист; 2 — кронштейн; 3 — стальной лист; 4 — швеллер; 5 — двутавр; 6 — контрфорс; 7 — окно для катодного штоля

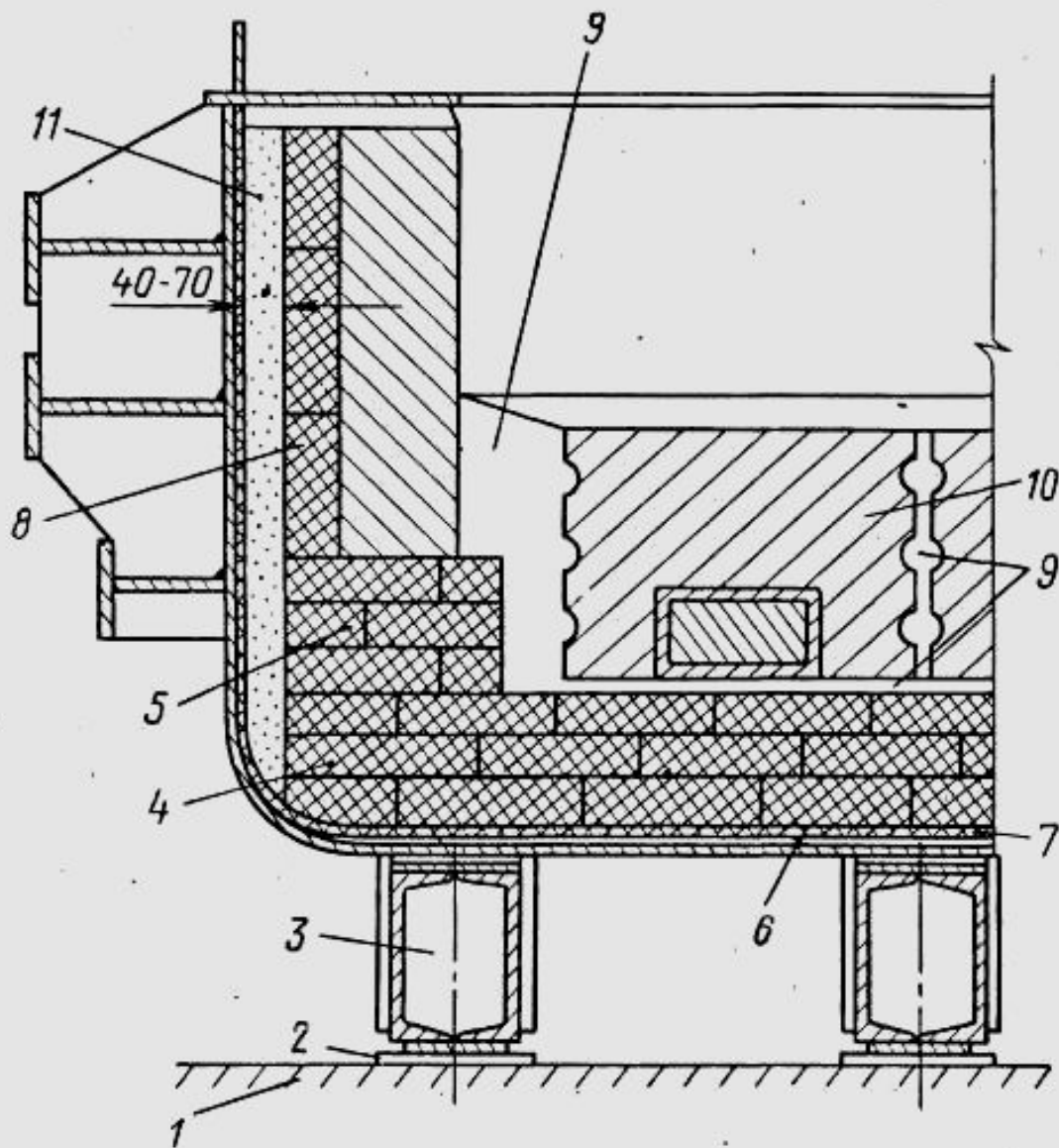


Рис. 28. Устройство подины:

