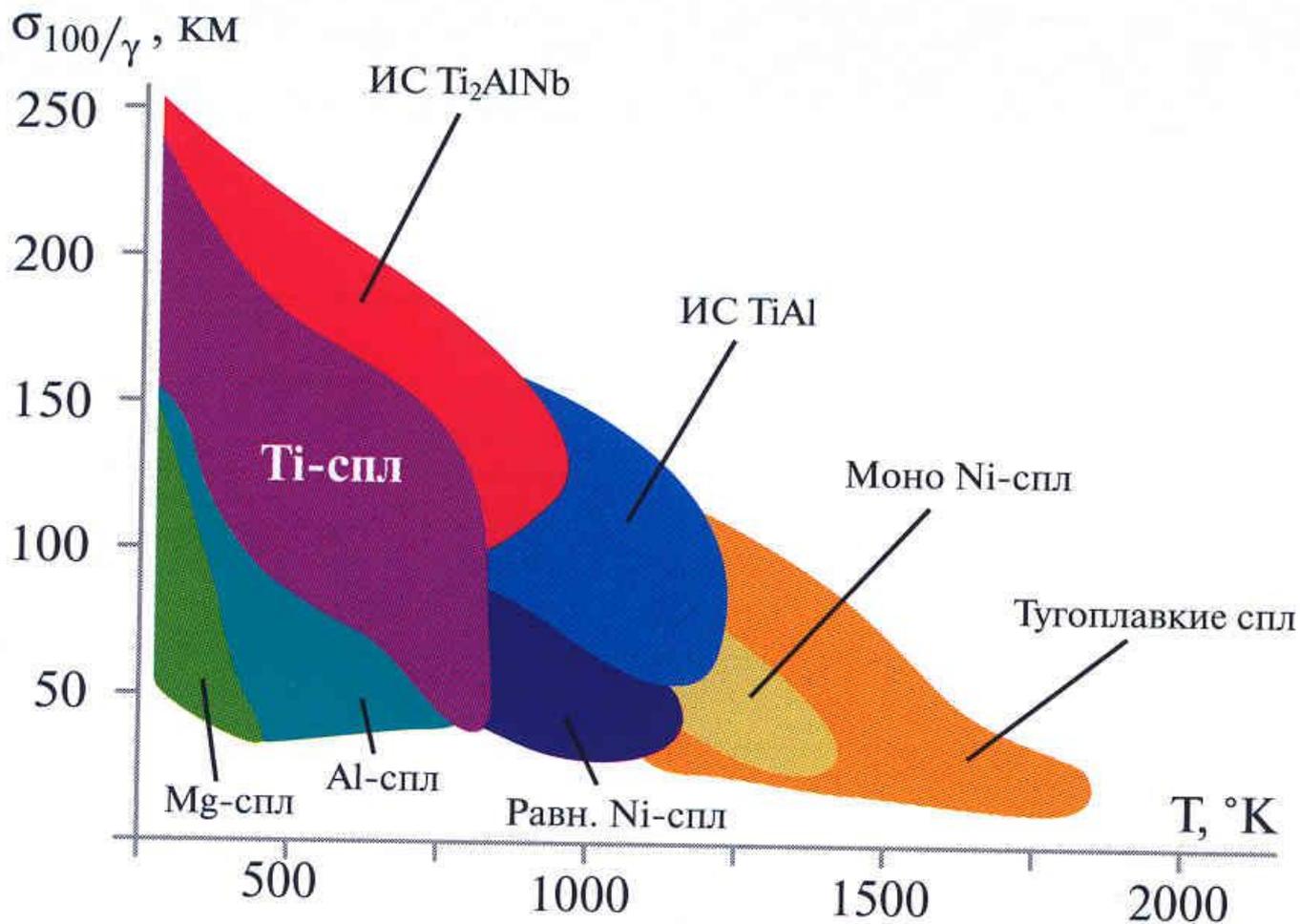


Материаловедение и технологии перспективных материалов

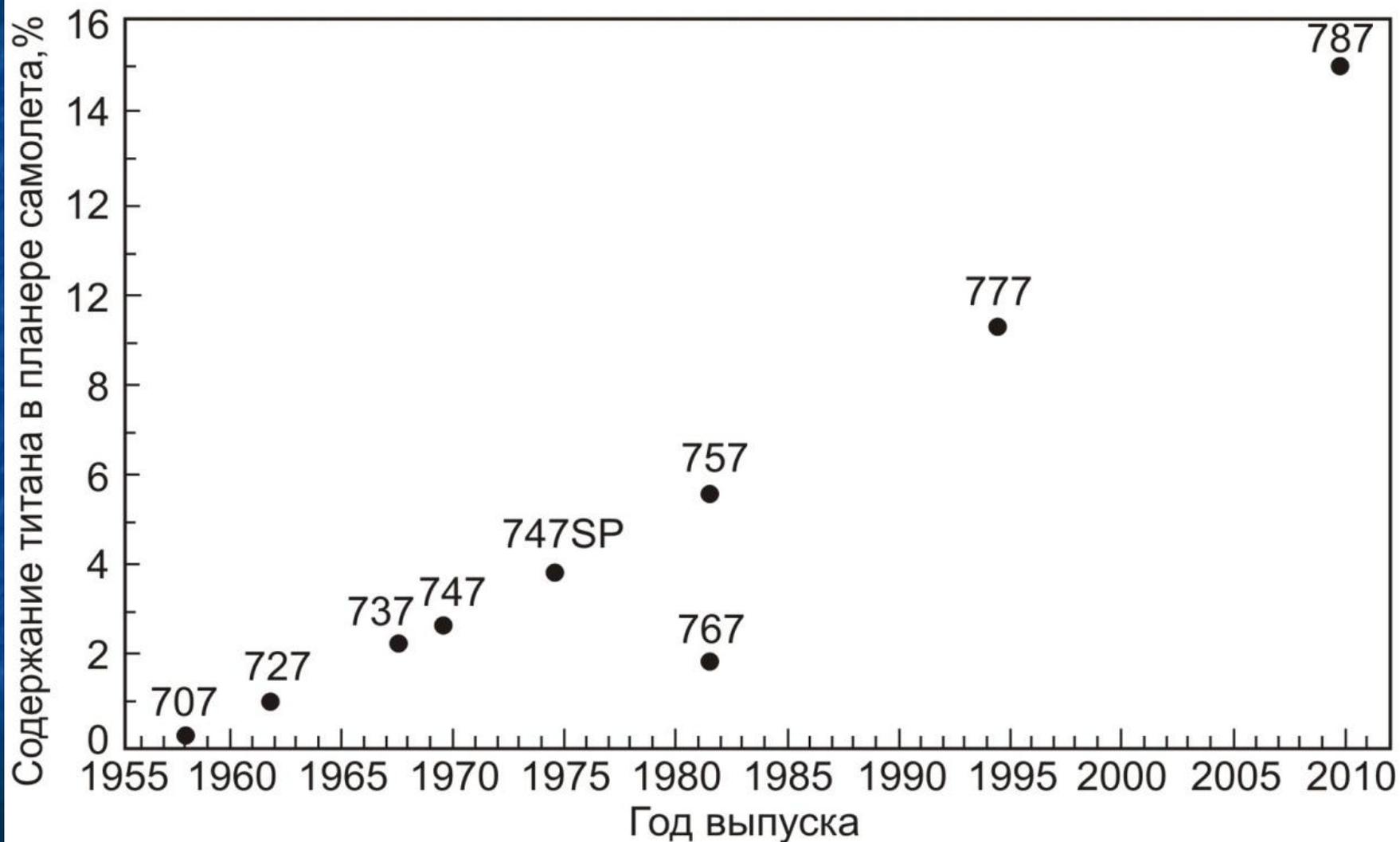
Температурные области применения основных конструкционных и жаропрочных сплавов, применяемых в авиакосмической технике



Стоимость

Металл	Стоимость чистого металла, \$/т	Стоимость малолегированного сплава (пруток), \$/т	Стоимость высокопрочных легированных сплавов (пруток), \$/т
Железо	180	1200	8000
Алюминий	1350	3200	4500
Титан	6000	14500	30000
Магний	1600	3300	4600

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТИТАНА В ПЛАНЕРЕ САМОЛЕТОВ КОМПАНИИ «БОИНГ»



ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

- 1791 г – английский химик У. Грегор сообщает о новом элементе, открытом в черном песке района Менаккан (провинция Корнуэлл, Англия), и назвал его «менакканумом»
- 1795 г – немецкий химик М. Клапрот, проанализировав красные пески Венгрии, обнаружил в них неизвестный металл и назвал его титаном.
- 1825 г – Берцелиус выделил металлический титан.
- 1875 г – русский ученый Д.К. Кириллов опубликовал «Исследование над титаном»
- 1895 г – французский химик А. Муассан получил 98% титан
- 1910 г – американский химик М. Хантер получил 99 % титан
- 1925 г – голландские ученые Ван Аркель и де Бур получили 99,9 % титан
- 1940 г - американский ученый У. Кролл предложил магниетермический способ производства титановой губки

