

Рафинирование металлических расплавов

Металлические расплавы загрязнены:

- **Металлическими примесями**
- **Неметаллическими включениями
(оксидами, сульфидами,
карбидами, нитридами)**
- **Газами**

Рафинирование от растворимых металлических примесей

- Окисление
- Обработка флюсами
- Отстаивание с последующим сливанием и фильтрацией
- Вакуумная дистилляция

Выбор способа зависит от состава и физико-химических свойств сплавов

Окисление металлических примесей

Может осуществляться:

- продувкой воздуха через расплав
- подачей воздуха на поверхность расплава
- введением окислителей

Окисление происходит по реакциям:



Полнота окислительного рафинирования зависит от соотношения концентрации, растворимости и упругости диссоциации окислов очищаемого металла в сравнении с окислом металла-примеси

Примесь тем полнее удаляется из расплава, чем больше концентрация, упругость диссоциации и растворимость окислов очищаемого металла в сравнении с теми же характеристиками примеси

Флюсование

Применяют если:

- ▣ Примесь растворяется во флюсе
- ▣ Примесь взаимодействует с флюсом с образованием летучих или легко шлакующихся соединений, не растворяющихся в основном металле

Очистка вторичного алюминия от магния



Состав флюса: 50% криолита + 50% NaCl

Температура: 730 – 800 °C

Время обработки: 10 – 15 мин

Расход криолита: 12 кг на 1 кг Mg

Можно снизить содержание Mg до 0,1%

Рафинирование отстаиванием

Скорость оседания или подъема
частиц в расплаве

$$v = \frac{2r^2(d_1 - d_0)g}{9\eta}$$

r – радиус частиц

d_1, d_0 – плотность частиц и среды

η – коэффициент вязкости среды

Рафинирование от нерастворимых примесей

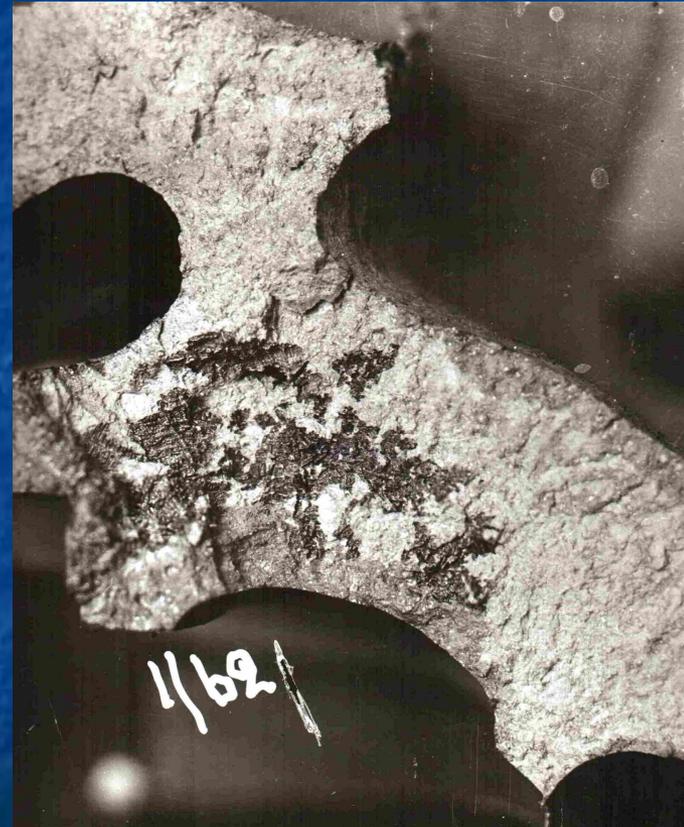
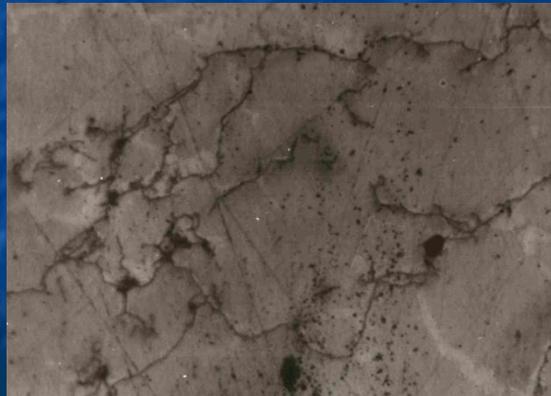
В расплавах могут находиться:

окислы, карбиды, нитриды, сульфиды,
футеровка, шлак, флюс

Виды окисных включений в металлических расплавах

- Плены
- Макро включения
- Взвеси (субмикроскопические)

