



# ***Процессы и операции формообразования***

## ***7. СЕМИНАР-2 Металлургия цветных металлов***

Н.А. Денисова, доцент кафедры  
машиностроения, канд. пед. наук



# ВОПРОСЫ

## металлургия черных металлов

- Какие исходные материалы применяются при производстве металлов и сплавов?
- Что содержится в летке доменной печи?
- Что такое «передельный чугун»?
- Что такое «кипение» стали при ее выплавке?
- Зачем производят раскисление стали?
- Какими способами можно повысить качество стали?



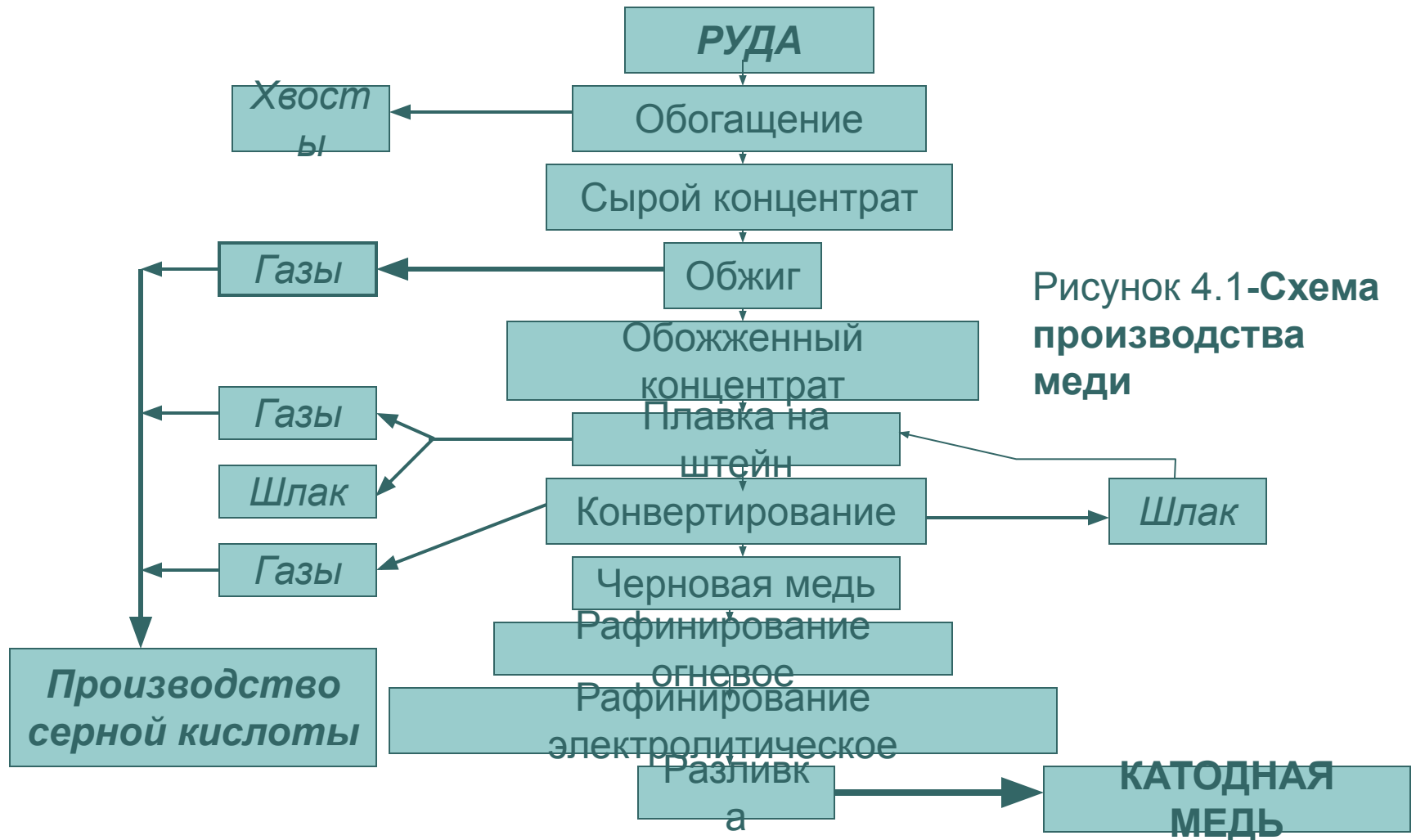
# Производство цветных металлов.

## МЕДЬ

- Медные руды в земной коре обычно встречаются в виде комплексных соединений, где, кроме меди (1...6 %) содержатся свинец, цинк, сурьма, мышьяк, золото и серебро.
- В рудах медь находится большей частью в виде сернистых соединений  $\text{CuS}$  и  $\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{CuFeS}_2$ , оксидные соединения меди встречаются реже, еще реже медь встречается в виде карбонатов. Известны также месторождения чистых медных руд и самородной меди.
- Переработка медных руд является многоступенчатым процессом – обогащение, обжиг, плавка на штейн, получение черновой меди, рафинирование меди, и может осуществляться
  - Пирометаллургическим способом - протекает при высоких температурах и позволяет извлекать из руды наряду с медью извлекать из руды драгоценные металлы.
  - и гидрометаллургическими способами, который подразумевает перевод выделяемого металла в раствор. Перерабатывают только оксидные руды.