1 — фундамент; 2 — электроизоляция; 3 — контрфорс; 4 — кожух; 5 — шамот; 6 — лист асбестовый; 7 — засыпка; 8 — боковая футеровка; 9 — подовая масса; 10 — катодные блоки; 11 — шамот-легковесный



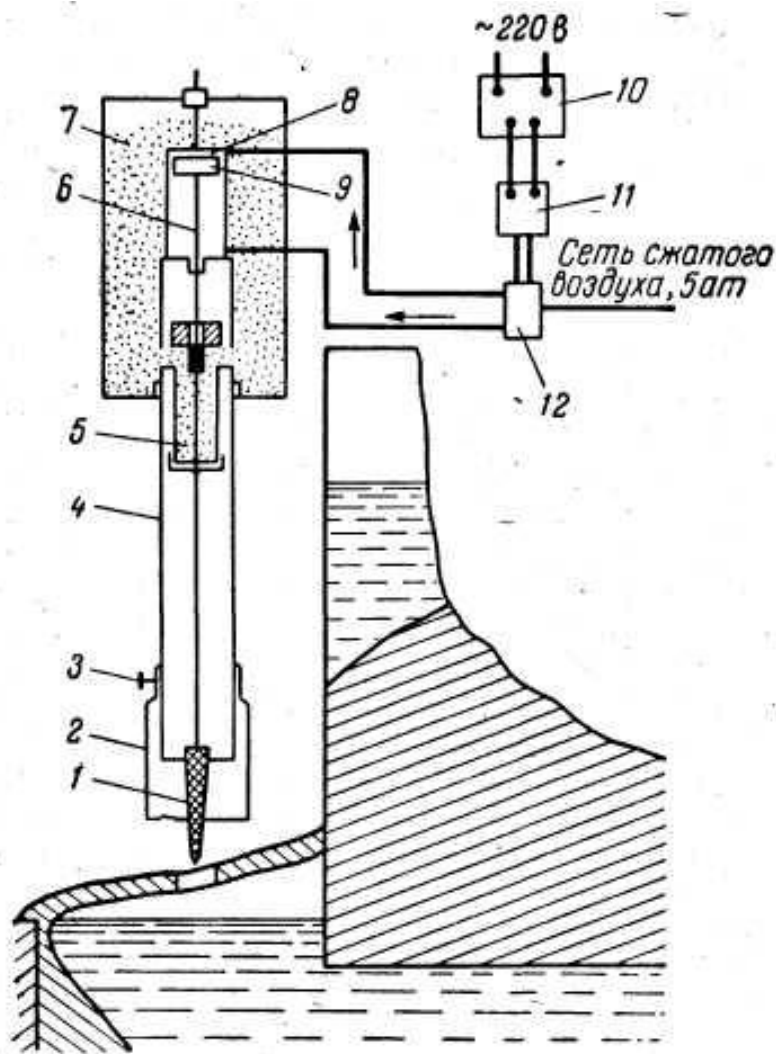


Рис. 30. Эскиз штокового питателя для глинозема:

1 — боек; 2 — колпак; 3 — прижимной винт; 4 — труба (диам. 60 мм); 5 — дозатор ( $V = 250 \text{ см}^3$ ); 6 — шток; 7 — бункер; 8 — цилиндр (диаметр = 80 мм); 9 — поршень ( $l = 250 \text{ мм}$ ); 10 — реле времени; 11 — электромагнит; 12 — двухходовой воздухораспределитель

- Самоспекающийся анод имеет вид прямоугольного параллелепипеда.
- На ваннах с боковым подводом тока анод имеет обечайку из алюминиевых листов.
- На ваннах с верхним подводом имеется нерасходуемая стальная обечайка, в которой происходит обжиг анодной массы.
- Сверху в обечайку загружается анодная масса в виде брикетов или блоков (ее состав: 70% кокса нефтяного или пекового, 28—30 % пека; не более 1% золы), внутри нее происходит расплавление массы (высота жидкого размягченного слоя 35—40 см), коксование и формирование угольного анода (высота твердой части 120—125 см). Жидкую часть анода охлаждают.