ВАЖНЕЙШИЕ МИНЕРАЛЫ ТИТАНА

Минерал	Химическая формула	Концентрация TiO ₂ в минерале, %	
<i>I. Группа рутила</i>			
Рутил Анализ Брукит	Полиморфные модификации TiO TiO ₂ TiO ₂	90-98	
Ильменорутил		90-100	
Стрюверит		90-100	
Лейкоксен		80-95	
Ксантитан	(Ti,Nb,Fe ²⁺)O ₂	-	
Нитрин	(Ti,Ta,Fe ²⁺)O ₂	-	
Хромрутил	TiO ₂ ·nH ₂ O	-	
<i>II. Группа ильменита</i>			
Ильменит	TiO ₂ (Al ₂ O ₃)·nH ₂ O	31,6	
Гейкилит	(FeMn) TiO ₃	67-68	
Манганоильменит	MnTiO ₃	-	
Пирофанит	FeTiO ₃ ·Fe ₃ O ₄	-	
Титаномагнетит	FeTiO ₃ ·Fe ₂ O ₃	-	
Гематитоильменит	(Fe,Mn,Pb) TiO ₃	57-58	
Сенаит	Fe ₂ O ₃ ·3TiO ₂	60-62	
Аризонит	Fe ₂ O ₃ ·TiO ₂	44-53	
Псевдобрукит	3MgAlO ₄ ·Fe ₂ O ₃ ·MgTiO ₃	-	
Гегмобит	<i>III. Группа перовскита</i>		
Перовскит	CaTiO ₃	58,4	
Книпит	(Ca,Ce) (Ti,Fe)O ₃	-	
Дизаналит	(Ba,Ca,Na) (Ti,Nb,Fe)O ₃	-	
Улигит	Ca ₂ (Ti,Al,Zn) ₉ O ₂₀	-	
Лопарит	(Na,Ce,Ca) (Nb,Ta,Ti)O ₃	39	
<i>IV. Группа пироклора</i>			
Пироклор	(Na,Ca, ...)(Nb,Ti) ₂ O ₆ (F,OH)	-	
Микролит	(Na,Ca, ...)(Ta,Ti) ₂ O ₅ (F,OH)	-	
<i>V. Группа сфена</i>			
Сфен	CaTi(SiO ₄)O	40,8	
Иттротитанит	(Ca,Y,Ce) Ti,Al,Fe (SiO ₄)	-	
Мурманит	Na,Ti ₂ (SiO ₄) ₂ (OH)·H ₂ O	-	
Феосманит	(Ca,Na) ₂ (Ti,Nb) _x (SiO ₄) (OH,F) ₃	-	

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСОВ ТИТАНА ПО СТРАНАМ МИРА

№№ п.п.	Страны мира	Распределение запасов по странам, отн. %		
		ильменит	рутил	анатаз
1	Австралия	3	24	-
2	Канада	9	6	-
3	ЮАР	10	18	-
4	КНР	26	1	-
5	Норвегия	15	-	-
6	Страны СНГ	26	1	-
7	Индия	7	15	-
8	Италия	-	20	-
9	Сьерра-Леоне	-	9	-
10	США	2	5	-
11	Финляндия	1	-	-
12	Танзания	1	-	-
13	Шри-Ланка	-	1	-
14	Бразилия	-	-	100
	ИТОГО	100	100	100