# Производство цветных металлов.

## МЕДЬ





# ВОПРОС

- Вопрос. В чем разница между пирометаллургическим и гидрометаллургическим способами переработки руды?*



# ***Производство цветных металлов.***

## ***АЛЮМИНИЙ***

- По содержанию в земной коре алюминий среди цветных металлов занимает первое место (около 7,5 %). Алюминий очень активный металл, поэтому встречается в природе только в связанном виде (оксиды и гидроксиды).
- Основные алюминиевые руды:
  - бокситы,
  - нефелины,
  - алуниты,
  - каолины,
- из которых наибольшее значение имеют бокситы, содержащие 40...60 % глинозема, остальное – оксиды железа, кремния, кальция, титана и других примесей. В нефелинах, алунитах и каолинах содержится 20...30 % глинозема ( $Al_2O_3$ ).



# ***Производство цветных металлов.*** ***АЛЮМИНИЙ***

Основным способом производства алюминия является электролитический. Этапы производства алюминия следующие

- производство глинозема (безводного, свободного от примесей оксида алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$ );
- получение из плавикового шпата криолита  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ;
- электролиз глинозема в расплавленном криолите.



Рисунок 4.2-Схема производства алюминия





# **Производство цветных металлов.**

## **АЛЮМИНИЙ**

- Криолит получают из плавикового шпата в четыре последовательных этапа получения промежуточных продуктов:
  - фтористого водорода;
  - плавиковой кислоты;
  - фтороалюминиевой кислоты;
  - криолита.
- Криолит отфильтровывают и просушивают в сушильных барабанах.
- Электролиз глинозема проводят в электролизере. В ванну из углеродистого материала заливают расплавленный алюминий (толщина слоя 250 ... 300 мм), который является катодом. Далее заливают жидкий криолит и добавляют глинозем, фтористый алюминий  $\text{AlF}_3$  и фтористый натрий  $\text{NaF}$ .
- Анодом служат угольные стержни, погруженные в криолит. Для электролиза и разогрева криолита до температуры  $1\ 000^\circ\text{C}$  подается постоянный электрический ток (70...75 кА, 4...4,5 В). На катоде разряжается ион  $\text{Al}^{3+}$  и под слоем электролита образуется слой алюминия.



# ОТВЕТИТЬ НА ВОПРОСЫ

## *▣ Что такое рафинирование?*

Получаемый электролизом алюминий-сырец содержит металлические и неметаллические примеси. Для удаления примесей алюминий-сырец рафинируют: через расплав алюминия продувают хлор. Образующийся парообразный хлористый алюминий, проходя через расплав алюминия, обволакивает частички примесей и выносит их на поверхность, откуда их удаляют.



# ***Производство цветных металлов.***

## ***ТИТАН***

- Довольно широко распространенный в земной коре титан в природе встречается в составе более семидесяти минералов, из которых наибольшее промышленное значение получили ильменит  $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ .
- Известно несколько способов получения титана из его руд, но во всех случаях, как и для большинства металлов, металлургической обработке должны предшествовать обогащение руды и получение концентрата.
- Основным методом переработки титановых руд является магнийтермический способ, суть которого заключается в получении четыреххлористого титана и восстановлении из него металлического титана с помощью магния (рис. 4.3).



# Производство цветных металлов.

## ТИТАН

- Ильменитовый концентрат плавят в смеси с древесным углем, антрацитом в рудно-термических печах, где оксиды железа и титана восстанавливаются.
- Образующееся железо науглероживается, и получается чугун, а низшие оксиды титана переходят в шлак.
- Титановый шлак содержит 80...90 %  $TiO$ , 2...5 %  $FeO$  и примеси  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $CaO$  и другие.
- Чугун используют в металлургическом производстве.
- Титановый шлак подвергают хлорированию и получают четыреххлористый титан – тетрахлорид титана:  $TiO_2 + 2C + 2Cl_2 = TiCl_4 + 2CO$ .
- Тетрахлорид титана находится в парообразном состоянии в смеси с хлоридами других элементов, поэтому проводят отделение и очистку  $TiCl_4$  от остальных хлоридов.
- Титан из тетрахлорида титана восстанавливают жидким магнием при температуре 950...1 000градС в атмосфере аргона:
- $2Mg + TiCl_4 = Ti + 2MgCl_2$ .
- Твердые частицы титана спекаются в пористую титановую губку, а жидкий  $MgCl_2$  выпускают через летку реактора.
- Титановая губка содержит 35...40 % магния и хлористого магния. Для удаления из титановой губки этих примесей ее подвергают вакуумному дуговому переплаву при 900...950градС.
- Полученные слитки могут иметь дефекты (раковины, поры), поэтому их подвергают повторному переплаву с расходуемым электродом (электродом служат слитки первого переплава).
- Чистота титана после вторичного переплава составляет 99,6...99,7 %.