- Подовые блоки и боковые плиты могут иметь зольность 6—8%. При вводе ванн в работу их необходимо обжечь (3—6 сут.) и пустить в нормальную эксплуатацию (12—15 сут.).
- Размеры анода определяются заданной мощностью ванны и допустимой плотностью тока. Обычно применяют аноды шириной 2,8 – 3,2 м, длиной 8—11 м.

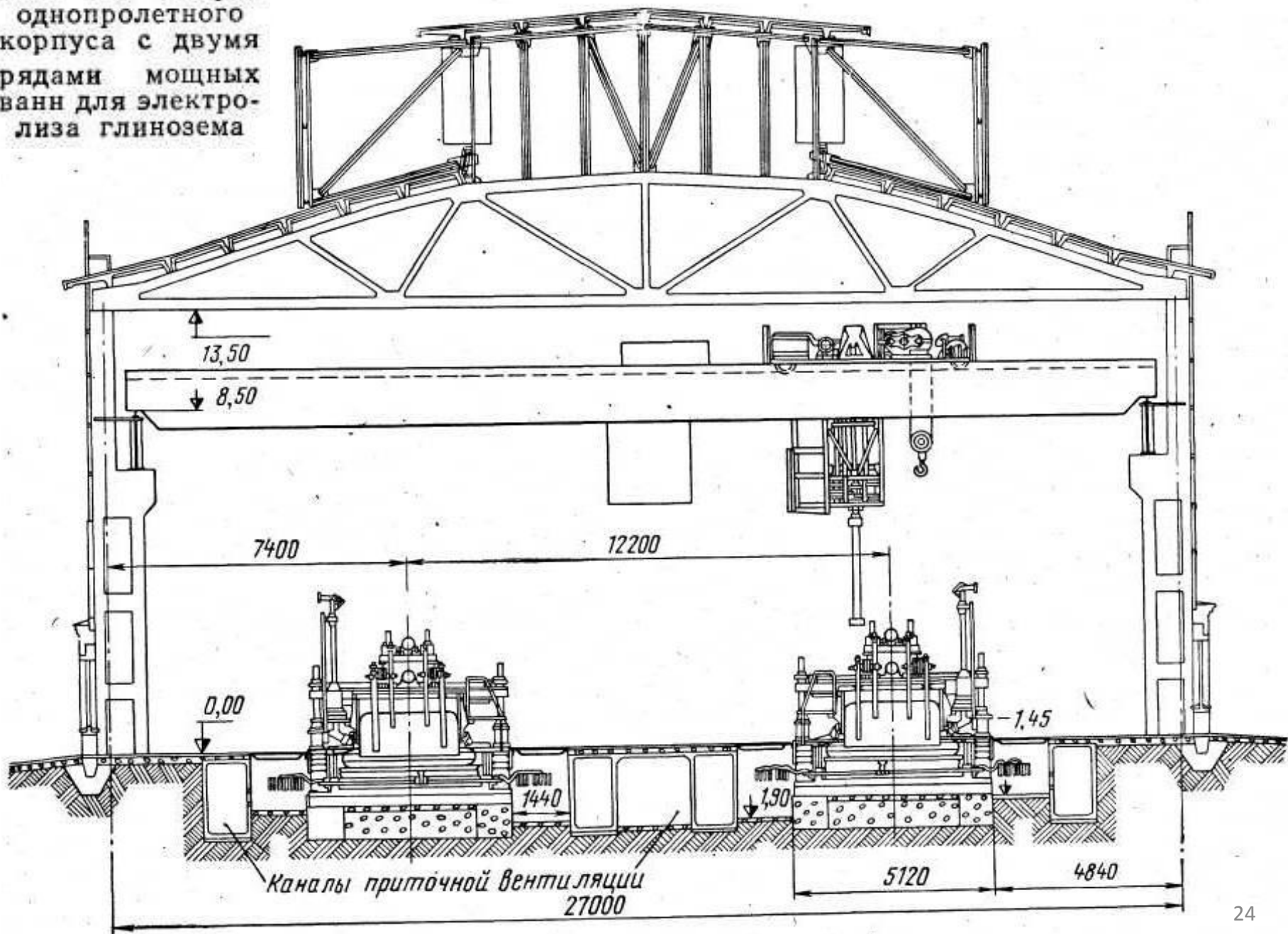
- Анод подвешивается на подвижной раме к металлоконструкциям ванны и автоматически перемещается по заданной величине потерь напряжения в электролите. Примерно раз в 10 дней по мере срабатывания анод перемещают относительно рамы на 18—20 см («перетяжка»). Эту операцию выполняют с помощью специальных машин.