ПРОМЫШЛЕННЫЕ МИНЕРАЛЫ ТИТАНА

Месторождения:
коренные и рассыпные

ИЛЬМЕНИТ

Метатитанат железа
 FeTiO_3

РУТИЛ

Двуокись титана
 TiO_2

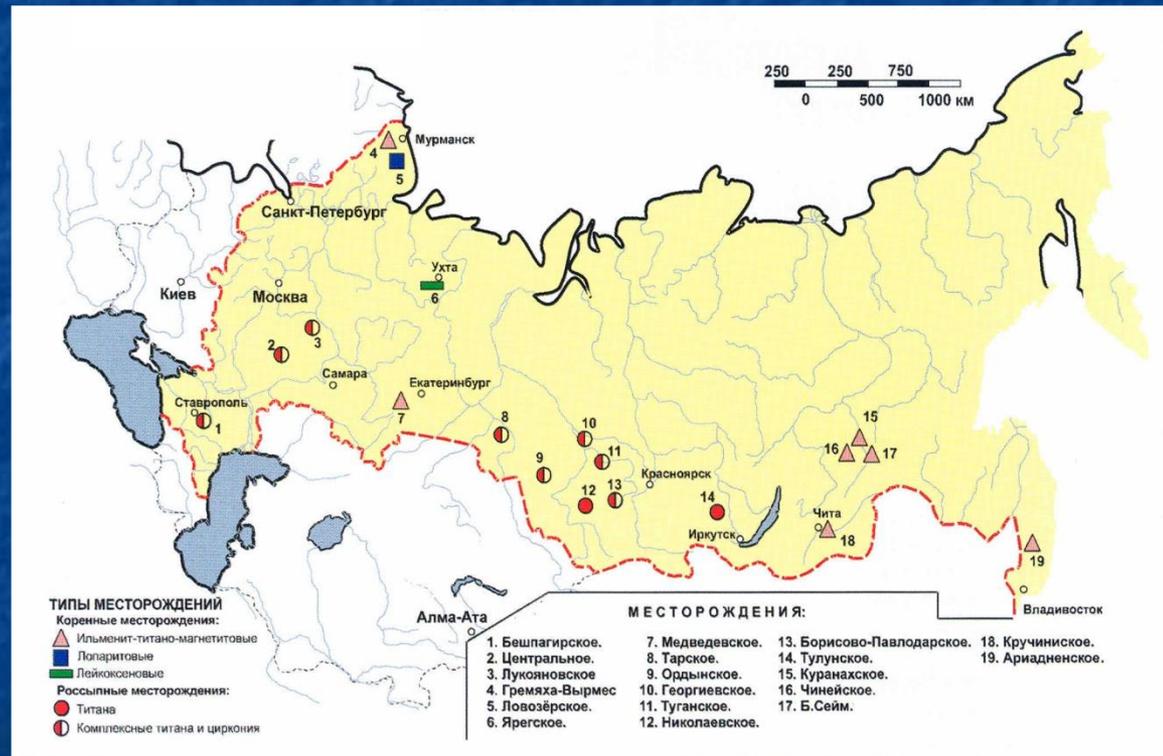


СХЕМА ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ТИТАНА

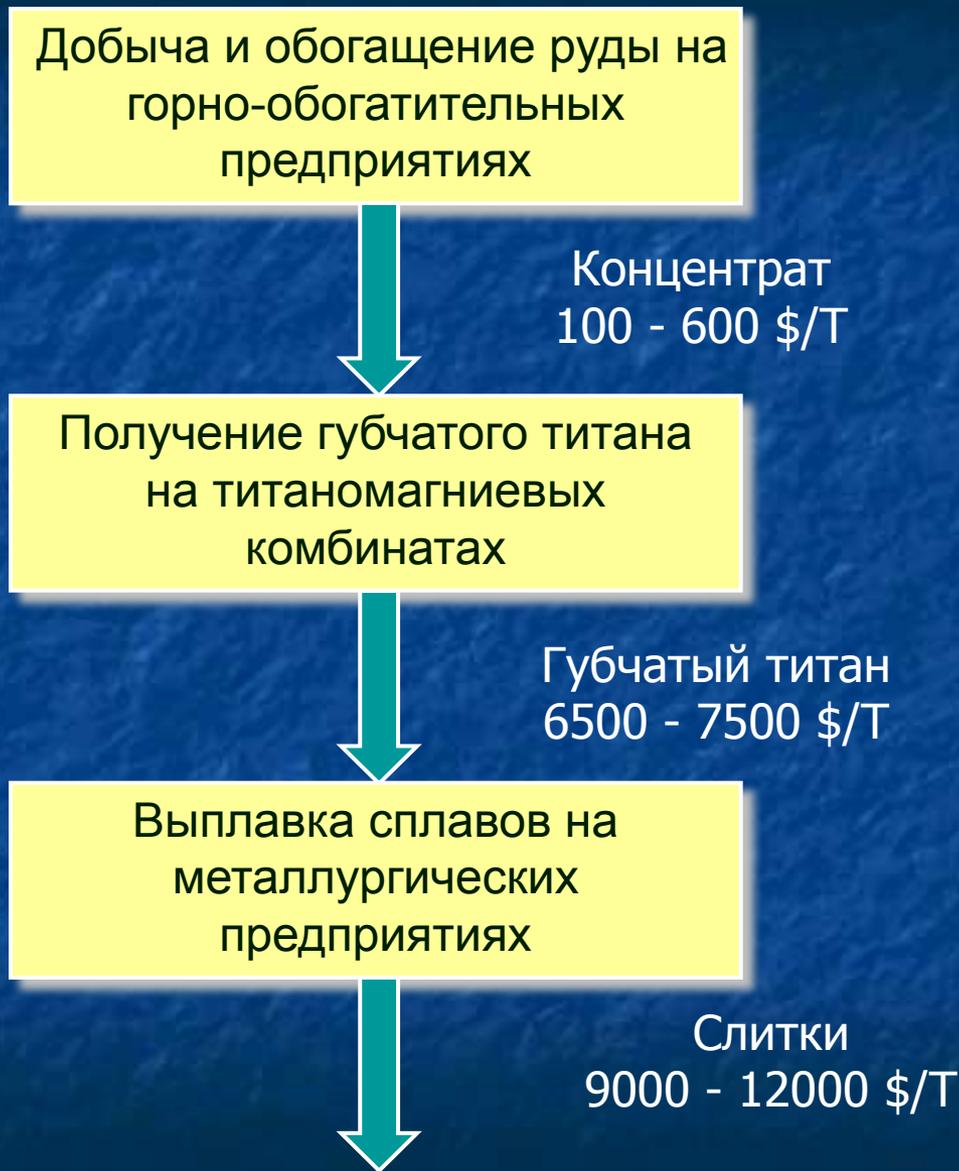


СХЕМА ПОЛУЧЕНИЯ КОНЦЕНТРАТОВ



Добыча руды



Обогащение

- гравитационное
- электростатическое
- электромагнитное



Титановый концентрат

СХЕМА ПОЛУЧЕНИЯ ГУБЧАТОГО ТИТАНА



ВЫПЛАВКА ТИТАНОВЫХ ШЛАКОВ

Шихта: титановый концентрат + нефтяной кокс, антрацит

Температура плавки – 1400°C



В нижней части ванны – расплав чугуна

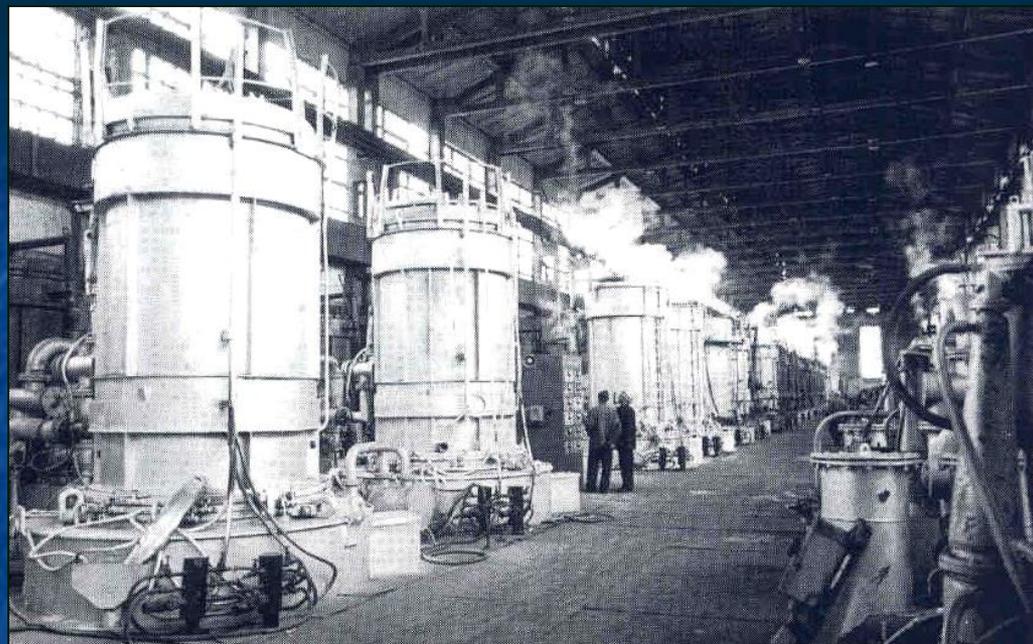
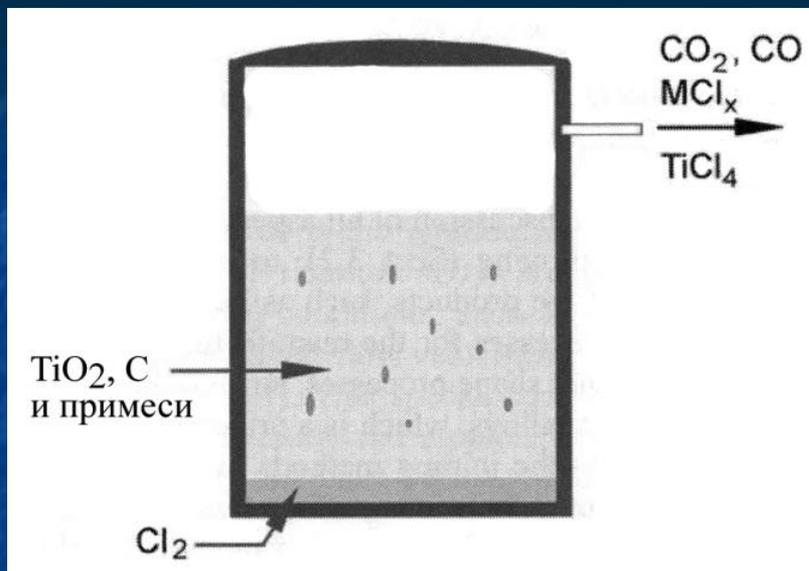
В верхней части ванны – шлаки титана и других металлов

БРИКЕТИРОВАНИЕ И КОКСОВАНИЕ

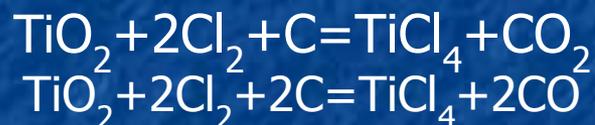
Охлажденные титановые шлаки измельчают и прессуют в брикеты с углем и каменноугольным песком.

Спекают при 700-900°C в пористые брикеты без доступа воздуха.

ХЛОРИРОВАНИЕ



Брикеты взаимодействуют с хлором при 800-1200°C:

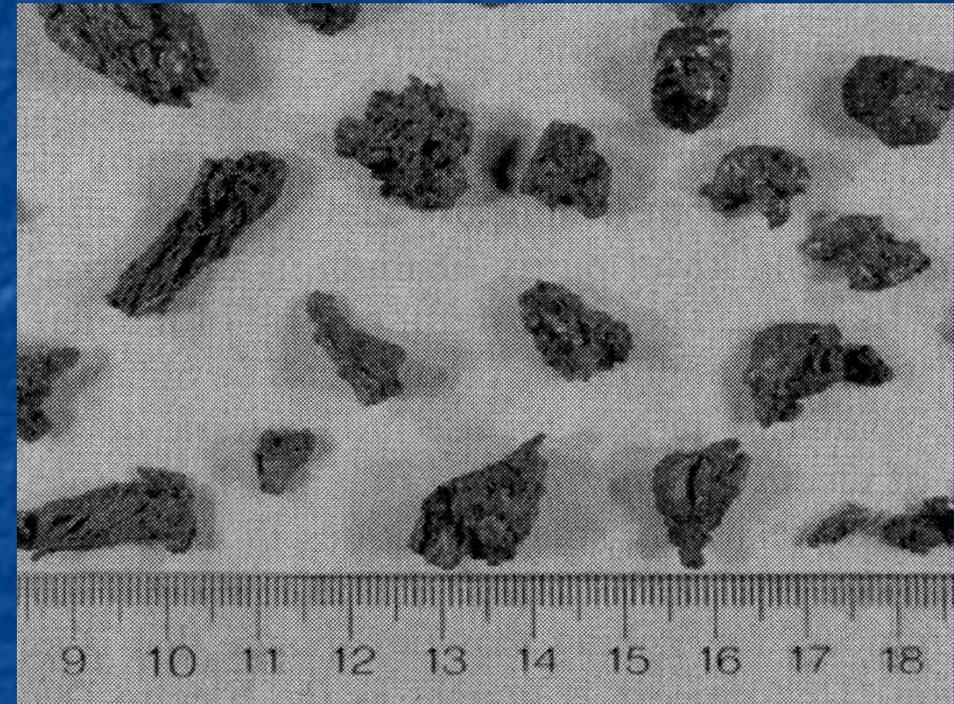
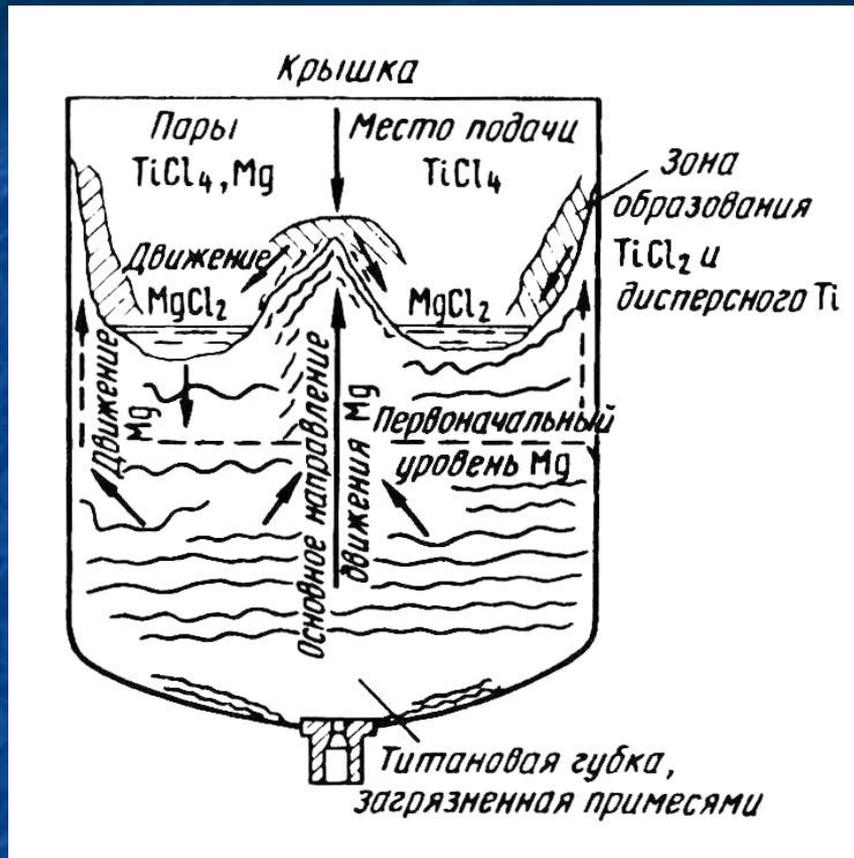


