

# \*Металлургия

**К.т.н., доцент  
Серов А.В.**

**Металлургия** — (от др.-греч. добываю руду, обрабатываю металлы)

- производство чистых металлов из природного сырья и других металлосодержащих продуктов и получение сплавов.

### **Разновидности металлургии**

Металлургия подразделяется на чёрную и цветную.

- **Чёрная металлургия** включает добычу и обогащение руд чёрных металлов (к чёрным металлам относят железо, все остальные — цветные), производство чугуна, стали и ферросплавов. К чёрной металлургии относят также производство проката чёрных металлов, стальных, чугунных и других изделий из чёрных металлов.

- К **цветной металлургии** относят добычу, обогащение руд цветных металлов, производство цветных металлов и их сплавов.

По основному технологическому процессу подразделяется на **пирометаллургию** (плавка) и **гидрометаллургию** (извлечение металлов в химических растворах).

- – шахты и карьеры по добыче руд и каменных углей;
- – горно-обогачительные комбинаты, где обогащают руды, подготавливая их к плавке;
- – коксохимические заводы (подготовка углей, их коксование и извлечение из них полезных химических продуктов);
- – энергетические цехи для получения сжатого воздуха (для дутья доменных печей), кислорода, очистки металлургических газов;
- – доменные цехи для выплавки чугуна и ферросплавов или цехи для производства железорудных металлизированных окатышей;
- – заводы для производства ферросплавов;
- – сталеплавильные цехи (конвертерные, мартеновские, электросталеплавильные);
- – прокатные цехи (слиток в сортовой прокат).

## **Основная продукция чёрной металлургии:**

- чугуны: пердедельный, используемый для передела на сталь, и литейный, для производства фасонных отливок;
- железорудные металлизированные окатыши для выплавки стали;
- ферросплавы (сплавы железа с повышенным содержанием марганца, кремния, ванадия, титана и т.д.) для легированных сталей;
- стальные слитки для производства проката,
- стальные слитки для изготовления крупных кованых валов, дисков (кузнечные слитки).

## **Основная продукция цветной металлургии:**

- слитки цветных металлов для производства проката;
- слитки для изготовления отливок на машиностроительных заводах;
- лигатуры – сплавы цветных металлов с легирующими элементами для производства сложных легированных сплавов;
- слитки чистых и особо чистых металлов для приборостроения и электротехники.

# Материалы для производства металлов и сплавов

- Промышленная руда – горная порода, из которой целесообразно извлекать металлы и их соединения (содержание металла в руде должно быть не менее 30...60 % для железа, 3..5% для меди, 0,005...0,02 % для молибдена).

Руда состоит из минералов, содержащих металл или его соединения, и пустой породы.

- Флюсы – материалы, загружаемые в плавильную печь для образования легкоплавкого соединения с пустой породой руды или концентратом и золой топлива.
- Такое соединение называется шлаком. Шлак защищает металл от печных газов и воздуха.

Шлак называют кислым, если в его составе преобладают кислотные оксиды ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), и основным, если в его составе больше основных оксидов ( $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ )

- Топливо – в металлургических печах используется кокс, природный газ, мазут, доменный (колошниковый) газ.

Кокс получают сухой перегонкой при температуре 1000 0C (без доступа воздуха) каменного угля коксующихся сортов. В коксе содержится 80...88 % углерода, 8...12 % золы, 2...5 % влаги. Кокс служит не только горючим для нагрева, но и химическим реагентом для восстановления железа из руды.

- Огнеупорные материалы применяют для изготовления внутреннего облицовочного слоя (футеровки) металлургических печей и ковшей для расплавленного металла.

Разделяют на: кислые (кварцевый песок, диносовый кирпич), основные (магнезитовый кирпич, магнезитохромитовый кирпич), нейтральные (шамотный кирпич).

