

## 22. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Главными требованиями к металлургическому производству XX1 века являются:

1. Требования рынка к производителям металла о поставках стали высокого качества, при низкой стоимости, малыми партиями и в короткие сроки.

2. Требования к металлургическому производству о все большем соответствии предписаниям по защите окружающей среды, таким как сведение к минимуму всевозможных газо- и жидкофазных выделений, рециркуляция ресурсов, эффективное использование энергии, сопутствующих продуктов и отходов производства. Черная металлургия не нуждается в новых технологиях, обеспечивающих дальнейший рост мощностей. Интерес представляют разработки, направленные на повышение производительности агрегатов и качества металла и снижение экологической нагрузки на окружающую среду.

3. В настоящее время в мире определились две основные категории металлургических предприятий:

-интегрированные заводы мощностью до нескольких миллионов тонн готовой продукции, как правило, листовой, но иногда и высококачественный сортовой, включающие доменные печи, конвертеры и последующее оборудование и работающие в цикле руда-прокат (используются все виды разливки стали);

-мини-заводы производительностью 1,0 - 1,5 млн т в год, ориентированные в условиях электросталеплавильного производства на получение листового, сортового и профильного проката, работающие в цикле скрап (окатыши)-прокат (используется, как правило, разливка стали на МНЛЗ).

4. Стремятся объединить непрерывную разливку стали с прокаткой, использовать прямое восстановление (высококачественная железная руда и дешевый природный газ).

## 23. КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛИ

1. По химическому составу 2. По назначению 3. По степени раскисления  
4. По качеству 5. По способу производства

### По химическому составу

Углеродистые стали

- малоуглеродистые (до 0,25%С);
- среднеуглеродистые (0,25-0,6%С);
- высокоуглеродистые (свыше 0,6%).

Легированные стали - стали, обладающие повышенным качеством в результате добавления легирующих элементов.

### По назначению

Конструкционные стали (детали механизмов и машин).

Инструментальные стали (режущие и измерительные инструменты).

Специальные стали (жаропрочные, магнитные, коррозионно-стойкие)

### По степени раскисления

Спокойные стали (сп), кипящие стали (кп), полуспокойные стали (пс)

### По качеству

	СЕРА	ФОСФОР
Обыкновенного качества	0,06%	0,07%
Качественные	0,035%	0,035%
Высококачественные	0,025%	0,025%
Особо высококачественные	0,015%	0,025%

### По способу изготовления

Обыкновенного качества – в конвертерах и мартеновских печах

Качественные – в основных мартеновских печах

Высококачественные – в электропечах и мартеновских кислых печах

Особо высококачественные - в электропечах, электрошлаковый переплав и т.п..

### **Классификация сталей**

По химическому составу		По назначению	По качеству (по содержанию серы (S) и фосфора (P))	По степени раскисления
По содержанию углерода	По содержанию легирующих элементов			
Малоуглеродистые $C < 0,25\%$	Низколегированные, легирующих элементов $< 2,5\%$	<b>Конструкционные</b> - для строительных элементов и деталей, машин и приборов, <b>инструментальные</b> - для изготовления режущего инструмента, штампов и т.д., с <b>особыми физическими свойствами</b> (магнитные, электротехнические и т.д.), с <b>особыми химическими свойствами</b> (нержавеющие, жаростойкие и т.д.)	Обыкновенного качества $S < 0,06\%$ , $P < 0,07\%$	Спокойные (при варке полностью раскисленные), в конце маркировки «сп»,
Среднеуглеродистые $C: 0,25 \dots 0,6\%$	Среднелегированные, легирующих элементов $2,5 \dots 10\%$		Качественные $S < 0,035\%$ , $P < 0,035\%$	Полуспокойные – «пс»,
Высокоуглеродистые $C > 0,6\%$	Высоколегированные, легирующих элементов $> 10\%$		Высококачественные $S < 0,025\%$ , $P < 0,025\%$	Кипящие – «кп».
			Особовысококачественные $S < 0,015\%$ , $P < 0,025\%$	

### **24. МАРКИРОВКА СТАЛИ**

**УГЛЕРОДИСТЫЕ ОБЫКНОВЕННОГО КАЧЕСТВА** Ст0.....Ст6 (ГОСТ380-94)

Цифры обозначают условный номер марки в зависимости от химического состава и механических свойств. Чем больше число, тем больше содержание углерода в стали, выше прочность и ниже пластичность.

Сталь группы А гарантирует механические свойства (без горячей обработки).

Стали группы А поставляются с гарантированными механическими свойствами (табл.4.1), без указания химического состава.

## качества группы А (образцы толщиной до 20 мм)

Сталь	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , % не менее	Сталь	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , % не менее
Ст0	>310	23	Ст4	420-540	24
Ст1	320-420	34	Ст5	500-640	20
Ст2	340-440	32	Ст6	600	13
Ст3	380-490	27			

Примечание. Механические свойства приведены для спокойных и полуспокойных сталей.

Стали группы А используют в состоянии поставки для изделий, изготовление которых не сопровождается горячей обработкой. В этом случае они сохраняют структуру и механические свойства, гарантируемые стандартом.

Сталь марки Ст3 используется в состоянии поставки без обработки давлением и сварки. Химический состав этой группы сталей сильно колеблется. Ее широко применяют в строительстве для изготовления металлоконструкций.

**Химический состав (%) углеродистой стали обыкновенного качества группы Б**

Таблица 7

Сталь	С	Mn	Si в стали			S	P
			кп	пс	сп	Не более	
БСт0	<0,23	-	-	-	-	0,06	0,07
БСт1	0,06-0,12	0,25-0,5	0,05	0,05-0,17	0,12-0,3	0,05	0,04
БСт2	0,09-0,15	0,25-0,5	0,05	0,05-0,17	0,12-0,3	0,05	0,04
БСт3	0,14-0,22	0,30-0,65	0,07	0,05-0,17	0,12-0,3	0,05	0,04
БСт4	0,18-0,27	0,40-0,70	0,07	0,05-0,17	0,12-0,3	0,05	0,04
БСт5	0,28-0,37	0,50-0,80	-	0,05-0,17	0,15-0,35	0,05	0,04
БСт6	0,38-0,49	0,50-0,80	-	0,05-0,17	0,15-0,35	0,05	0,04

Примечания: 1. В сталях БСт1— БСт6 допускается не более 0,3% Сг; 0,3% Ni; 0,3% Си; 0,08% As; 0,08 %N.