При конденсации продуктов реакции отделяют TiCl_4
(температура кипения 136°C)

ОЧИСТКА ТЕТРАХЛОРИДА ТИТАНА

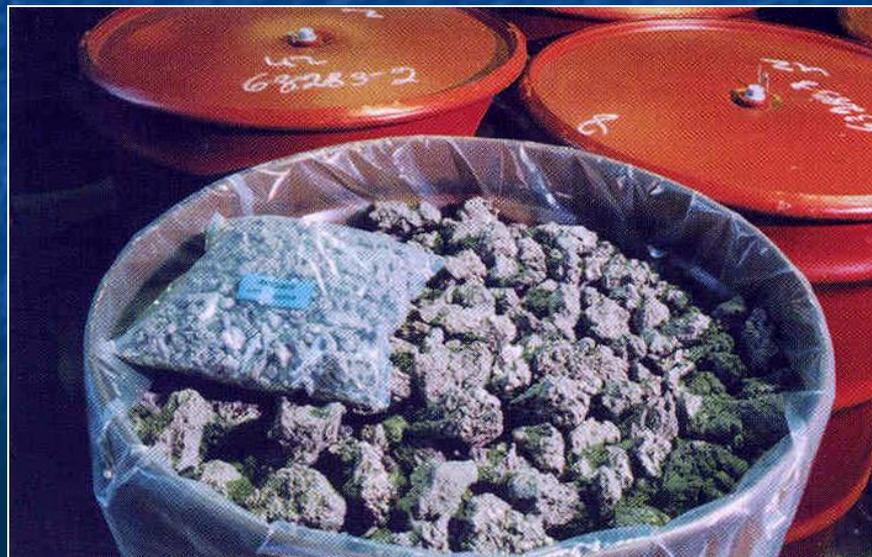
- от твердых частиц - фильтрация
- от соединений ванадия – медный порошок

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТИТАНА ИЗ $TiCl_4$ (МЕТОД КРОЛЛЯ)