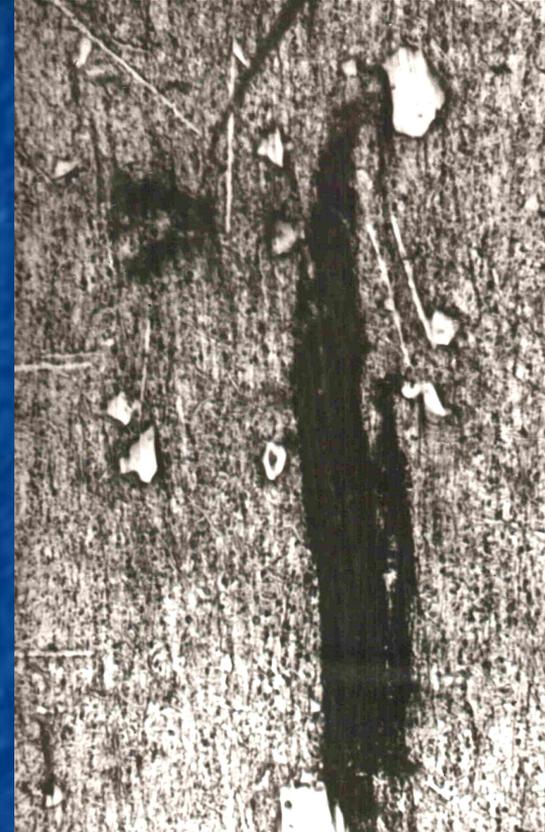
Окисные пленки в металле



Макро- включения

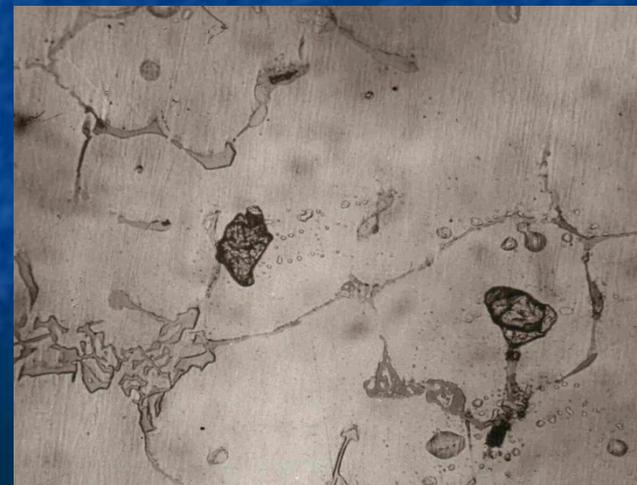


Включение оксида в
алюминиевом сплаве



Включение футеровки

Неметаллические включения в отливках



Методы очистки расплавов от неметаллических включений

- Продувка инертными и активными газами
- Обработка хлоридами
- Вакуумирование
- Отстаивание
- Обработка флюсами
- Фильтрация

Продувка инертными и активными газами

Обработка хлоридами

Вакуумирование

*Основаны на флотирующем и адсорбирующем
действии пузырьков газа*

Удаляют как крупные, так и мелкие (1 – 5 мкм)

включения

Рафинирование отстаиванием

**Скорость оседания или подъема
частиц в расплаве**

$$v = \frac{2r^2(d_1 - d_0)g}{9\eta}$$

r – радиус частиц

d₁, *d₀* – плотность частиц и среды

η – коэффициент вязкости среды

Метод применим к крупным включениям

*Процесс ускоряется при совмещении с обработкой
флюсами*

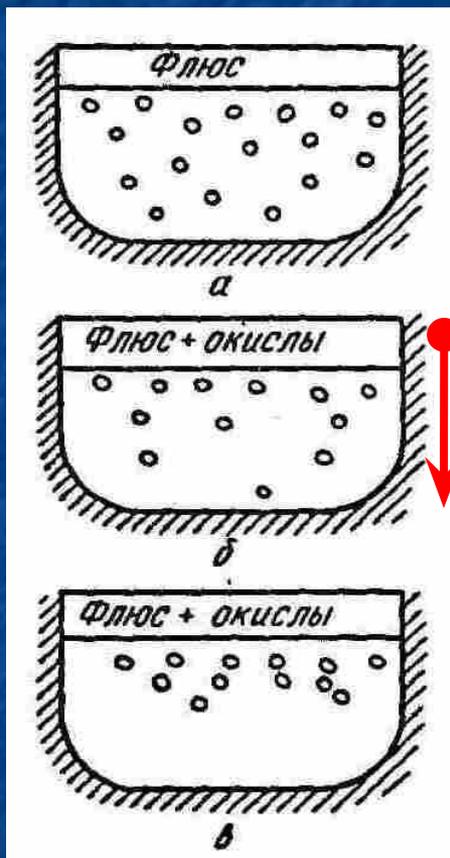
Обработка флюсами и шлаками

Основана на явлениях смачивания частиц флюсами или растворении их во флюсах

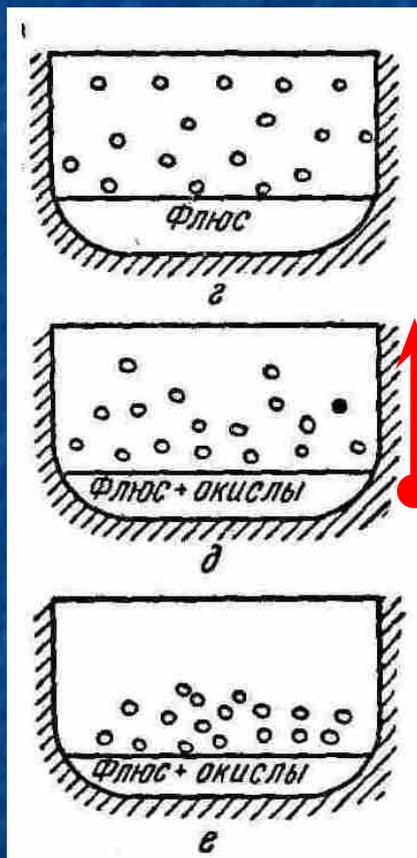
Для полноты проработки объема расплава требуется:

- мелкие частицы флюса*
- равномерное распределение флюса по объему*

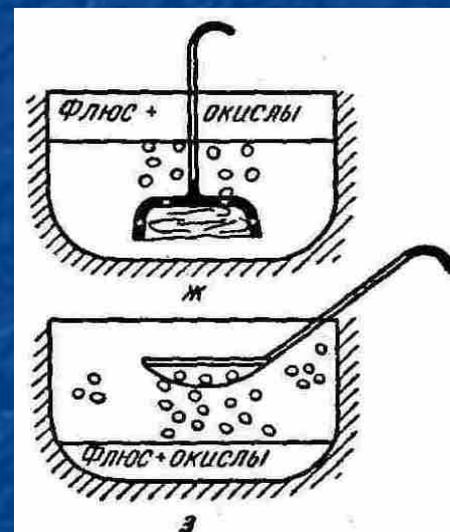
Виды флюсования



Верхнее
флюсование



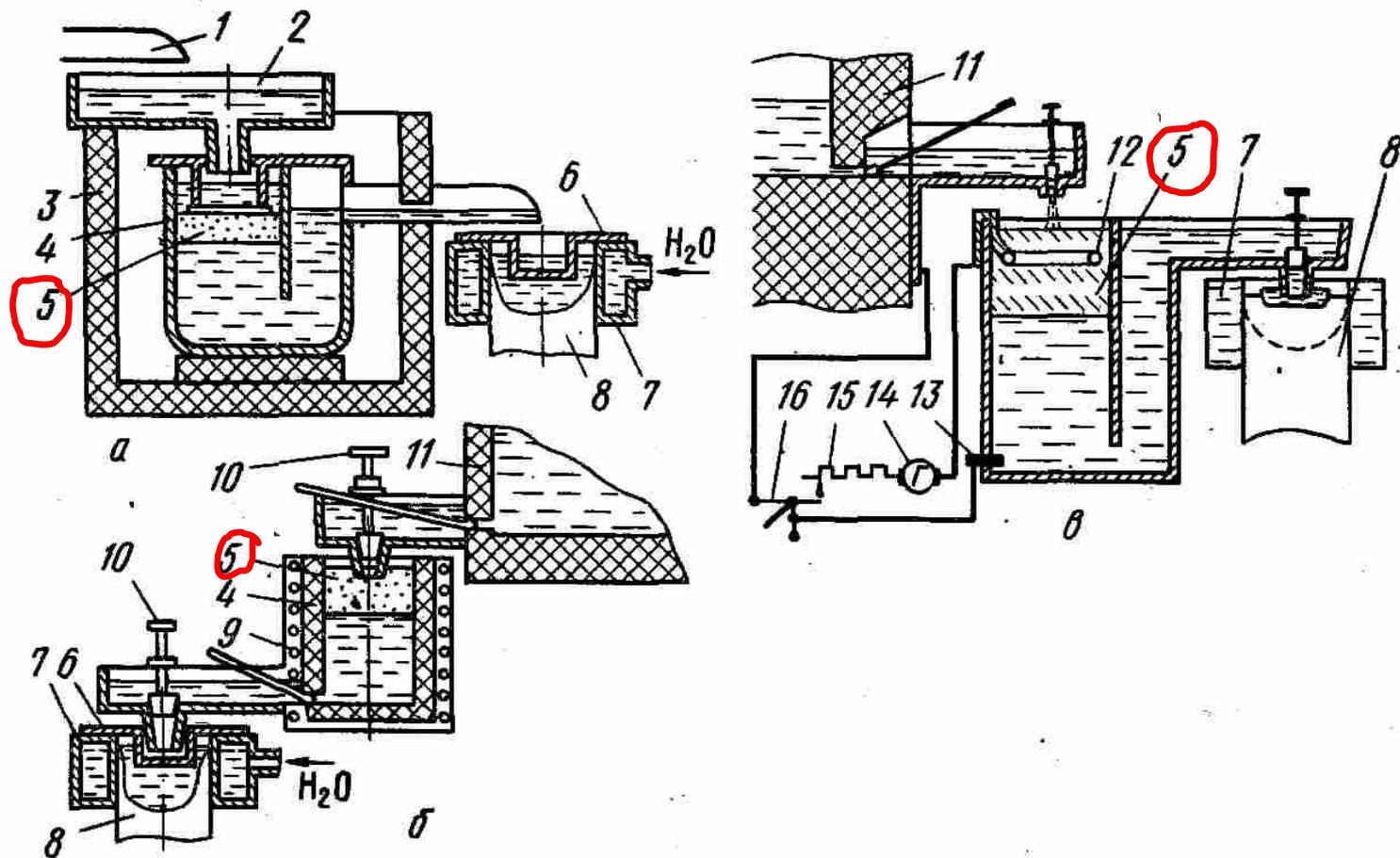
Нижнее
флюсование



Флюсование
по всему
объему

Основные способы фильтрации

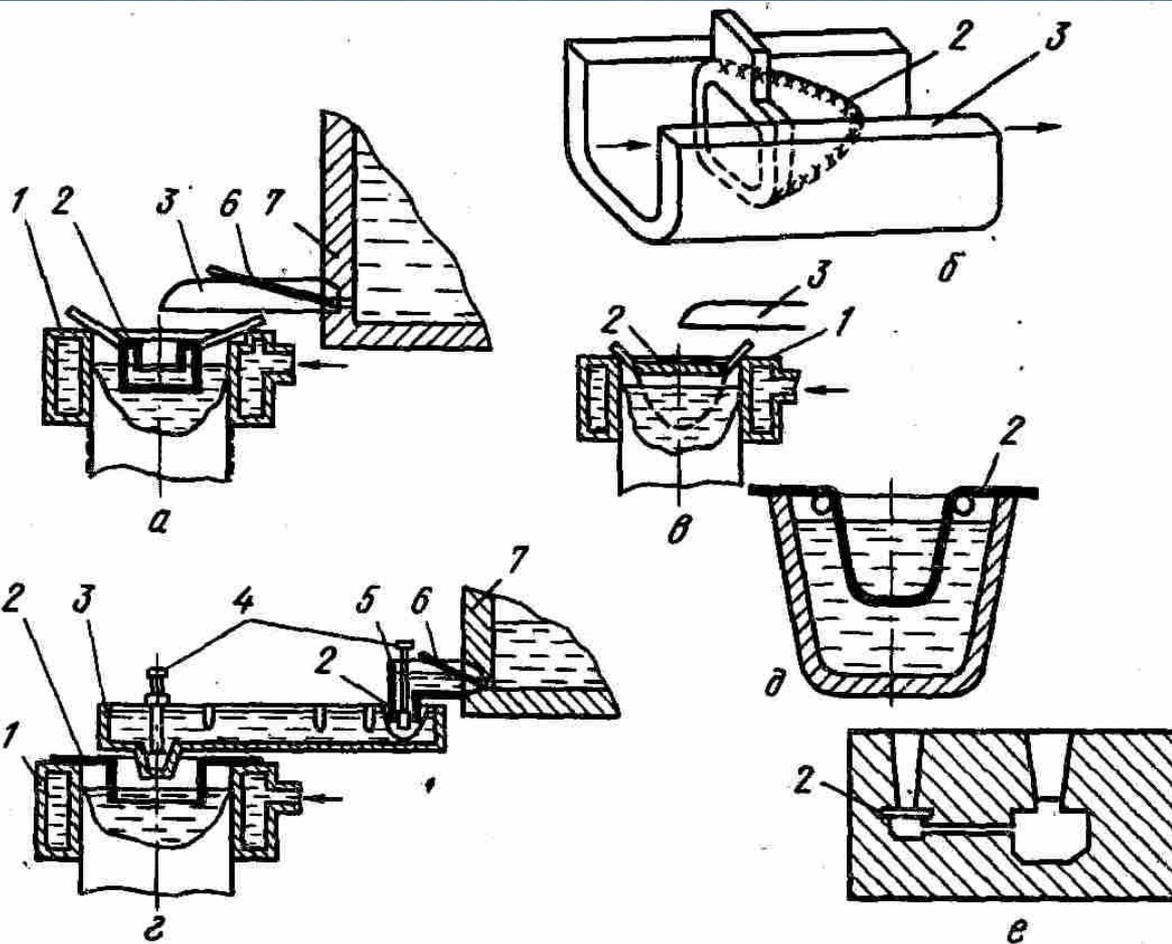
- Через жидкие фильтры
- Через сетчатые фильтры
- Через кусковые (зернистые)
фильтры
- Через пористые фильтры



Р и с. 94. Схемы установок для фильтрования через жидкие солевые расплавы:

а—с газовым подогревом флюса; *б*—с электроподогревом флюса; *в*— для электрофлюсового рафинирования; 1—желоб миксера; 2—распределительная коробка; 3—печь; 4—тигель; 5— жидкий флюс; 6—распределительная воронка; 7—кристаллизатор; 8—слиток; 9—электрические нагреватели; 10—стопор; 11—миксер; 12—кольцевой электрод; 13—пробка сливного отверстия; 14—генератор тока; 15— регулятор напряжения; 16—переключатель

Фильтрация через сетчатые фильтры



Р и с. 91. Схема расположения сетчатых фильтров:
1—кристаллизатор; 2—фильтр из стеклоткани; 3—желоб; 4—регулирующий стопор; 5—леточная коробка; 6—пика; 7—миксер

Фильтрование через сетчатые фильтры

- ◆ Ячейка 0,5 – 1,7 мм
- ◆ Материал фильтра – стеклоткань
- ◆ Механизм очистки – механическое удержание частиц
- ◆ Уровень очистки – 0,2 – 0,5 мм²/см²
- ◆ Нет изменений структуры и газосодержания
- ◆ Устанавливается в литниковой системе или в распределительной коробке кристаллизатора