**Сталь группы Б гарантирует химический состав (с горячей обработкой и для обработки давлением).**

Стали группы Б поставляют с гарантированным химическим составом, но механические свойства не гарантируются. Стали этой группы применяют для изделий, изготавливаемых с применением горячей обработки (ковка, сварка и в отдельных случаях термическая обработка), при которой исходная структура и механические свойства не сохраняются. Для таких сталей важны сведения о химическом составе, необходимые для определения режима горячей обработки.

**Стали группы В поставляются с гарантированными механическими свойствами и химическим составом (для сварки).** Стали группы В дороже, чем стали групп А и Б, их применяют для ответственных деталей (для производства сварных конструкций). В этом случае важно знать исходные механические свойства стали, так как они сохраняются неизменными в участках, не подвергаемых нагреву при сварке.

Для оценки свариваемости важны сведения о химическом составе. Механические свойства на растяжение для каждой марки стали группы В соответствуют нормам для аналогичных марок стали группы А (см. табл. 12), а химический состав — нормам для тех же номеров марок группы Б (табл. 13). Например, сталь ВСт4сп имеет механические свойства на растяжение, аналогичные стали Ст4сп, а химический состав одинаковый со сталью БСт4сп.

**Углеродистые стали обыкновенного качества (всех трех групп) предназначены для изготовления различных металлоконструкций, а также слабонагруженных деталей машин и приборов.** Эти стали используются, когда работоспособность деталей и конструкций обеспечивается жесткостью. Углеродистые стали обыкновенного качества широко используются в строительстве при изготовлении железобетонных конструкций. Широко используются для сварки.

**БСт3пс, ВСт1кп, Ст3сп**

### **УГЛЕРОДИСТЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ (ГОСТ1050-88)**

**Цифры обозначают количество углерода в сотых долях %**

**Н и з к о у г л е р о д и с т ы е**

**05кп, 08, 08кп, 10, 10кп (без термической обработки) хорошо штампуются и свариваются**

**15, 20, 25.**

**Спокойные стали маркируют без индекса, полуспокойные и кипящие — с индексом соответственно «пс» и «кп». Кипящие стали производят марок 05кп, 08кп, 10кп, 15кп, 20кп, полуспокойные — 08пс, 10пс, 15пс, 20пс.**

**С р е д н е у г л е р о д и с т ы е    40, 45, 30.**

**В ы с о к о у г л е р о д и с т ы е    60, 65, 70.**

**Качественные стали широко применяются в машиностроении и приборостроении, так как за счет разного содержания углерода в них, а соответственно и термической обработки можно получить широкий диапазон механических и технологических свойств.**

В табл.14 приведены механические свойства сталей после нормализации (числитель) и закалки с отпуском (знаменатель).

Марка стали (сплавы)	Термическая обработка при T, °C; охлаждающая среда*		$\sigma_b$ , МПа, не менее	$\delta_s$ , %, не менее	KCU, МДж/м <sup>2</sup>
	закалка	Отпуск (старение)			
18X2H4MA	950(вз)/860(вз)**	200(вз,м)	1130	12	0,98
30XГCH2A	900(м)	260(вз,м)	1375	9	0,59
03H18K9M5T	1220(в)/940(в)	530(вз))	1910	-	0,35
AC40XГHM	840(м)	600(вз)	980	12	0,88
40X10C2M	1030(вз,м)	750(м)	930	10	0,20
12X18H9T	1050(в)	-	620	41	2,50
40X15H7Г7Ф2MC	1180(в,вз)	800(вз)	886	16	0,29
10X11H23T3MP	1135(вз,м)	775	880	8	0,29
36X18H25C2	1200(в)	800(вз)	855	17	0,50
XH35BT	1000(в)	870/730*** Печь	800	18	0,80

\* Охлаждающая среда: в – вода; м – масло; вз – воздух, печь – охлаждение в печи

\*\*Двойная закалка

\*\*\*Двойное старение

**Механические свойства легированных сталей**

Таблица 9

Свойства	Марка стали			
	25	35	45	55
$\sigma_b$ , МПа	460	550	660	750
$\delta$ , %	27	22	17	12

**УГЛЕРОДИСТЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ (ГОСТ 1435-90)**

Цифры обозначают десятые доли углерода в %.

У10А (А – высококачественная сталь).

**ЛЕГИРОВАННЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ (ГОСТ4543-71)**

Цифры вначале марки обозначают сотые доли углерода в %, если после буквы нет цифры, значит легирующего элемента менее 1,5%.

Х – хром, Г – марганец, С – кремний, Н – никель, В – вольфрам, Ф – ванадий, Т – титан, М – молибден, К – кобальт, Ю – алюминий, Д – медь, Р – бор, Б – ниобий, Ц – цирконий, П- фосфор, А – азот, Е – селен.

30XГСА, 15Х, 25ХГТ

**ЛЕГИРОВАННЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ(ГОСТ 5950-73)**

Цифры вначале марки обозначают десятые доли углерода в %.  
9ХС, ХВГ

**СПЕЦИАЛЬНЫЕ**

Р18 – быстрорежущая (18% вольфрама), А12 – автоматная, ШХ15 – шарико-подшипниковая, Э – электротехническая

Автоматные стали маркируют буквой А (автоматная) и цифрами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента. Если автоматная сталь легирована свинцом, то обозначение марки начинается с сочетания букв «АС» (АС14).