- Ток подводится к ванне по пакету алюминиевых шин (расчет:  $0,3—0,4 \text{ А/мм}^2$ ) с двух сторон.
- От шин к штырям ток подводится по гибким медным шинам (спускам). Непосредственно в анод ток поступает по стальным штырям.
- При верхнем поводе тока штырь и шина соединяются колодкой с пружинным зажимом. Число штырей при боковом подводе и четырехрядной установке около 110 шт.; из них под током два ряда; нагрузка на штырь 1200—1300 А.
- При верхнем подводе штыри устанавливаются в четыре ряда (по два ряда ближе к каждой длинной стороне); нагрузка на штырь 2000 А; число штырей 50—80 шт.

- Срок службы ванн 3,5—5,0 лет (среднее 4 года).
- Электролизеры обычно объединяют в серию; в серии может работать 160—170 электролизеров. Из них всего 4—5 шт. резервных.
- Ванны серии часто устанавливаются в двух корпусах по два ряда в каждом. Возможно однорядное и четырехрядное расположение ванн.
- Обычная длина корпуса 400—500 м, ширина 20—30 м. Полы цеха электроизолируются.

Рис. 29. Разрез  
однопролетного  
корпуса с двумя  
рядами мощных  
ванн для электро-  
лиза глинозема





- Транспорт в корпусе обеспечивается мостовыми кранами, электрокарами-погрузчиками, автомобилями с бункером.
- Доставка глинозема к ваннам производится в самоходных бункерах.
- Перевозка алюминия осуществляется в футерованных ковшах.
- Все транспортные средства снабжаются приспособлениями, обеспечивающими электробезопасность.

- Машины выливки металла или электролита
- Машины предназначены для извлечения из алюминиевых электролизеров в вакуумный ковш жидкого металла или электролита.
- Машина обычно несет ковш, который через крышку подключен к автономной бортовой вакуумной системе.
- В данной системе можно создавать как разряжение, так и избыточное давление. Поэтому опорожнение ковша может производиться двумя методами: наклоном ковша и переливом, либо за счет избыточного давления под крышкой.
- В последнем случае машина находит применение как устройство для извлечения металла из электролизера, транспортное средство, а также установка сифонного перелива металла из ковша в литейный миксер.







- **Металловозы**
- **Металловозы применяются для транспортировки расплавленного алюминия из корпусов электролиза в литейный цех. Машины могут работать как в помещениях, так и вне помещений.**
- **Могут применяться варианты конструкции с гидравлическим опрокидыванием ковша или без опрокидывателя.**