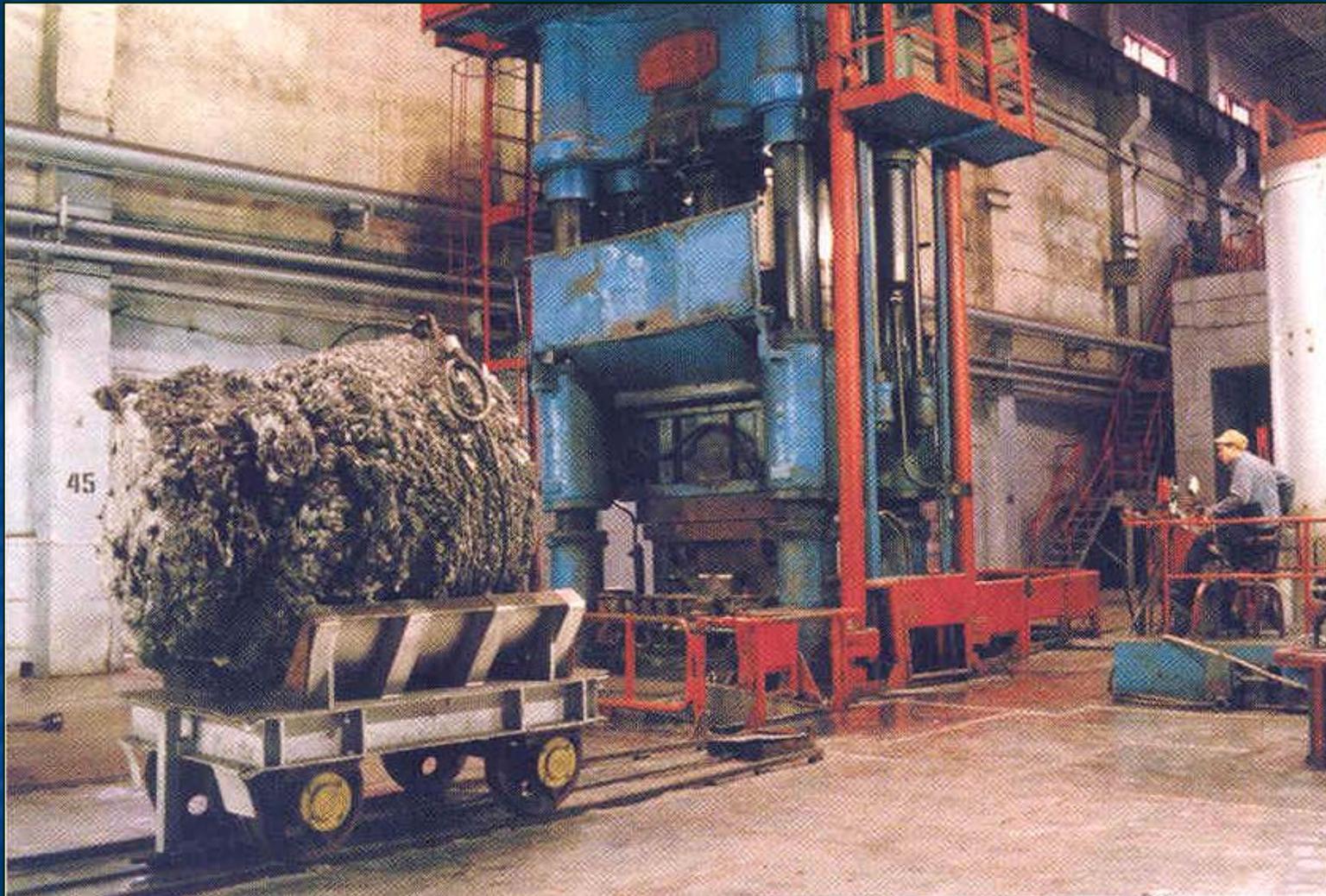


ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГУБЧАТОГО ТИТАНА

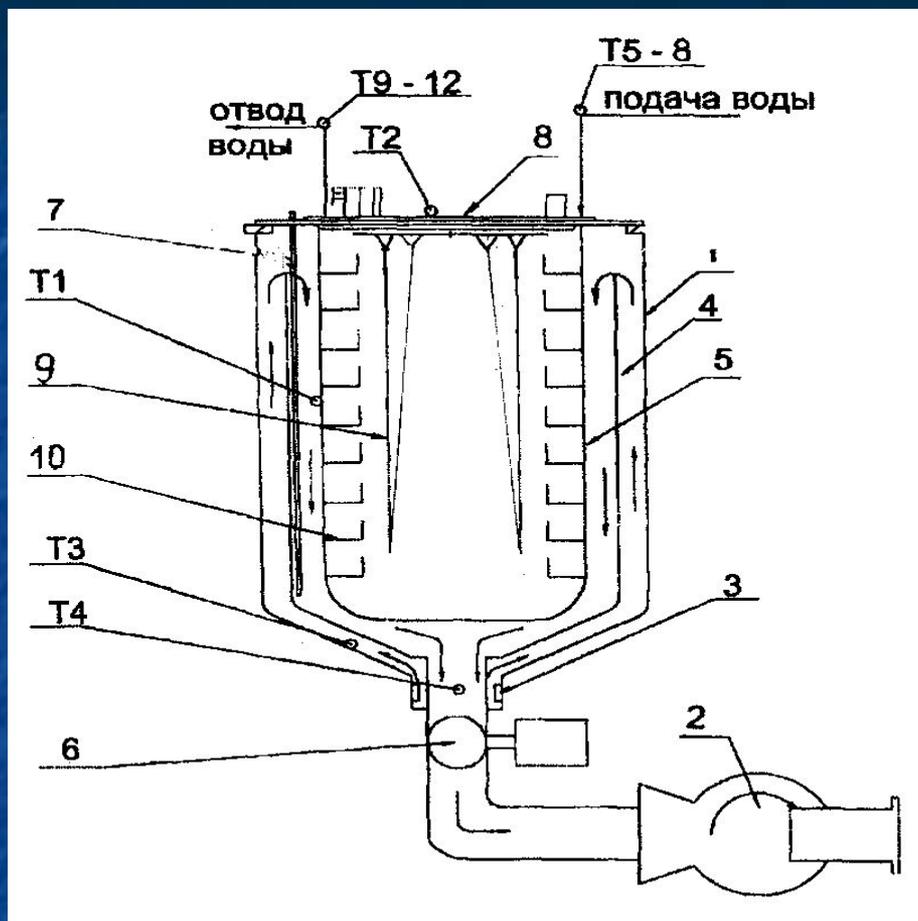
Марка	Ti	Fe	Si	Ni	C	Cl	O	N	Твердость НВ10/1500/30
ТГ-90	99,74	0,05	0,01	0,04	0,02	0,08	0,04	0,02	90
ТГ-100	99,72	0,06	0,01	0,04	0,03	0,08	0,04	0,02	100
ТГ-110	99,67	0,09	0,02	0,04	0,03	0,08	0,05	0,02	110
ТГ-120	99,64	0,11	0,02	0,04	0,03	0,08	0,06	0,02	120
ТГ-130	99,56	0,13	0,03	0,04	0,03	0,1	0,08	0,03	130
ТГ-150	99,45	0,2	0,03	0,04	0,03	0,12	0,1	0,03	150
ТГ-ТВ	97,75	1,2	–	–	0,10	0,15	–	0,10	–



БЛОК ГУБЧАТОГО ТИТАНА



ИОДИДНЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ТИТАНА



- 1 - термостат;
- 2 - вентилятор;
- 3 - отверстия для забора воздуха из помещения для охлаждения стенки реторты;
- 4 - стакан термостата;
- 5 - аппарат Г- 20;
- 6 - шибер (заслонка) воздуховода;
- 7 - термопара;
- 8 - крышка аппарата;
- 9 - нити осаждения (4 шт.);
- 10 - полки для загрузки сырья.

- T1 - температура стенки реторты;
- T2 - температура крышки;
- T3 - температура воздуха на входе;
- T4 - температура воздуха на выходе;
- T5 - 8 - температура воды для охлаждения крышки на входе;
- T9 - 12 - температура воды на выходе.



ГУБЧАТЫЙ И ИОДИДНЫЙ ТИТАН



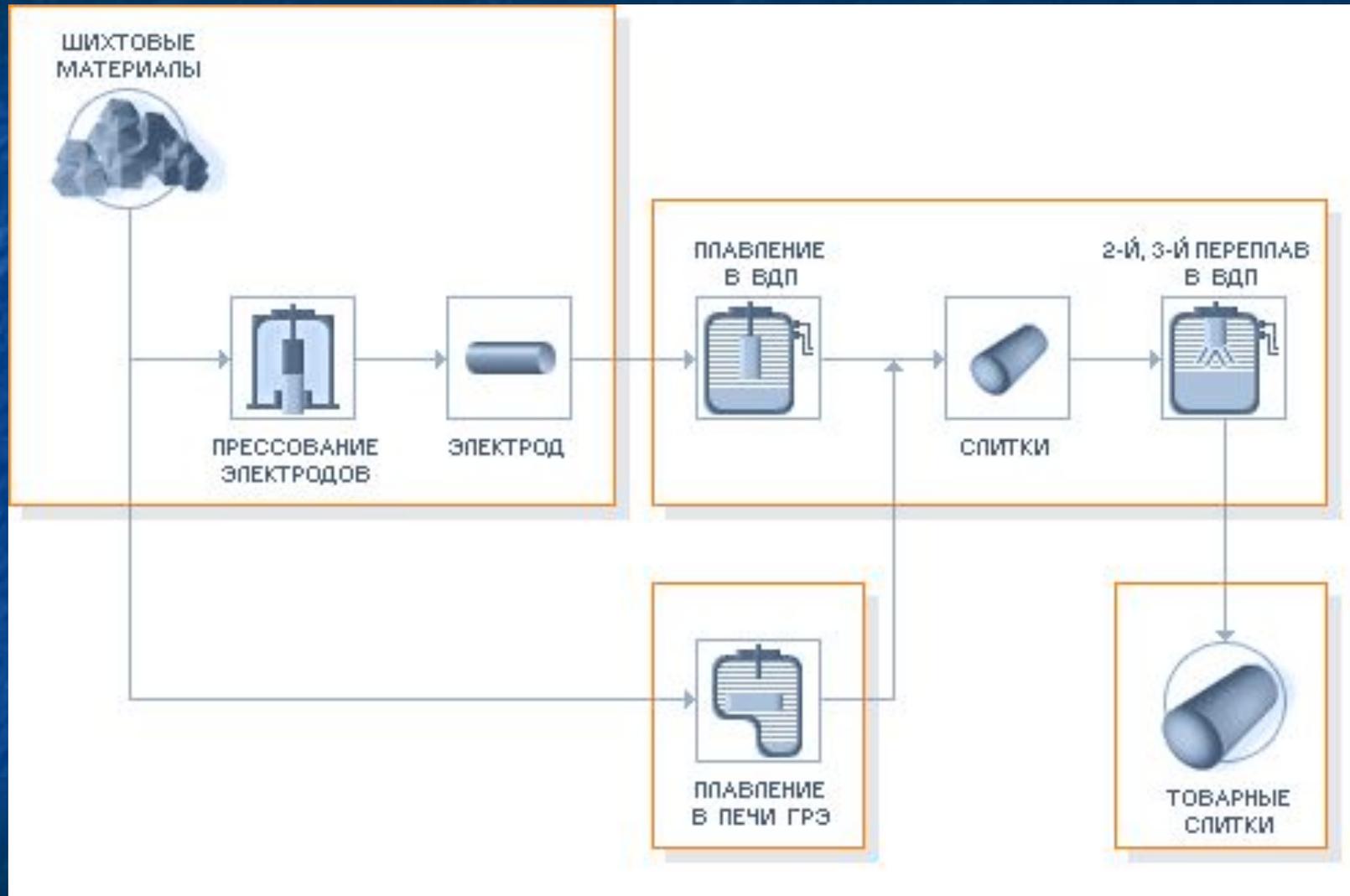
Губчатый титан



Иодидный титан

Марка титана	Содержание примесей, % (не более)					
	Fe	Si	C	Cl	N	O
ТГ-100	0,06	0,02	0,03	0,08	0,02	0,04
Иодидный титан	0,02	0,02	-	-	0,006	0,01

СХЕМА ВЫПЛАВКИ СЛИТКОВ ТИТАНА



Температура плавления и плотность ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Элемент	Ti	Al	V	Mo	Zr	Cr	Fe	Si	W	Sn	Nb
Температура плавления, ° С	1668	660	1910	2623	1855	1907	1538	1414	3422	232	2469
Плотность, г/см ³	4,5	2,7	3,36	4,69	5,68	7,19	7,8	2,33	19,1	7,3	8,6

Химический состав и физические свойства лигатур

Лигатура	Содержание легирующих компонентов, %									Плотность, г/см ³	Температура плавления, °С
	Mo	Cr	V	Zr	Ti	Fe	Si	Al	W		
АХМК	30–34	23–27	–	–	–	3–6	2,5–4,0	Ост.	–	4,7	1430
АХМКФ	32–36	21–25	–	–	–	4–6	2,5–4,0	Ост.	Менее 4,0	5,2	1470
АМТ	48–52	–	–	–	6–9	–	–	Ост.	–	5,0	1480
АМТФ	48–52	–	–	–	6–9	–	–	–	Менее 4,5	5,1	1580
АХМ-50	38–42	50–53	–	–	–	–	–	6–9	–	7,1	1800
АЦМК	38–42	–	–	18–21	–	–	2,5–3,5	Ост.	–	4,8	1590
АЦМКФ	38–42	–	–	18–21	–	–	2,5–3,5	–	Менее 4,0	4,9	1610
АМВТ	35–38	–	30–34	–	Ост.	–	–	Менее 16,5	–	5,8	1830
К5	32–34	6–8	32–34	–	–	5–8	–	Ост.	–	5,8	1720
К5к	32–34	6–8	32–34	–	–	5–8	–	–	Менее 3,5	5,9	1750
ВНАЛ	–	–	70–80	–	–	–	–	–	–	4,9	1620
ЛГ7	–	–	–	–	Ост.	10–13	4–6	6–8	–	4,8	1560