**Химический состав автоматных сталей** Таблица 10

Марка стали	Содержание элементов, %						
	C	Mn	Si	S	P	Pb	Se
A11	0,07-0,15	<0,1	0,8-1,20	0,15-0,25	<0,10	-	-
A12	0,08-0,16	0,7-1,0	0,15-0,35	0,08-0,20	0,08-0,15	-	-
A20	0,17-0,24	0,7-1,0	0,15-0,35	0,08-0,15	<0,06	-	-
A30	0,27-0,35	0,7-1,0	0,15-0,35	0,08-0,15	<0,06	-	-
A40Г	0,37-0,45	1,2-1,55	0,15-0,35	0,18-0,30	<0,05	-	-
АС14	0,10-0,17	1,0-1,3	<0,12	0,15-0,20	<0,1	0,15-0,3	0,04
A35E	0,32-0,40	0,5-0,8	0,17-0,37	0,06-0,12	<0,035	-	0,10

**Зарубежные аналоги ряда отечественных марок  
легированных сталей** Таблица 11

Россия, ГОСТ	Германия, DIN *	США, ASTM*	Япония, JIS*
15X	15Cr3	5115	SCr415
40X	41Cr4	5140	SCr440
30XM	25CrMo4	4130	SCM430, SCM2
12XH3A	14NiCr10**	-	SNC815
20XГНМ	21NiCrMo2	8620	SNCM220
08X13	X7Cr13**	410S	SUS410S
20X13	X20Cr13	420	SUS420J1
12X17	X8Cr17	430(51430***)	SUS430
12X18H9	X12CrNi18 9	302	SUS302
08X18H10T	X10CrNiTi18 9	321	SUS321
10X13CЮ	X7CrAl13**	405**(51405)***	SUS405***
20X25H20C2	X15CrNiSi25 20	30314, 314	SCS18**, SUH310**

\*DIN (Deutsche Industrienorm), ASTM (American Society for Testing Materials), JIS (Japanese Industrial Standard).

\*\* Сталь, близкая по составу.

\*\*\* Стандарт SAE.

## ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

### 25.АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

**А л ю м и н и й** - самый распространенный после железа металл в современной технике, характеризуется высокими тепло- и электропроводностью, хорошей коррозионной стойкостью во многих агрессивных средах.

Плотность – 2,7 Г/см<sup>3</sup>; температура плавления - 660°C.

Алюминиевые сплавы разделяют на деформируемые (80%) и литейные.

Д е ф о р м и р у е м ы е делятся на у п р о ч н я е м ы е и н е у п р о ч н я е м ы е термической обработкой.

К термически неупрочняемым относятся сплавы

- алюминия с марганцем (АМц),
- алюминием с магнием (АМг2, АМг3, АМг6 и др.)

Они обладают средней прочностью, хорошей пластичностью и свариваемостью и высокой коррозионной стойкостью. Применяется в судостроении, в производстве холодильников и строительстве.

К термически упрочняемым относят следующие алюминиевые сплавы:

- на основе Al – Cu – Mg - дуралюмины Д1, Д16
- на основе Al - Cu - Mg – Si - авиали типа АВ
- на основе Al – Cu – Mg – Zn - высокопрочные В95, В96
- на основе Al – Mg – Ni – Si - жаропрочные АК4 –1, Д20
- на основе Al – Cu – Mg -Mn - ковочные сплавы АК6, АК8 и др.

Mg и Mn снижают его тепло- и электропроводность сплавов;

Mg, Mn, Cu, Zn, Ni, Cr упрочняют.

Эти сплавы хорошо обрабатывать ковкой, штамповкой, прокаткой. Широко применяются в машиностроении, самолетостроении, химической промышленности, приборостроении, транспортном и пищевом машиностроении.

#### Л и т е й н ы е    с п л а в ы

**С и л у м и н ы** - на основе алюминия, кремния и др. элементов (АЛ2, АЛ4, АЛ9) - используются в машиностроении, приборостроении (блоки цилиндров двигателей внутреннего сгорания, картеров блоков, корпусов, арматуры и др.).

Литейные сплавы на основе Al - Mg (АЛ8, АЛ13) обладают хорошей коррозионной стойкостью и применяются в судостроении.

Литейные сплавы на основе Al – Cu (АЛ7, АЛ19) обладают повышенной стойкостью и используется для деталей, работающих с нагрузками (арматура, кронштейны). Они также могут подвергаться термической обработке с целью повышения механических свойств, пластичности и снижения остаточных напряжений.

Алюминий применяют для приготовления спеченных алюминиевых сплавов (САС) и спекаемых алюминиевых пудр (САП), из которых изготавливают детали методами порошковой металлургии, позволяющей получать детали с особыми свойствами: коррозионной стойкостью, прочностью, пористостью.

**Маркировка алюминиевых сплавов.** В настоящее время одновременно «сосуществуют» две маркировки сплавов: старая буквенно-цифровая (табл. 12) и новая цифровая (рис. 53). Наряду с этим имеется буквенно-цифровая маркировка технологической обработки полуфабрикатов и изделий, качественно отражающая механические, химические и другие свойства сплава.

Примеры обозначения сплавов с помощью буквенно-цифровой и цифровой маркировок приведены в табл.14



**Рис. 53. Принципы цифровой маркировки алюминиевых сплавов**

**Буквенно-цифровая маркировка алюминиевых сплавов**

**Таблица 12**

Принцип классификации	Сплав	
	название	обозначение
По химическому составу	-	АМг, АМц
По названию сплава	Дуралюмин	Д1, Д16
По технологическому назначению	Ковочный	АК6, АК8
По свойствам	Высокопрочный	В95, В96
По методу получения полуфабрикатов и изделий	Спеченный	САП, САС
По виду полуфабрикатов	Литейный	АЛ2
	Проволочный	АМг5П



**Химический состав, %, и свойства некоторых алюминиевых Таблица 13 сплавов (ГОСТ 4784—74, ГОСТ 1583—89Е)**

Марка сплава	Cu	Mg	Mn	Si	Прочие	$\sigma_{\text{в}}$ , МПа	$\delta$ , %	НВ
Технический Al	-	-	-	-	-	75	36	-
Деформируемые сплавы, не упрочняемые термической обработкой								
АМц	0,1	0,2	1,0-1,6	0,6	0,1 Zn, 0,7Fe;	130	20	300
АМг2	0,1	1,8-2,6	0,2-0,6	0,4	0,2 Zn, 0,4Fe;	190	24	450
АМг5	0,1	4,8-5,8	0,4-0,8	0,5	0,02-0,1Ti, 0,0002-0,005 Be	270	18	550
Деформируемые сплавы, упрочняемые термической обработкой.								
Д1	3,8-4,8	0,4-0,8	0,4-0,8	0,7	0,1Ni, 0,7 Fe	210	18	-
Д16	3,8-4,9	1,2-1,8	0,3-0,9	0,5	0,1 Ni, 0,5 Fe	440	18	1050
В95	1,4-2,0	1,8-2,8	0,2-0,6	0,5	0,01-0,25 Cr, 5,0-7,0 Zn	540	10	1050
АК6	1,8-2,6	0,4-0,8	0,4-0,8	0,7-1,2		420	13	1000
Литейные сплавы								
АК12 (АЛ2)	-	-	-	10-13	-	180	7	500
АК9 (АЛ4)	-	0,17-0,30	0,2-0,5	8-10,5	-	260	4	750
АМ5 (АЛ19)	4,5-5,3	-	0,6-1,0	-	0,15-0,35Ti	360	3	1000