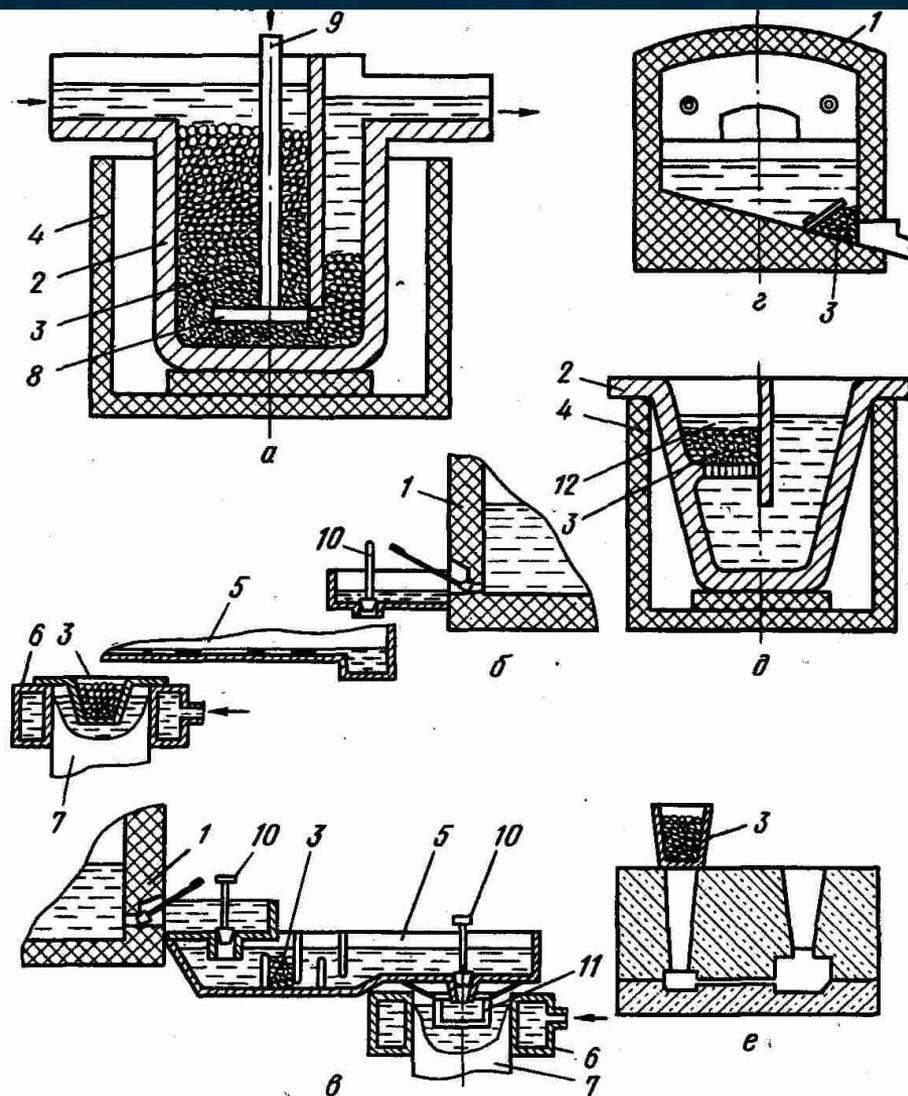
Фильтрация через зернистые фильтры

- ◆ **Механизм очистки:**
 - механическое отделение частиц
 - гидродинамические явления
 - поверхностные явления
- ◆ **Материал:**
шамот, магнезит, фториды магния и кальция, графит, алунд и т.д.
- ◆ **Уровень очистки – $0,08 - 0,02 \text{ мм}^2/\text{см}^2$**
- ◆ **Снижение газосодержания**
- ◆ **Увеличение размера зерна**

На уровень очистки влияет:

- Толщина слоя фильтра
- Размер кусков (зерен)
- Материал фильтра
- Температура металла

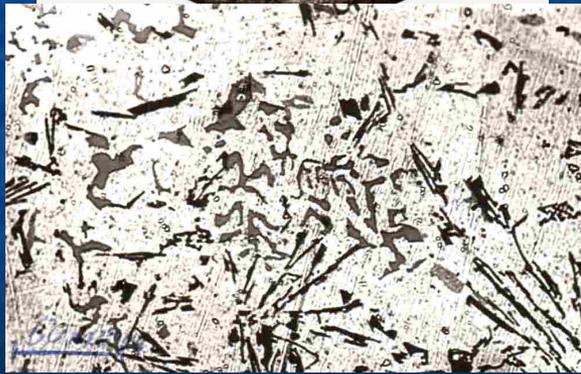
Фильтрование через кусковые (зернистые) фильтры



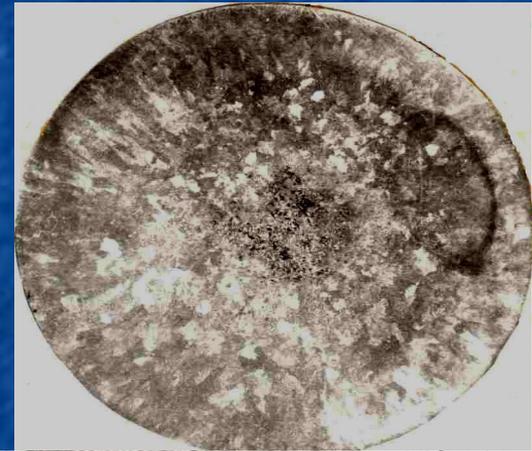
Р и с. 92. Схема установки зернистых фильтров:

а—на участке перелива металла из миксера в форму; *б*—в кристаллизаторе; *в*—в раздаточной печи; *г*—в раздаточном тигле; *д*—в литниковой чаше; *е*—в литниковой чаше; *1*—миксер; *2*—тигель; *3*—фильтр; *4*—печь для подогрева; *5*—распределительная коробка; *6*—кристаллизатор; *7*—слиток; *8*—пористая графитовая плита; *9*—труба; *10*—стопор; *11*—распределительная воронка; *12*—перфорированная плита