- Вакуумные пылеборочные машины





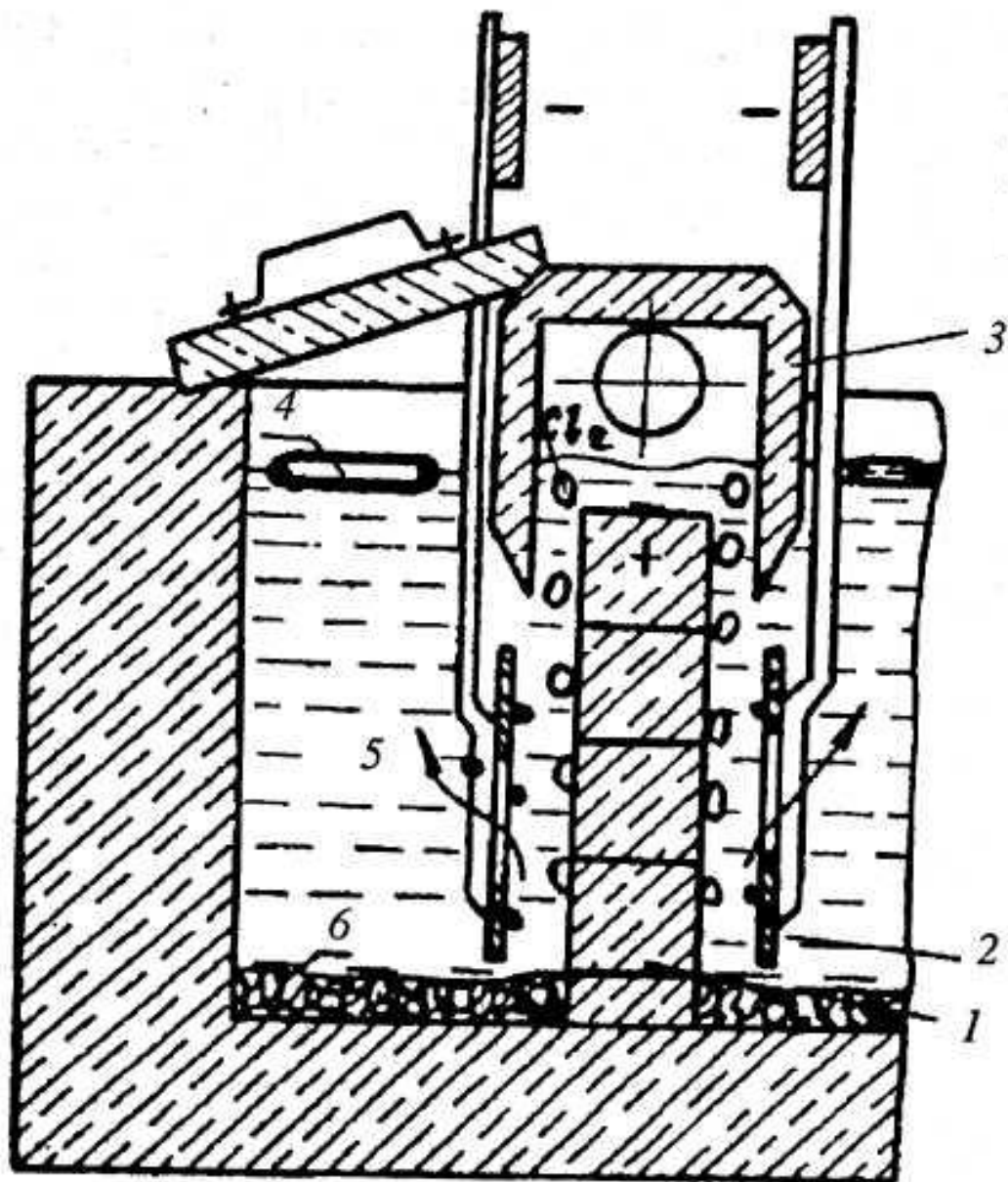
- Корпус должен хорошо вентилироваться.
- Вытяжная вентиляция должна забирать от электролизера с боковым подводом при закрытых шторах  $8000 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а во время обработки  $20\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;
- от электролизера с верхним подводом через колокол  $1500 \text{ м}^3/\text{ч}$ .
- Кратность обмена воздуха в цехе зимой составляет 7—8, летом 30—40.
- Принудительная подача воздуха вентиляторами производится на уровне пола через решетку по каналам, проложенным вдоль цеха (1—3 канала).
- Температура в цехе поддерживается около  $15^\circ \text{С}$  зимой и не более  $28^\circ \text{С}$  летом

# *Получение магния*

- Магний получают электролизом расплава, содержащего хлориды магния, калия, натрия и кальция.
- Разделение продуктов электролиза — металлического магния и газообразного хлора обеспечивает диафрагма.
- Магний, более легкий, чем электролит, и не растворяющийся в нем, накапливается на поверхности расплава; его периодически удаляют с поверхности ванны.
- Газообразный хлор, выделяющийся на аноде, выводится из электролизера и используется для получения хлорида магния.