ЛИГАТУРА



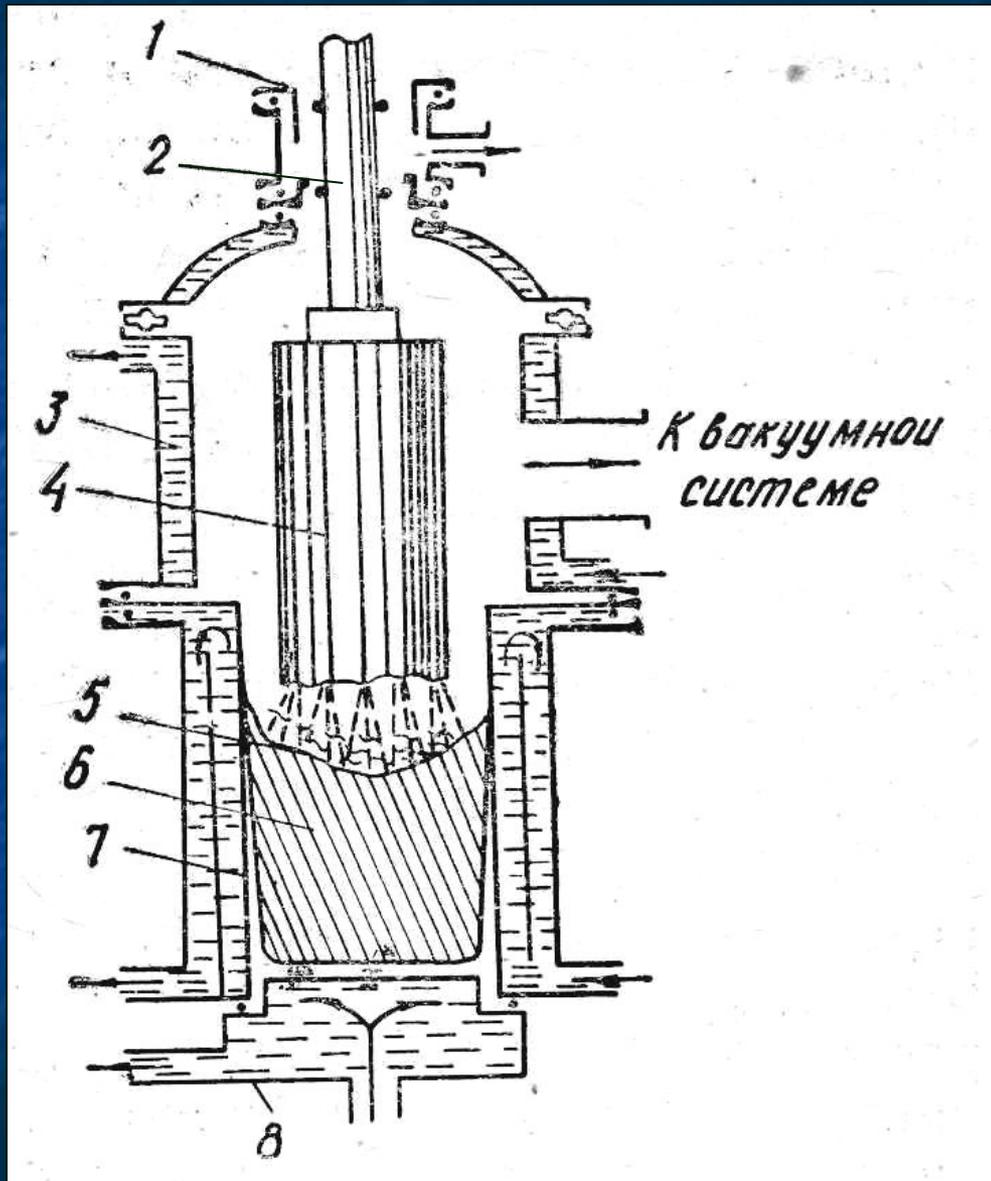
ПРЕССА ДЛЯ ЭЛЕКТРОДОВ



ЭЛЕКТРОДЫ

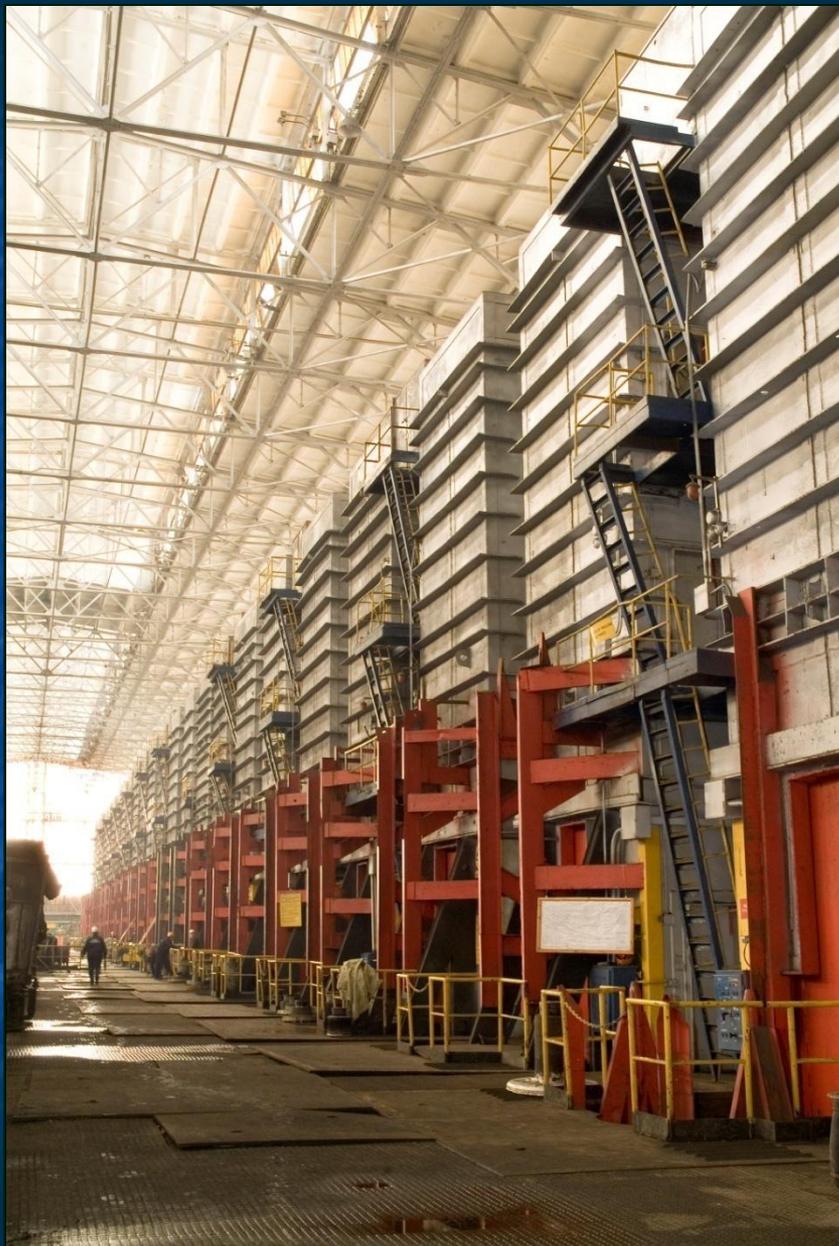


СХЕМА ДУГОВОЙ ВАКУУМНОЙ ПЕЧИ



- 1 – токоведущий шток с электрододержателем
- 2 – электрод
- 3 – рабочая камера
- 4 – расходуемый электрод
- 5 – ванна жидкого металла
- 6 – слиток
- 7 – водоохлаждаемый кристаллизатор
- 8 – водоохлаждаемый поддон