**Примеры маркировок алюминиевых сплавов Таблица 14**

Легирующие элементы	Маркировка		Легирующие элементы	Маркировка	
	буквенная	цифровая		буквенная	цифровая
А1 (чистый)	АД00	1010	Cu, Mg, Mn, Si	АК6	1360
Mn	АМц	1400		АК8	1380
Mg-Mn	АМг1	1510	Cu, Mg, Fe,	АК4	1140
	АМг5	1550	Ni, Si	АК4-1	1141
Mg-Si	АВ	1343	Zn-Mg	-	1911
Cu-Mg	Д1	1100	Zn-Mg-Cu	В95	1950
	Д16	1160		В96Ц1	1960
	ВАД1	1191	Cu-Mn	Д20	1200
	Д18	1187		-	1201

## 26. ПРОИЗВОДСТВО АЛЮМИНИЯ

Основным способом производства алюминия в настоящее время является **электролитический**. Электролиз - это совокупность процессов электрохимического окисления-восстановления, происходящих на погруженных в электролит электродах при прохождении электрического тока.

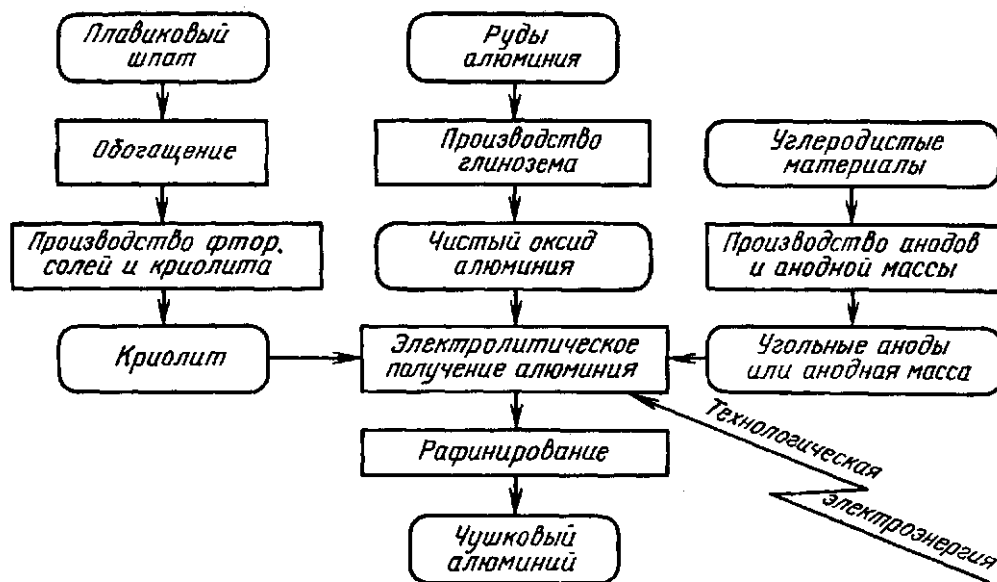


Рис. 54. Схема производства алюминия

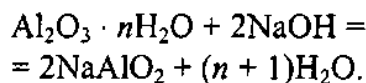
Производство алюминия включает:

- получение безводного, свободного от примесей оксида алюминия (глинозема);
- получение криолита из плавикового шпата;
- электролиз глинозема в расплавленном криолите
- рафинирование (удаление металлических и неметаллических включений, газов).

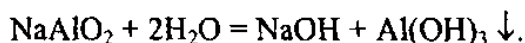
Упрощенная схема технологического процесса производства алюминия приведена на рис. 54

Основное сырье для производства алюминия - **алюминиевые руды: бокситы, нефелины, алуниты, каолины**. Наибольшее значение имеют бокситы. Алюминий в них содержится в виде минералов - гидроксидов  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{AlO}(\text{OH})$ , корунда  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и каолинита  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Алюминий получают электролизом глинозема - оксида алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) - в расплавленном криолите ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) с добавлением фтористых алюминия и натрия ( $\text{AlF}_3$ ,  $\text{NaF}$ ).

Глинозем получают из бокситов путем их обработки щелочью:

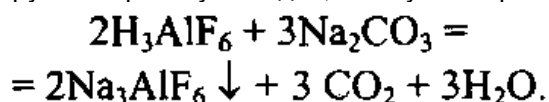


Полученный алюминат натрия  $\text{NaAlO}_2$  подвергают гидролизу:



В результате в осадок выпадают кристаллы гидроксида алюминия  $Al(OH)_3$ . Гидроксид алюминия **обезвоживают** во вращающихся печах при температуре 1150 ... 1200°C и получают обезвоженный глинозем  $Al_2O_3$ .

Для производства криолита сначала из плавикового шпата получают фтористый водород, а затем плавиковую кислоту. В раствор плавиковой кислоты вводят  $Al(OH)_3$ , в результате чего образуется фторалюминиевая кислота, которую нейтрализуют содой, и получают криолит, выпадающий в осадок:



Его отфильтровывают и просушивают в сушильных барабанах.

Электролиз глинозема  $Al_2O_3$  проводят в электролизере, в котором имеется ванна из углеродистого материала. В ванне слоем 250 ... 300 мм находится расплавленный алюминий, служащий катодом, и жидкий криолит.

Анодное устройство состоит из угольного анода, погруженного в электролит. Постоянный ток силой 70 ... 75 кА и напряжением 4 ... 4,5 В подводится для электролиза и разогрева электролита до температуры 1000 °С.