Рис. 6.17. Схема ячейки электролизера для получения магния:

1 — графитовый электрод; 2 — стальной катод; 3 — диафрагма; 4 — расплавленный магний; 5 — электролит; 6 — шлам



- Современные промышленные электролизеры работают при нагрузке 50—120 кА. Различают два основных типа электролизеров: с верхним и с боковым подводом тока к аноду; первые позволяют заменять выходящие из строя аноды без остановки агрегата, но имеют меньший срок службы. Магниевые электролизеры работают непрерывно около года.

## Основные показатели работы диафрагменных электролизеров

Показатель	Тип электролизера	
	с верхним вводом анода, питание хлористым магнием	с боковым вводом анода, питание карналлитом
Сила тока, кА	32—110	60—75
Напряжение на ванне, В	6—8	5,4—5,7
Межэлектродное расстояние, см	7—12	7—8
Анодная плотность тока, А/см <sup>2</sup>	0,40—0,65	0,40—0,45
Выход магния по току, %	85—88	75—78
Расход электроэнергии, кВт·ч/кг	16,4—17,5	15,8—16,1
Выход отработанного электролита, кг/кг	0,2—0,4	4,2—4,4
Температура электролита, К	950—970	970—980

- Наиболее совершенными являются бездиафрагменные электролизеры, принципиально отличающиеся повышенным сроком службы катода, наличием ячеек для сбора магния, расположенных вне межэлектродного пространства; это повышает выход магния по току и производительность агрегата.