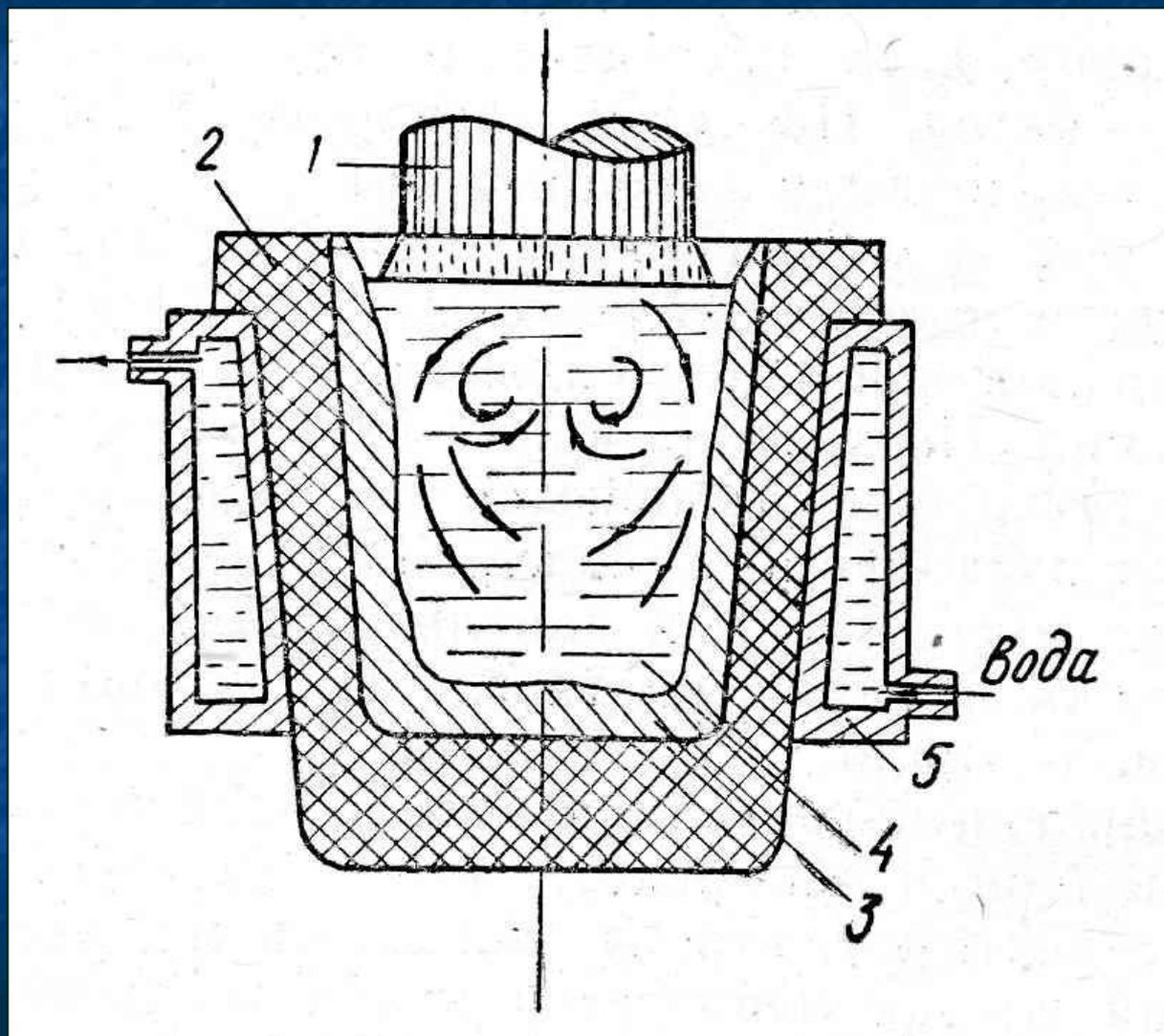
ЦЕХ ВАКУУМНО-ДУГОВОГО ПЕРЕПЛАВА (ВДП)