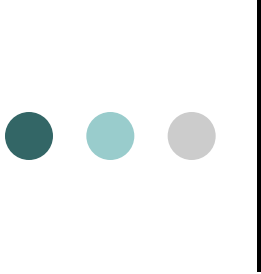


Рисунок 4.3-Схема производства титана



# ВОПРОС

- ▣ Чем можно объяснить многостадийность техпроцесса получения титана?*



# Производство цветных металлов. МАГНИЙ

- Один из распространенных металлов в земной коре – магний является очень активным металлом и в свободном виде не встречается, но входит в состав многих пород в виде хлоридов или карбонатов, образуя магниевые руды:
  - карналлит,
  - магнезит,
  - доломит,
  - бишофит.
- Одним из методов получения магния является электролитический способ переработки карналлита  $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$ .
- Однако выделить магний этим способом из водных растворов его солей невозможно, так как электрохимический отрицательный потенциал магния по абсолютной величине значительно больше отрицательного потенциала разряда ионов водорода на катоде.
- Для получения магния проводят электролиз не водных растворов, а расплавленных солей магния (рис. 4.4).
- В качестве электролита используют безводный хлористый магний, для снижения температуры плавления которого и повышения электропроводности в электролит добавляют соли –  $NaCl$ ,  $CaCl_2$ ,  $KCl$ . Хлористый магний получают хлорированием оксида магния или обезвоживанием карналлита. Электролитическое получение магния осуществляют в электролизере, в котором анодами служат графитовые пластины, а катодами – стальные пластины. Электролизер заполняют расплавленным электролитом и пропускают электрический ток. Удельная плотность магния меньше удельной плотности электролита, поэтому выделяющийся на катоде жидкий магний не растворяется в электролите, а в виде капель всплывает на его поверхность, откуда его периодически сливают. Получаемый магний содержит до 5% примесей, поэтому его рафинируют, переплавляя с флюсами или применяя возгонку.

# Производство цветных металлов. МАГНИЙ

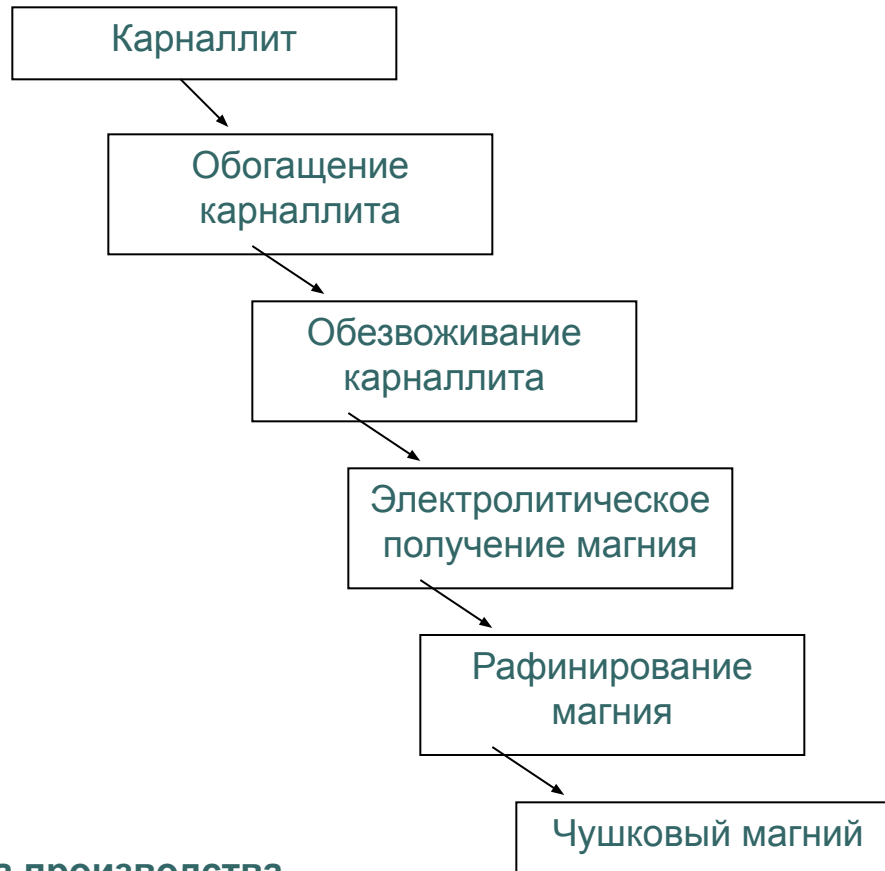


Рисунок 4.4-Схема производства магния





# ВОПРОСЫ

- ▣ *В чем сходство техпроцессов получения металлов и сплавов?*
- ▣ *В чем отличие производства черных металлов от цветных?*



# Литература

- Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для студ.в. учеб. заведений / В.Б. Арзамасов, А.Н. Волчков, В.А. Головин и др.; под ред. В.Б. Арзамасова, А.А. Черепяхина. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 448 с.