Электролит состоит из криолита, глинозема,  $AlF_3$  и  $NaF$ . Криолит и глинозем в электролите диссоциируют; на катоде разряжается ион  $Al^{3+}$  и образуется алюминий, а на аноде - ион  $O^{2-}$ , который окисляет углерод анода до  $CO$  и  $CO_2$ , удаляющихся из ванны через вентиляционную систему. Алюминий собирается на дне ванны под слоем электролита. Его периодически извлекают, используя специальное устройство. Для нормальной работы ванны на ее дне оставляют немного алюминия.

Алюминий, полученный электролизом, называют **алюминием-сырцом**. В нем содержатся металлические и неметаллические примеси, газы. Примеси удаляют рафинированием, для чего продувают хлор через расплав алюминия. Образующийся парообразный хлористый алюминий, проходя через расплавленный металл, обволакивает частички примесей, которые всплывают на поверхность металла, где их удаляют. Хлорирование алюминия способствует также удалению  $Na$ ,  $Ca$ ,  $Mg$  и газов, растворенных в алюминии.

Затем жидкий алюминий выдерживают в ковше или электропечи в течение 30 ... 45 мин при температуре 690 ... 730 °С для всплывания неметаллических включений и выделения газов из металла. После рафинирования чистота первичного алюминия составляет **99,5 ... 99,85 %**.

## 27.МЕДЬ И ЕЕ СПЛАВЫ

**Технически чистая медь обладает высокой пластичностью, коррозионной стойкостью, электропроводностью и теплопроводностью, жидкотекучестью, она хорошо обрабатывается давлением, сваривается всеми видами сварки и легко поддается пайке.**

**Плотность 8,97 Г/см<sup>3</sup>; температура плавления 1083°C; около 50% меди используется в электропромышленности.** По чистоте медь подразделяют на марки (ГОСТ 859-78):

Таблица 15

Марка	МВЧк	МОО	МО	М1	М2	М3
Содержание Cu+Ag не менее	99,993	99,99	99,95	99,9	99,7	99,5

После обозначения марки указывают способ изготовления меди: к - катодная, б - бескислородная, р - раскисленная. Медь огневого рафинирования не обозначается.

МООк - технически чистая катодная медь, содержащая не менее 99,99% меди и серебра.

М3 - технически чистая медь огневого рафинирования, содержит не менее 99,5% меди.

Медные сплавы подразделяются на **б р о н з ы** и **л а т у н и**.

**Б р о н з а м и** называют сплав меди с оловом, алюминием, кремнием, бериллием, кадмием, хромом, сурьмой и др.элементами. Бронзы бывают: **самые распространенные алюминиевые, оловянистые для изготовления водяной и паровой аппаратурой, зубчатых колес; бериллиевые** (обладают прочностью,

упругостью, химической стойкостью, свариваемостью) **для изготовления мембран и пружин; свинцовистые для подшипников** (антифрикционные) и др..

Бр С30, Бр ОФ 10-1, Бр А7. Цифры после букв, определяющих химические элементы, обозначают количество этих элементов в %.

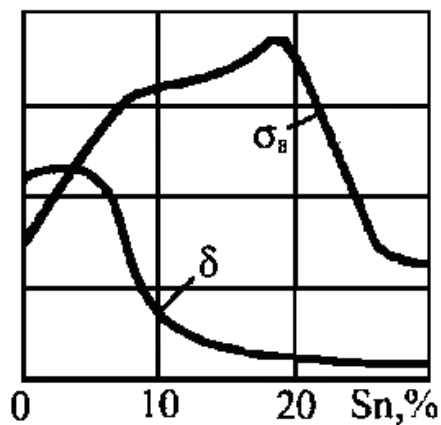
**О – олово, Ж – железо, Ф – фосфор, Б – бериллий, Х – хром**

**Бронзы имеют более высокую прочность и твердость, чем чистая медь и используется для изготовления фасонных отливок (литейные бронзы) и деталей машин** штамповкой, ковкой, прокаткой (**бронзы для обработки давлением**). Литейные бронзы применяются для водоаппаратуры Бр О10, Бр ОЦС 5-5-5, деформируемые Бр ОЦС 4-4-2,5.

**Химический состав, %, и механические свойства некоторых марок оловянных бронз (ГОСТ 5017—74, ГОСТ 613—79)**

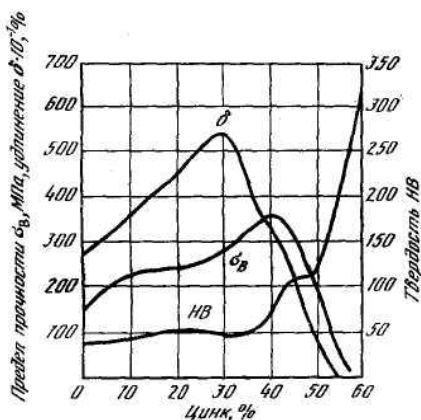
*Таблица 16*

Марка бронзы	Sn	Zn	Pb	P	σв, МПа	δ, %	НВ	Назначение
Бронзы, обрабатываемые давлением								
БрОФ4-0,25	3,5-4,0	-	-	0,2-0,3	340	52	650	Трубки ап- паратов и приборов Ленты, по- лосы, прутки Ленты, полос прутки, прово для пружин Ленты и по- лосы для прокладок во втулках и подшипни- ках
БрОФ6,5-0,15	6-7	-	-	0,1-0,15	400	65	800	
БрОЦ4-3	3,5-4,0	2,7-3,3	-	-	350	40	600	
БрОЦС-4-4-2	3-5	3-5	1,5-3,5	-	350	40	600	
Литейные бронзы								
БрО10Ф1	9-11	-	-	0,4-1,1	250	7	800	Сложное ли- тье, под- шипники, шестерни Водяная и паровая ар- матура, шес- терни Художест- венное литье
БрО5Ц5С5	4-6	4-6	4-6	-	180	4	600	
БрО6Ц6С2	5-7	5-7	1-4	-	-	-	-	