СЛИТОК, ПОЛУЧЕННЫЙ ВДП



СХЕМА ДУГОВОЙ ВАКУУМНОЙ ГАРНИСАЖНОЙ ПЕЧИ



1 – электрод

2 – графитовый
тигель

3 – гарнисаж

4 – ванна жидкого
металла

5 – водяное
охлаждение

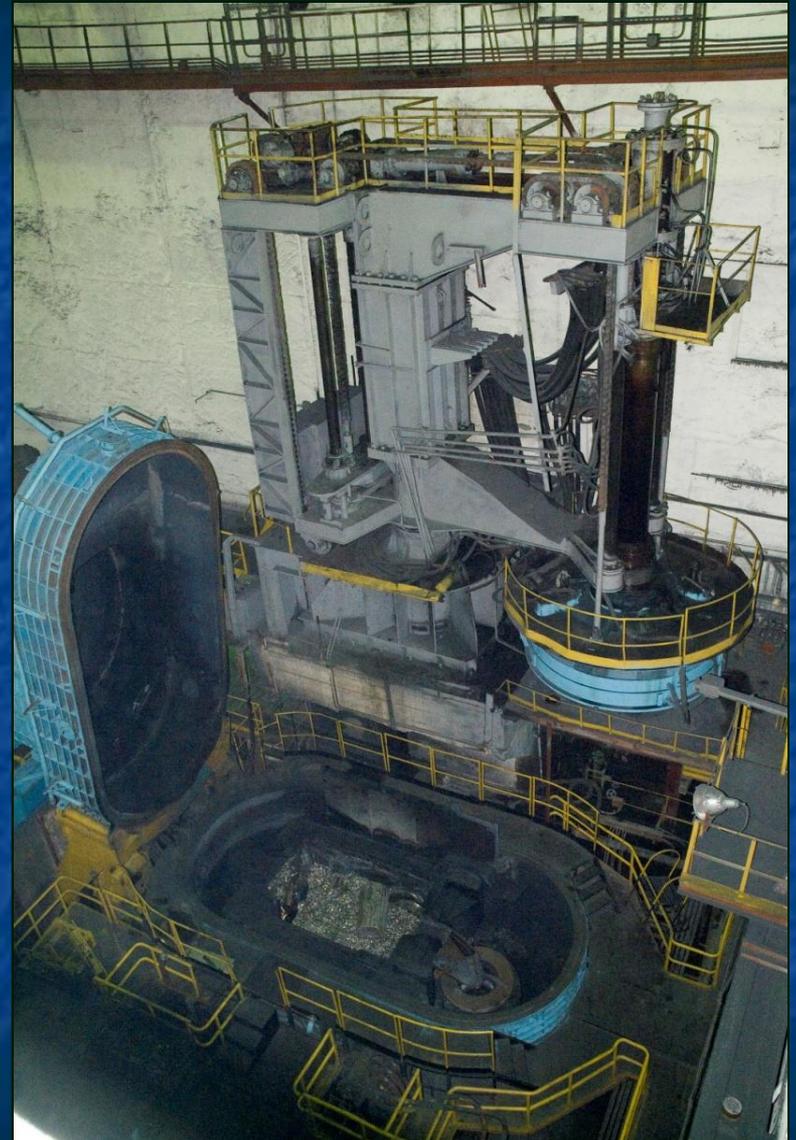
ЦЕХ ГАРНИСАЖНОЙ ПЛАВКИ



Корпус плавильного цеха

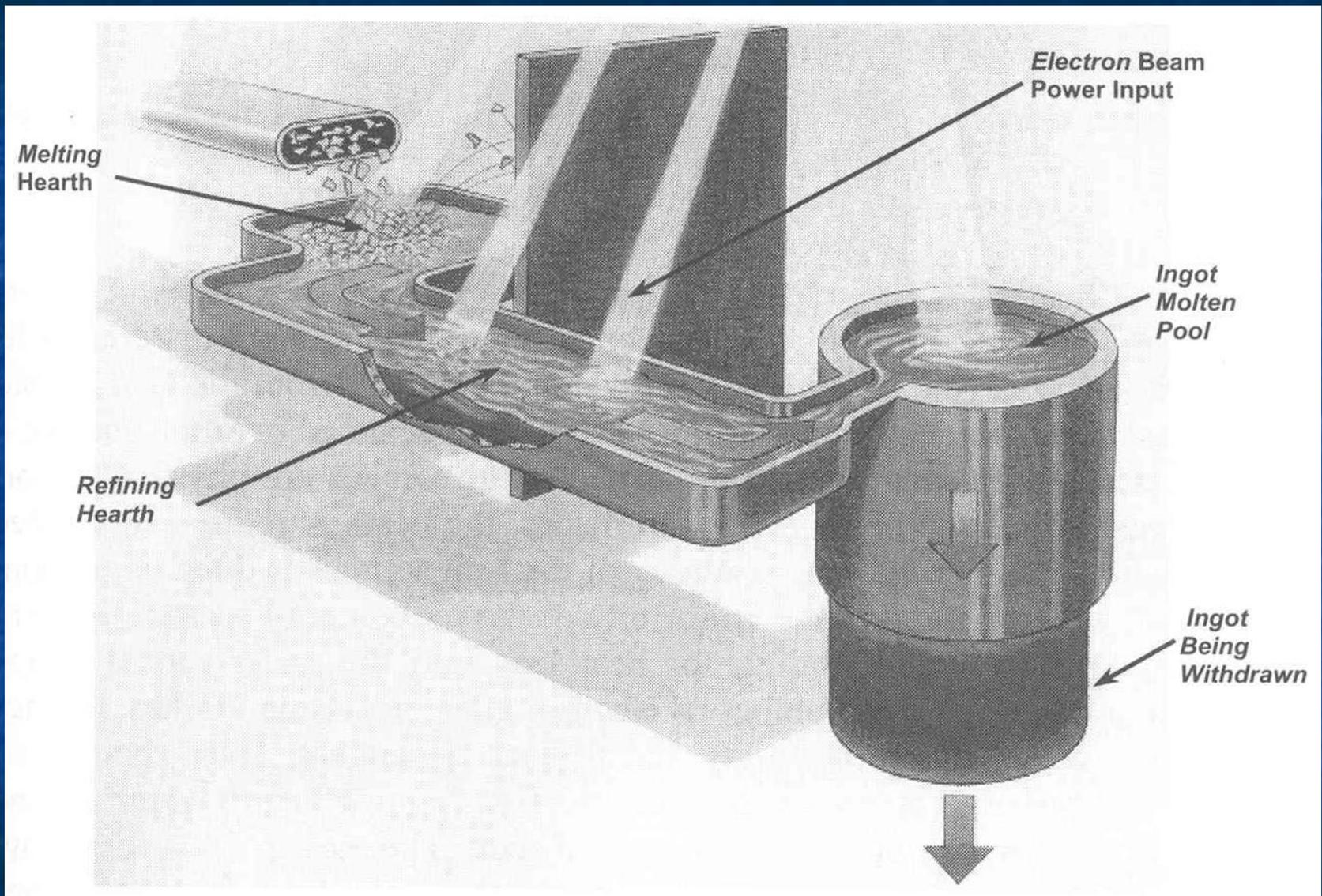


Внешний вид тигля гарнисажной печи с загруженной шихтой



Гарнисажная дуговая печь

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ ПЛАВКА



ИНДУКЦИОННАЯ ПЛАВКА ТИТАНА



Производство фасонных отливок



Изготовление форм



Фасонные отливки

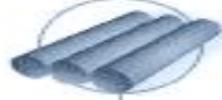


ШИХТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ



СПЛИТКИ

БИЛПЕТЫ



СЛЯБЫ



КРУПНЫЕ ШТАМПОВКИ



ДИСКИ



РАСКАТНЫЕ КОЛЬЦА



ПРОФИЛИ



БЕСШОВНЫЕ ТРУБЫ



КАТАНЫЕ ПРЯТКИ



ПОПАТКИ



ГОРЯЧЕКАТАНЫЕ ПЛИТЫ

ГОРЯЧЕКАТАНЫЕ ЛИСТЫ

ХОЛОДНОКАТАНЫЕ ЛИСТЫ

ПЕНТА, ФОЛЬГА В РУЛОНАХ (ШТРИПСЫ)

СВАРНЫЕ ТРУБЫ

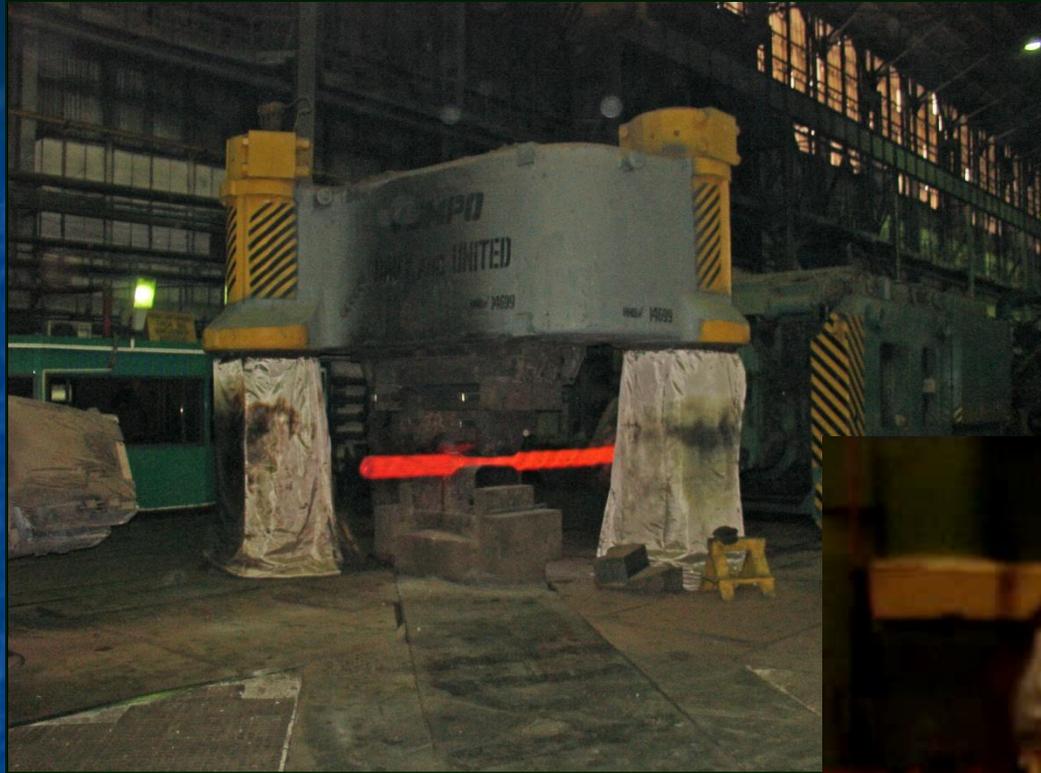
ЗАГРУЗКА В ПЕЧЬ БИЛЛЕТА



ПРОМЕЖУТОЧНАЯ СТАДИЯ БИЛЛЕТА

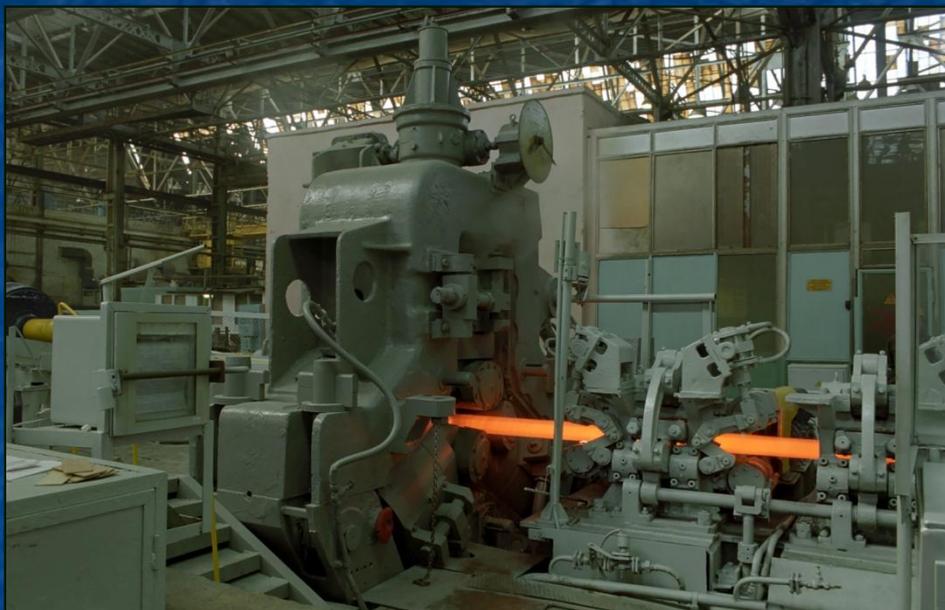


ДЕФОРМАЦИЯ БИЛЛЕТА



ГОТОВЫЕ БИЛЛЕТЫ





Стан
поперечно-винтовой прокатки



Стан
радиально-сдвиговой прокатки

ПРЕСС



ШТАМПОВАЯ ОСНАСТКА



ШТАМПОВКИ ДИСКОВ КОМПРЕССОРА ГД



ШТАМПОВКА ШАССИ



СВЕРЛЕНИЕ



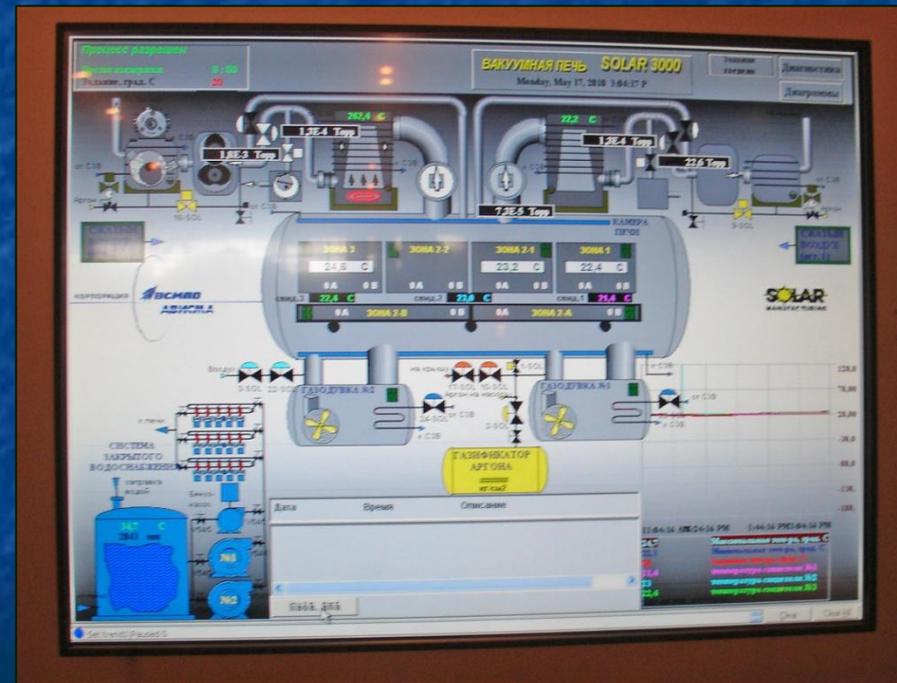
РАСКАТКА КОЛЕЦ



ПЕЧЬ С ВЫКАТНЫМ ПОДОМ



ВАКУУМНАЯ ПЕЧЬ



РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЗАКАЛКИ ДЕТАЛЕЙ