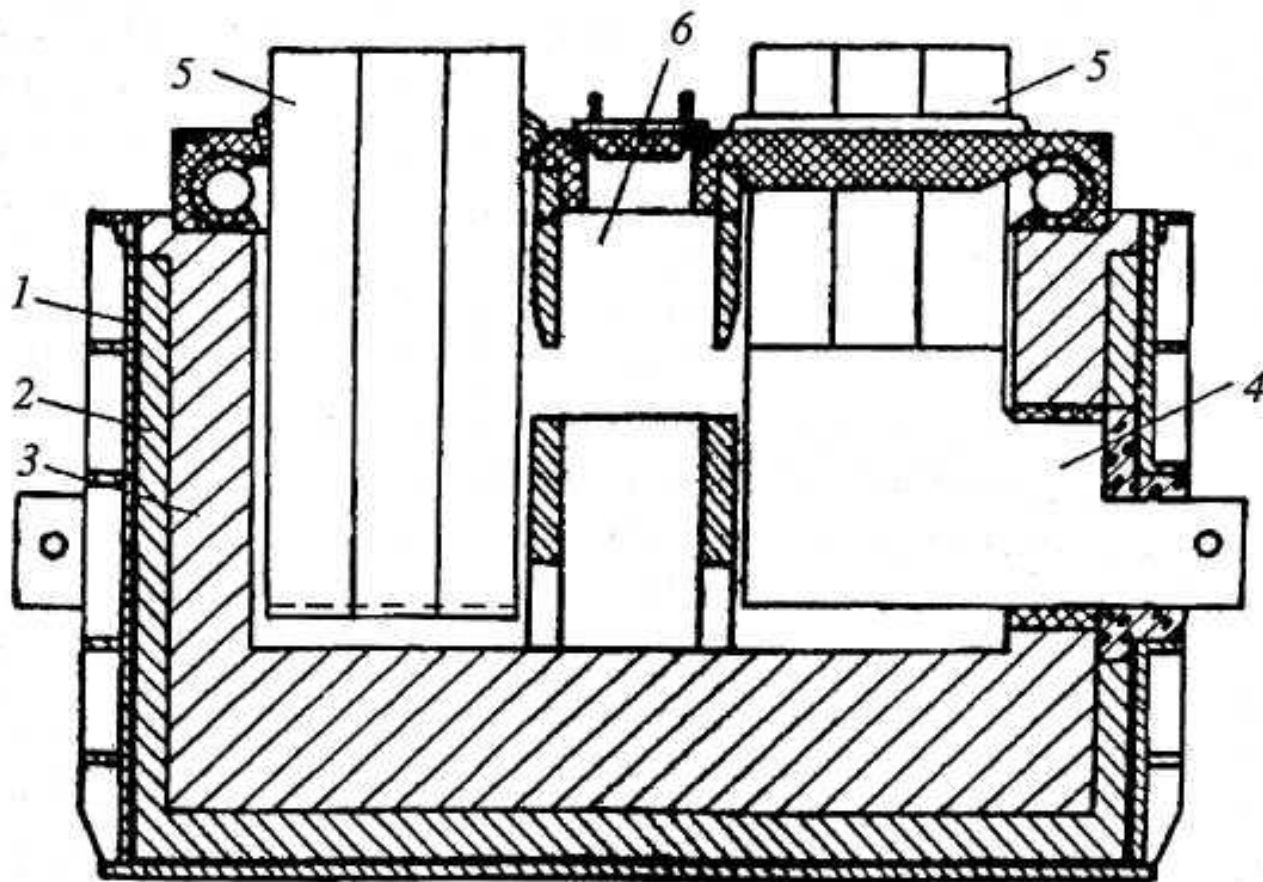


Рис. 6.18. Бездиафрагменный магниевый электролизер с верхним анодом и рамным катодом:

1 — кожух; 2 — теплоизоляция; 3 — футеровка; 4 — катод; 5 — анод; 6 — ячейка для сбора металла

# ***Электролитическое получение тантала***

- Электролитом при получении тантала является солевой расплав хлорида калия, фторида калия и фторотанталата калия, содержащий пятиокись тантала  $Ta_2O_5$ , растворенную в этом электролите до концентрации 2,5—3,0 %.



- Условия электролиза следующие:  
катодная плотность тока около  $50 \text{ A/m}^2$ ,  
анодная —  $120\text{—}160 \text{ A/m}^2$ .
- Процесс ведут до заполнения электролизера катодным осадком примерно на  $2/3$ , после чего анод извлекают из расплава и охлаждают электролит вместе с катодным осадком.

- В электролизере для получения тантала корпусом и катодом ванны является цилиндрический нихромовый тигель, обогреваемый снаружи, а анодом — полый перфорированный графитовый стержень, располагаемый по оси тигля.
- Установка снабжена дозатором пятиокиси тантала, которую подают в полость анода во избежание загрязнения им катодного осадка.