**Рис.55. Влияние олова на механические свойства бронз**

Л а т у н я м и называют двойные или многокомпонентные сплавы, основным легирующим элементом которых является цинк. Цвет и механические свойства латуни изменяются при увеличении в них цинка (рис.56). Латунь Л68 содержит 68% меди. ЛАЖМц 66-6-3-2. По назначению латуни подразделяются на деформируемые (листы, ленты, проволока, трубы) и литейные (отливки, слитки). Латунь с 15% цинка имеет золотистый цвет и хорошую стойкость против атмосферной коррозии, и ее используют вместо золота для изготовления медалей. При добавке олова 1,5% она приобретает стойкость к морской воде (морская латунь)



**Рис. 56. Зависимость механических свойств латуни от содержания цинка**

Марка латуни	Химический состав, %		σв, МПа	δ, %	НВ	Назначение
	Cu	легирующие элементы				
Деформируемые латуни						
Л90 (томпак)	88-91	-	260	45	530	Ленты, листы, трубы
Л80	79-81	-	320	52	550	Ленты, проволока
Л63	62-65	-	330	50	560	Ленты, проволока, прутки
ЛС59-1	57-60	0,8-1,9Pb	400	45	900	Полосы, прутки
ЛЖМц59-1-1	57-60	0,6-1,2 Fe; 0,1-0,4 Al; 0,3-0,7 Sn;0,5-0,8 Mn	450	50	880	Проволока, трубы
ЛАЖ60-1-1	58-61	0,75-1,5 Al; 0,75-1,5 Fe	450	45		Трубы, прутки
Литейные латуни						
ЛЦ16К4	78-81	3,0-4,5 Si	300	15	100	Арматура, детали приборов.
ЛЦ40Мц3Ж	53-58	3,0-4,0 Mn; 0,5-1.5 Fe	500	10	100	Детали ответственного назначения, гребневые винты.
ЛЦ23А6Ж3М	64-68	4,0-7,0 Al; 2,0-4,0 Fe; 1,5-3,0 Sn	700	7	160	Гайки нажимных винтов, червячные винты

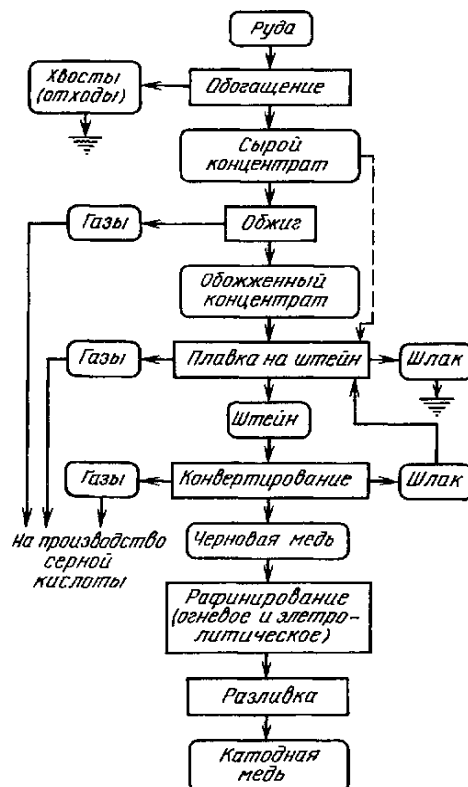
## **28. ПРОИЗВОДСТВО МЕДИ**

**Медь получают главным образом пирометаллургическим способом. Пирометаллургия - это совокупность металлургических процессов, протекающих при высоких температурах. Производство меди из медных руд включает:**

- **обогащение,**
- **обжиг (для уменьшения содержания серы),**
- **плавку на полупродукт - штейн,**
- **выплавку из штейна черновой меди (конвертирование)**
- **очистку от примесей (рафинирование) огневое или электролитическое.**

На рис. 57 приведена упрощенная схема получения меди пирометаллургическим способом, которым получают более 85 % производимой меди.

**Рис. 57. Схема производства меди**



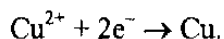
Для производства меди применяют медные руды, содержащие 1 ... 6 % Си, а также отходы меди и ее сплавов. В рудах медь обычно находится в виде сернистых соединений ( $\text{CuFeS}_2$ ,  $\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $\text{CuS}$ ), оксидов ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{CuO}$ ) или гидрокарбонатов [ $\text{CuCO}_3$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,  $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ]. Перед плавкой медные руды обогащают и получают концентрат. Для уменьшения содержания серы в концентрате его подвергают окислительному обжигу при температуре 750 ... 800 °С. Полученный концентрат переплавляют в отражательных или электрических печах. При температуре 1250 ... 1300 °С восстанавливаются оксид меди ( $\text{CuO}$ ) и высшие оксиды железа. Образующийся оксид меди ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), реагируя с  $\text{FeS}$ , дает  $\text{Cu}_2\text{S}$ . Сульфиды меди и железа сплавляются и образуют штейн, а расплавленные силикаты железа растворяют другие оксиды и образуют шлак. Затем расплавленный медный штейн заливают в конвертеры и продувают воздухом (конвертируют) для окисления сульфидов меди и железа и получения черновой меди.

Черновая медь содержит 98,4 ... 99,4 % Си и небольшое количество примесей. Эту медь разливают в изложницы.

Черновую медь рафинируют для удаления вредных примесей и газов. Сначала производят огневое рафинирование в отражательных печах. Примеси S, Fe, Ni, As, Sb и другие окисляются кислородом воздуха, подаваемым по стальным трубкам, погруженным в расплавленную черновую медь. Затем удаляют газы, для чего снимают шлак и погружают в медь сырое дерево. Пары воды перемешивают медь и способствуют удалению  $\text{SO}_2$  и других газов. При этом медь окисляется, и для освобождения ее от  $\text{Cu}_2\text{O}$  ванну жидкой меди покрывают древесным углем и погружают в нее деревянные жерди. При сухой перегонке древесины, погруженной в медь, образуются углеводороды, которые восстанавливают  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

После **огневого рафинирования** получают медь чистотой 99 ... 99,5 %. Из нее отливают чушки для выплавки сплавов меди (бронзы и латуни) или плиты для электролитического рафинирования.