Изменения структуры в результате фильтрования



До обработки

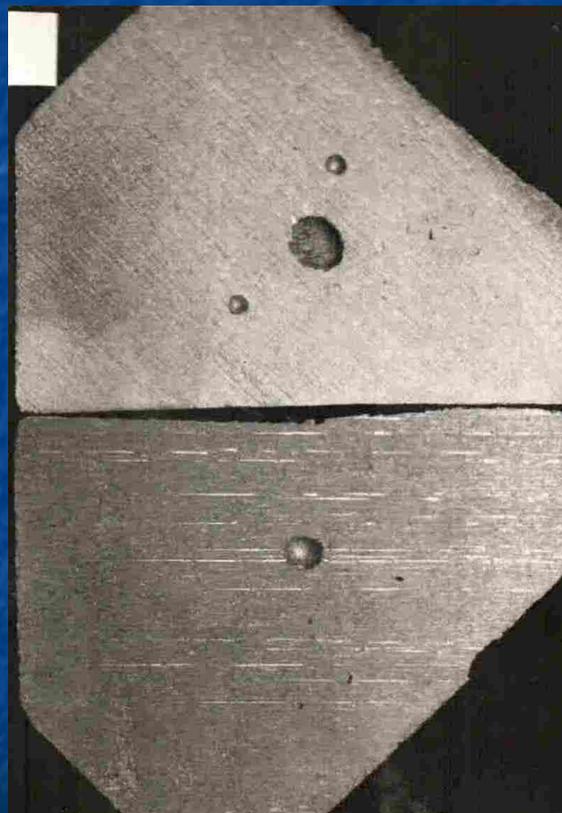


После фильтрования
через сплав фторидов

Газовые пороки в отливках



Газовая пористость



Газовые раковины

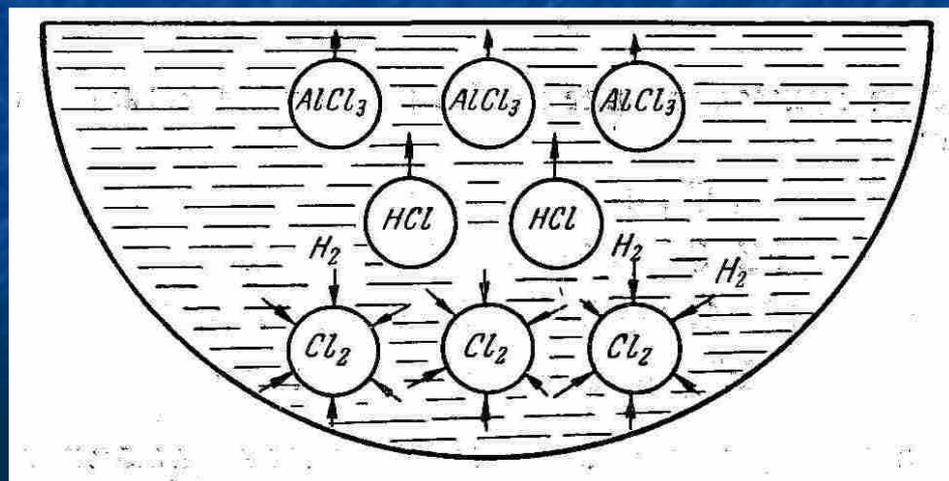
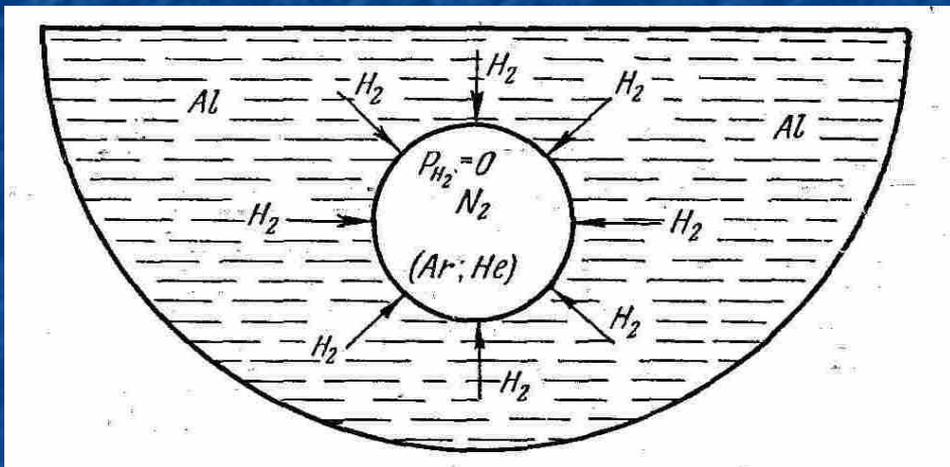
Дегазация расплавов

Дегазация – удаление из расплавов водорода, азота и окиси углерода

Способы дегазации

- Продувка нерастворимыми газами
- Обработка летучими хлоридами
- Обработка флюсами
- Вакуумирование
- Выдерживание в атмосфере инертного газа
- Вымораживание
- Физические воздействия