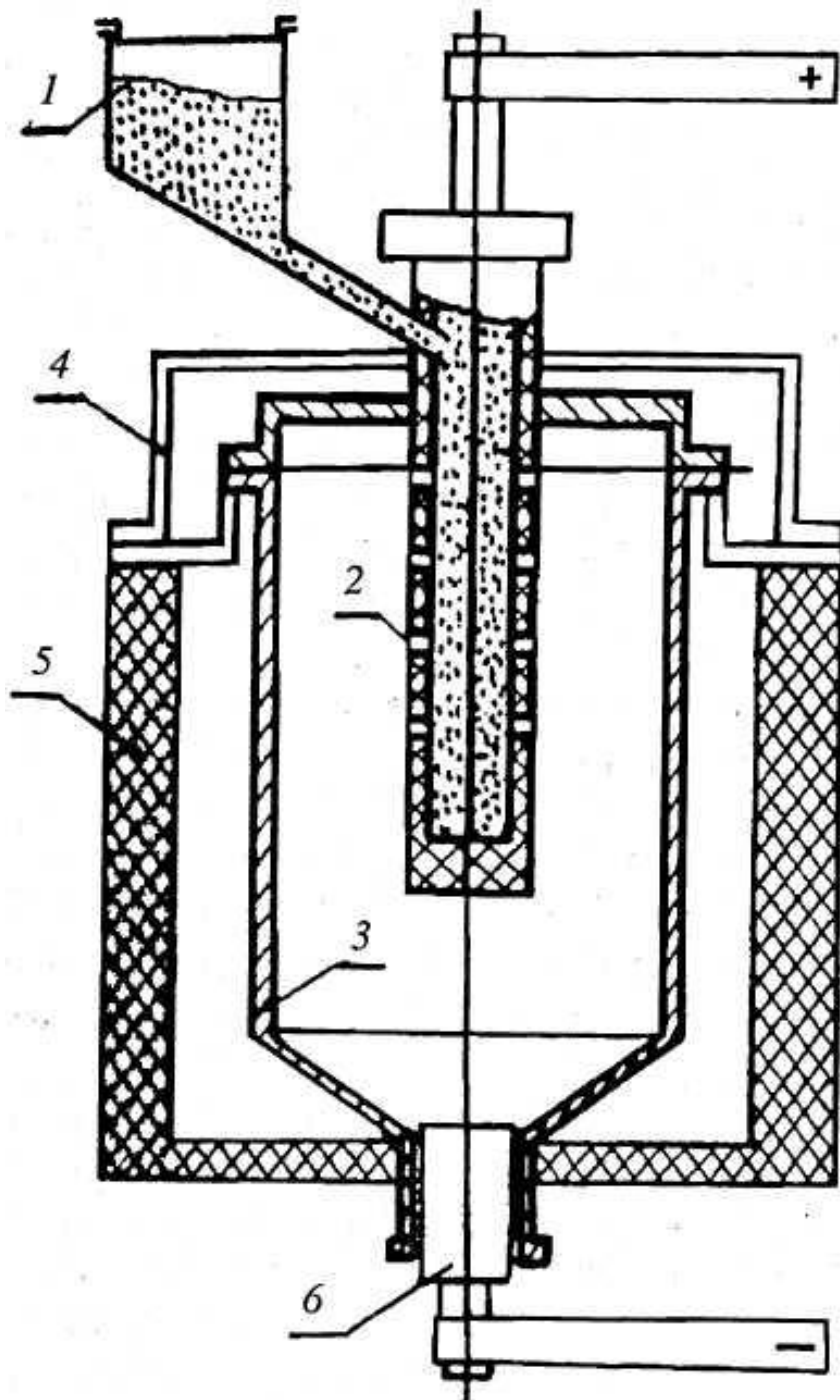


Рис. 6.19. Электролизер для получения тантала:

1 — бункер с питателем; 2 — порый графитовый анод; 3 — нихромовый тигель-катод; 4 — крышка; 5 — теплоизоляция; 6 — пробка-токоподвод

- Измельчением продукта электролиза и воздушной сепарацией отделяют частицы металлического тантала (плотность  $16,6 \text{ г/см}^3$ ) от значительно более легких солей, используемых затем для приготовления электролита.

### Показатели электролиза расплавов

Показатель	Растворимый анод	Нерастворимые аноды			
	Al	Al	Mg	Zr	Ta
Электрохимический эквивалент, г/(А·ч)	0,335	0,336	0,453	0,851	1,350
Анодная плотность тока, А/см <sup>2</sup>	0,57—0,70	0,7—1,2	0,40—0,65	3,5—4,5	0,012—0,016
Катодный выход по току, %	93—96	80—92	75—88	50—60	80—85
Напряжение на ванне, В	5,5—6,0	4,1—4,5	5,5—8,04	12—18	6,5—7,0
Расход электроэнергии, кВт·ч/кг	17,5—18,5	15,0—17,0	15,8—17,5	26—38	2,2—2,4
Температура электролита, К	1050—1070	1170—1270	950—980	1020—1070	950—990
Состав электролита, %			MgCl <sub>2</sub> 5—16		K <sub>2</sub> TaF <sub>7</sub> 15—18
	BaCl <sub>2</sub> 55—60	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 6—8	KCl 12—78	K <sub>2</sub> ZrF <sub>6</sub> 20—30	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 2,5—3,0
	AlF <sub>3</sub> 23—25	CaF <sub>2</sub> 6—8	NaCl 12—15	KCl 70—80	KCl 50—55
	NaF 12—15	Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub> 84—88	CaCl <sub>2</sub> 2—40		KF 25—28