**Электролитическое рафинирование** проводят для получения чистой от примесей меди (99,5 % Си). Электролиз ведут в ваннах, покрытых изнутри винипластом или свинцом. Аноды делают из меди огневого рафинирования, а катоды - из листов чистой меди. Электролитом служит водный раствор  $\text{CuSO}_4$  (10 ... 16 %) и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (10 ... 16 %). При пропускании постоянного тока анод



Примеси (мышьяк, сурьма, висмут и др.) осаждаются на дно ванны, их удаляют и перерабатывают для извлечения этих металлов. Катоды выгружают, промывают и переплавляют в электропечах.

## 29. ТИТАН И ЕГО СПЛАВЫ

Плотность 4,5 Г/см<sup>3</sup>; температура плавления 1672°C. Титан легкий, прочный, тугоплавкий, более коррозионностойкий, чем нержавеющая сталь за счет возникновения оксидной пленки TiO<sub>2</sub>. Он хорошо обрабатывается давлением в холодном и горячем состоянии, обладает хорошей свариваемостью, из него можно изготавливать сложные отливки, но обработка его резанием затруднительна.

Чем он чище (меньше примесей), тем ниже прочность и выше пластичность. Его легируют алюминием ВТ5, ВТ4, ванадием и молибденом ВТ6, ВТ8, ВТ14, а ВТ3-1, ВТ22, ВТ15 наиболее пластичны, но менее прочны. Азот, кислород и водород снижают пластичность, углерод и кислород – коррозионную стойкость, а углерод – ковкость и обрабатываемость резанием.

Титан широко применяется, когда нужна высокая ударная прочность и хорошая сопротивляемость коррозии и используется в химической промышленности, судостроении, машиностроении, авиации, ракетной технике, криогенной технике.

*Химический состав и свойства некоторых титановых сплавов Таблица 18*

(ГОСТ 19807—74)

Марка сплава	Содержание легирующих элементов	σв, МПа	δ, %	КСУ, МДж/м <sup>2</sup>
Технический титан, ВТ1-0	-	390-540	20	1,0
ВТ5	4,3-6,2 Al	700-950	10-15	0,5
ВТ5-1	4,3-6,0 Al; 2,0-3,0 Sn	750-950	10-15	0,4
ОТ-4	3,5-5,0 Al; 0,8-2,0 Mn	700-900	12-20	0,4
ВТ6С	5,3-6,8 Al; 3,5-5,0 V	850-1050	10	0,3
ВТ3-1	5,5-7,0 Al; 0,8-2,3 Cr; 2,0-3,0 Mo; 0,2-0,7 Fe; 0,15-0,40 Si	980-1170	6	0,2

## 30. ПРОИЗВОДСТВО ТИТАНА

Титан получают магнетермическим способом. Производство титана включает:

- обогащение титановых руд,
- выплавку из них титанового шлака с последующим получением из него четыреххлористого титана,
- восстановление из последнего металлического титана магнием,
- вакуумная дистилляция для удаления магния титановой губки,
- дуговой переплав титановой губки .



Основные этапы производства титана из ильменитовой руды приведены на упрощенной технологической схеме рис. 58.

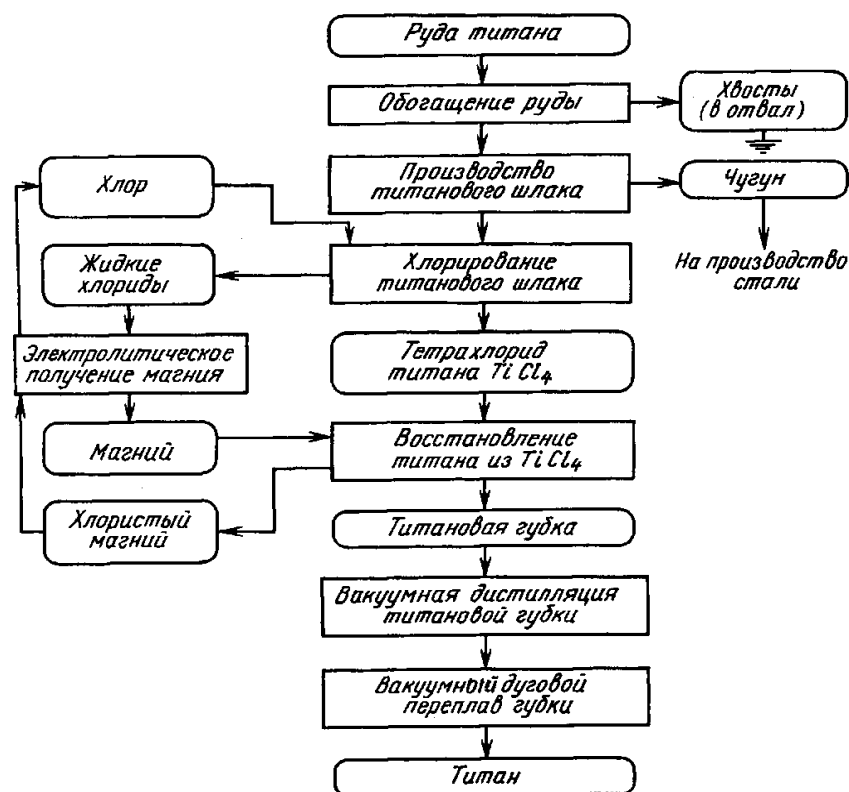
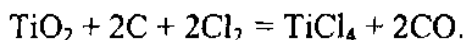


Рис. 58. Схема магниетермического способа получения титана

**Сырьем для получения титана являются титаномагнетитовые руды, из которых выделяют ильменитовый концентрат, содержащий 40 ... 45 %  $\text{TiO}_2$ , 30 %  $\text{FeO}$ , 20 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и 5 ... 7 % пустой породы.** Название этот концентрат получил по наличию в нем минерала ильменита  $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ .

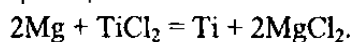
Ильменитовый концентрат плавят в смеси с древесным углем, антрацитом, где оксиды железа и титана восстанавливаются. Образующееся железо науглероживается, и получается чугун, а низшие оксиды титана переходят в шлак. Чугун и шлак - разливают отдельно в изложницы. Основным продуктом этого процесса - титановый шлак - содержит 80 ... 90 %  $\text{TiO}_2$ , 2 ... 5 %  $\text{FeO}$  и примеси  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  и др. Побочный продукт этого процесса - чугун - используют в металлургическом производстве.