Продувка инертными и активными газами



Необходимые условия качественной продувки

- Медленное всплывание пузырьков через весь расплав
- Малый диаметр пузырьков
- Малая площадь поверхности расплава по отношению к объему

Девазация хлоридами

- Используют:



- При обработке протекают реакции:



Вакуумирование

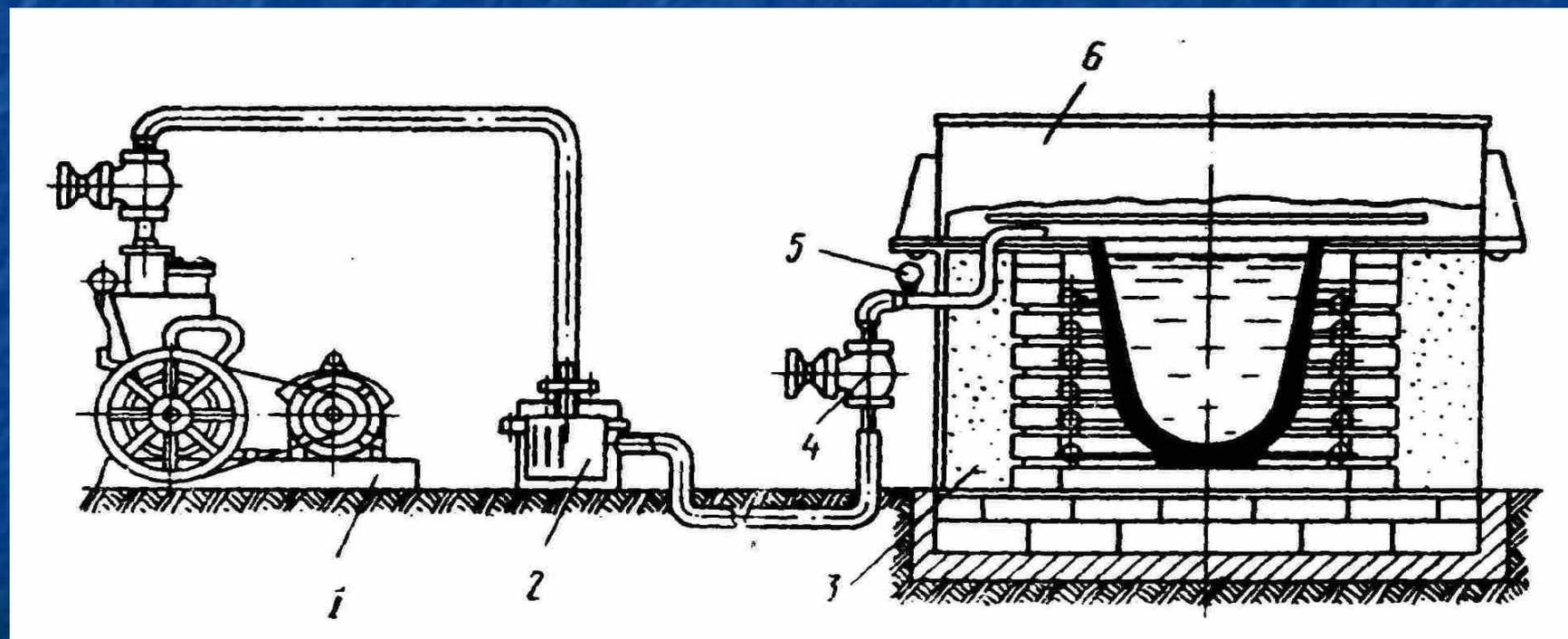
Условие существования пузырька газа в расплаве

$$P_{\text{пуз}} = P_{\text{вн}} = P_{\text{атм}} + P_{\text{мс}} + 2\sigma/r$$

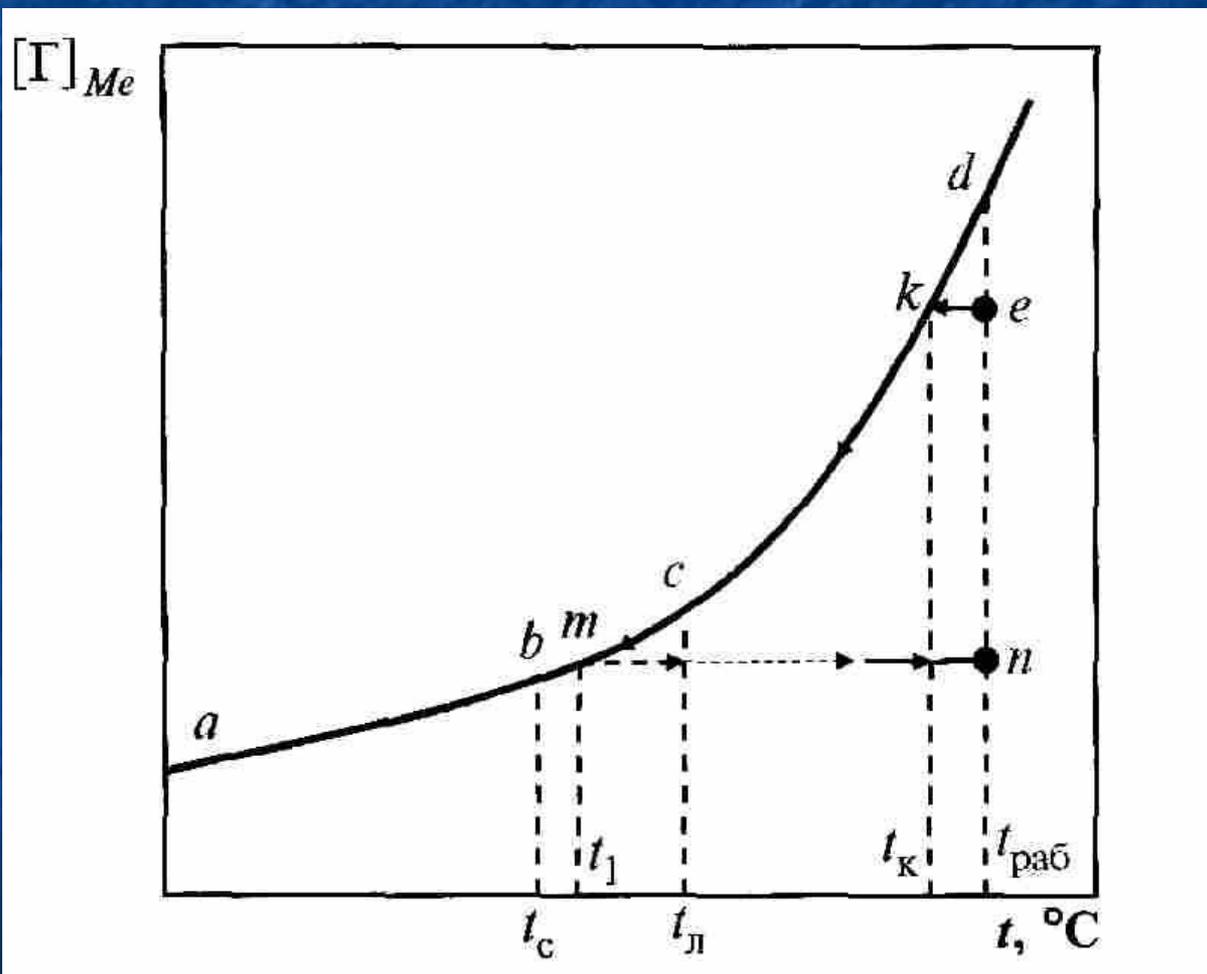
При снижении $P_{\text{атм}}$ устойчивыми становятся более мелкие пузырьки

Продолжительность дегазации зависит от массы расплава и площади свободной поверхности расплава

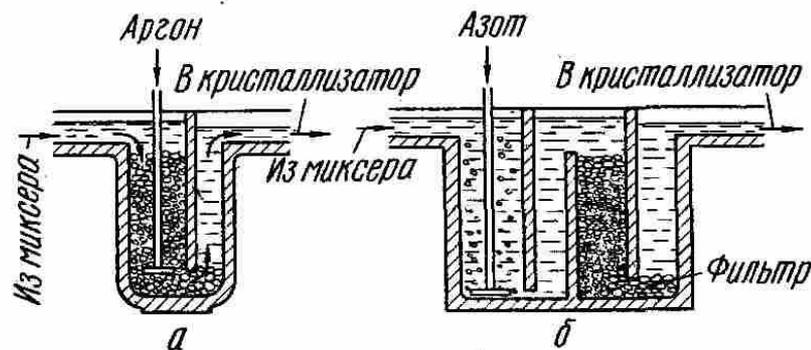
Дегазация вакуумированием и инертными газами



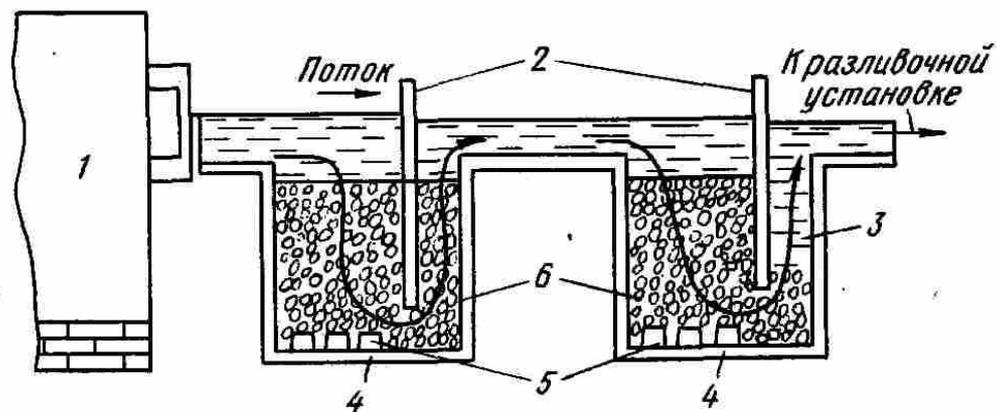
Вымораживание



Комплексное рафинирование расплавов



Р и с. 95. Схемы установок для дегазации алюминиевых расплавов нейтральными газами с фильтрацией через Al_2O_3 :
а—фирмы "Алкоа"; б—отечественного производства



Р и с. 96. Схема процесса "Алкоа-469" по очистке алюминиевых сплавов:
1—миксер; 2—разделительные перегородки; 3—рафинированный алюминиевый расплав; 4—корпус рафинирующей установки; 5—распределители газа; 6—чешуйки глинозема и глиноземные шарики