Полученный титановый шлак подвергают хлорированию в специальных печах. В нижней части печи располагают угольную насадку, нагреваемую при пропускании через нее электрического тока. В печь подают брикеты титанового шлака, а через фурмы внутрь печи - хлор. При температуре 800 ... 1250 °C в присутствии углерода образуется четыреххлористый титан, а также хлориды  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$  и др.:



Четыреххлористый титан отделяется и очищается от остальных хлоридов благодаря различию температуры кипения этих хлоридов методом ректификации в специальных установках.

Титан из четыреххлористого титана восстанавливают в реакторах при температуре 950 ... 1000 °C. В реактор загружают чушковый магний; после откачки воздуха и заполнения полости реактора аргонem внутрь его подают парообразный четыреххлористый титан. Между жидким магнием и четыреххлористым титаном происходит реакция



Твердые частицы титана спекаются в пористую массу - губку, а жидкий  $\text{MgCl}_2$  выпускают через летку реактора. Титановая губка содержит 35 ... 40 % магния и хлористого магния. Для удаления из титановой губки этих примесей ее нагревают до температуры 900 ... 950 °C в вакууме.

Титановую губку плавят методом вакуумно-дугового переплава (см. с. ). Вакуум в печи предохраняет титан от окисления и способствует очистке его от примесей. Полученные слитки титана имеют дефекты, поэтому их вторично переплавляют, используя как расходные электроды. После этого

чистота титана составляет 99,6 ... 99,7 %. После вторичного переплава слитки используют для обработки давлением.

### 31. МАГНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

**Химический состав и механические свойства магниевых сплавов** Таблица 19

Сплав	Содержание элементов (средние значения), %				$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %
	Al	Zn	Mn	другие элементы		
	Литейные сплавы					
МЛ5	8,25	0,5	0,35	-	226	5
МЛ6	9,6	0,9	0,12	-	216	1
МЛ10	-	0,4	-	0,7 Zr; 2,5Nd	230	3
МЛ12	-	4,5	-	0,85 Zr	225	5
	Деформируемые сплавы					
МА1	-	-	1,9	-	205	7,5
МА2-1	4,4	1,15	0,5	-	300	14
МА14	-	5,5	-	0, 55 Zr	330	10

**Плотность 1,74 Г/см<sup>3</sup>, температура плавления 651°C.**

**Магний химически активен**, окисная пленка не обладает защитными свойствами. **Взаимодействие воды с горячим и расплавленным магнием сопровождается взрывом.**

**По технологии изготовления изделий магниевые сплавы разделяют на литейные (маркировка «МЛ») и деформируемые («МА»).** Магниевые сплавы подвергаются различным видам термической обработки.

### 32. ПРОИЗВОДСТВО МАГНИЯ

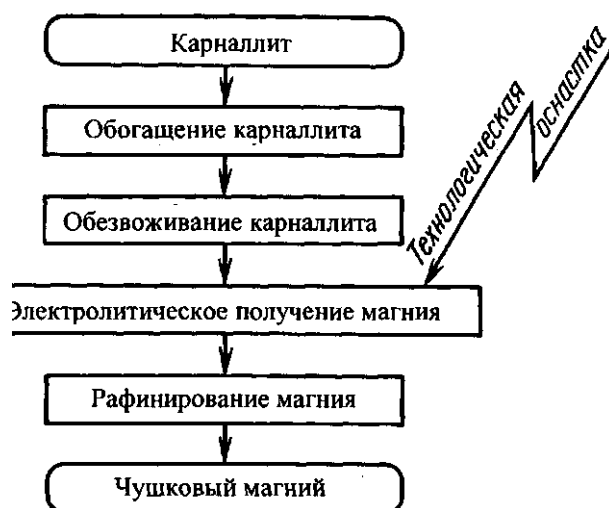
**Для производства магния наибольшее распространение получил электролитический способ. Производство магния включает**

- **получение чистых безводных солей магния (хлористого магния),**
- **электролиз этих солей в расплавленном состоянии**
- **рафинирование металлического магния переплавкой в электропечи.**

Основная составляющая электролита - хлористый магний ( $MgCl_2$ ), а для снижения температуры плавления и повышения его электропроводности в него вводят  $NaCl$ ,  $CaCl_2$ ,  $KCl$  и в небольших количествах  $NaF$  и  $CaF_2$ . Упрощенная схема современного технологического процесса производства магния приведена на рис. 59.

**Основным сырьем для получения магния являются карналлит ( $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$ ), магнезит ( $MgCO_3$ ), доломит ( $CaCO_3 \times MgCO_3$ ), бишофит ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ).** Наибольшее количество магния получают из карналлита. Сначала карналлит обогащают и обезвоживают. Безводный карналлит ( $MgCl_2 \cdot KCl$ ) используют для приготовления электролита. Электролиз осуществляют в электролизере, футерованном шамотным кирпичом. Анодами служат графитовые пластины, а катодами - стальные пластины. Электролизер заполняют расплавленным электролитом состава 10 %  $MgCl_2$ , 45 %  $CaCl_2$ , 30 %  $NaCl$ , 15 %  $KCl$  с небольшими добавками  $NaF$  и  $CaF_2$ . Такой состав электролита необходим для понижения температуры его плавления ( $720 \pm 10$  °C). Для электролитического разложения хлористого магния через электролит пропускают ток. В результате образуются ионы хлора, которые движутся к аноду. Ионы магния движутся к катоду и после разряда выделяются на поверхности, образуя капельки жидкого чернового магния. Магний имеет меньшую плотность, чем электролит, поэтому он всплывает на поверхность, откуда его периодически удаляют вакуумным ковшом. Черновой магний содержит 5 % примесей, поэтому его рафинируют переплавкой с флюсами. Для этого черновой магний и флюс, состоящий из  $MgCl_2$ ,  $KCl$ ,  $BaCl_2$ ,  $CaF_2$ ,  $NaCl$ ,  $CaCl_2$  нагревают в электропечи до температуры 700 ... 750 °C и перемешивают. При

этом неметаллические примеси переходят в шлак. Затем печь охлаждают до температуры 670 °С и магний разливают в изложницы на чушки.



**Рис. 59. Схема производства магния**