- Теплоизоляционные материалы – уменьшают тепловые потери печи через кладку (шлаковата и минвата, вермикулит, трепела, диатомит, асбест, пенобетоны)

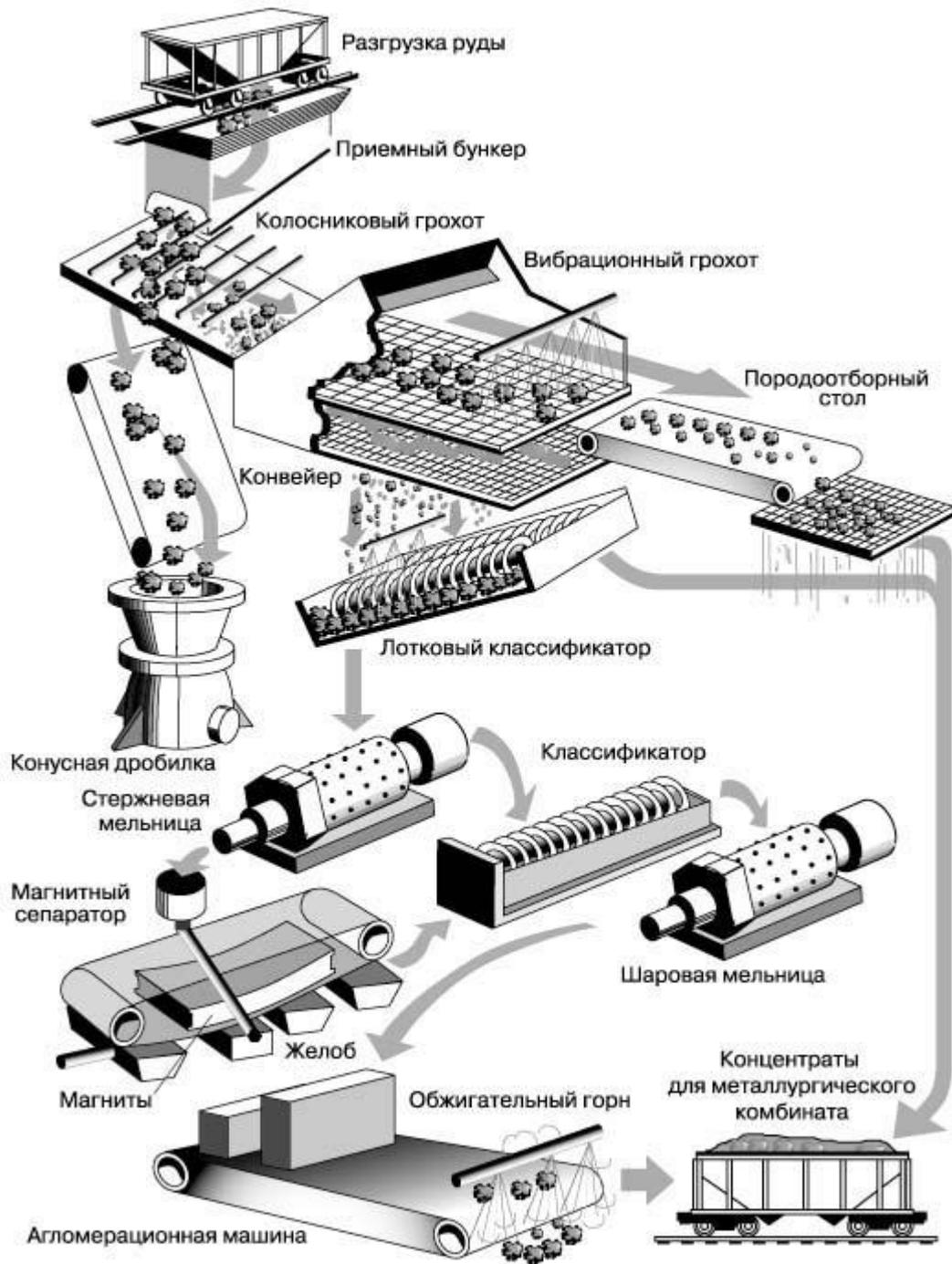
# Выплавка чугуна

## **Железные руды:**

- магнитный железняк ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) с содержанием железа 55...60 %, месторождения – Соколовское, Курская магнитная аномалия (КМА);
- красный железняк ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) с содержанием железа 55...60 % , месторождения – КМА;
- бурый железняк (гидраты оксидов железа  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) с содержанием железа 37...55 % – Керчь.

**Топливо** для доменной плавки - кокс, возможна частичная замена газом, мазутом.

**Флюс** - известняк ( $\text{CaCO}_3$ ) или доломитизированный известняк, содержащий  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$  , так как в шлак должны входить основные оксиды ( $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ), которые необходимы для удаления серы из металла.



Подготовка руд к доменной плавке



Дробление и сортировка



Обогащение



Окусковывание

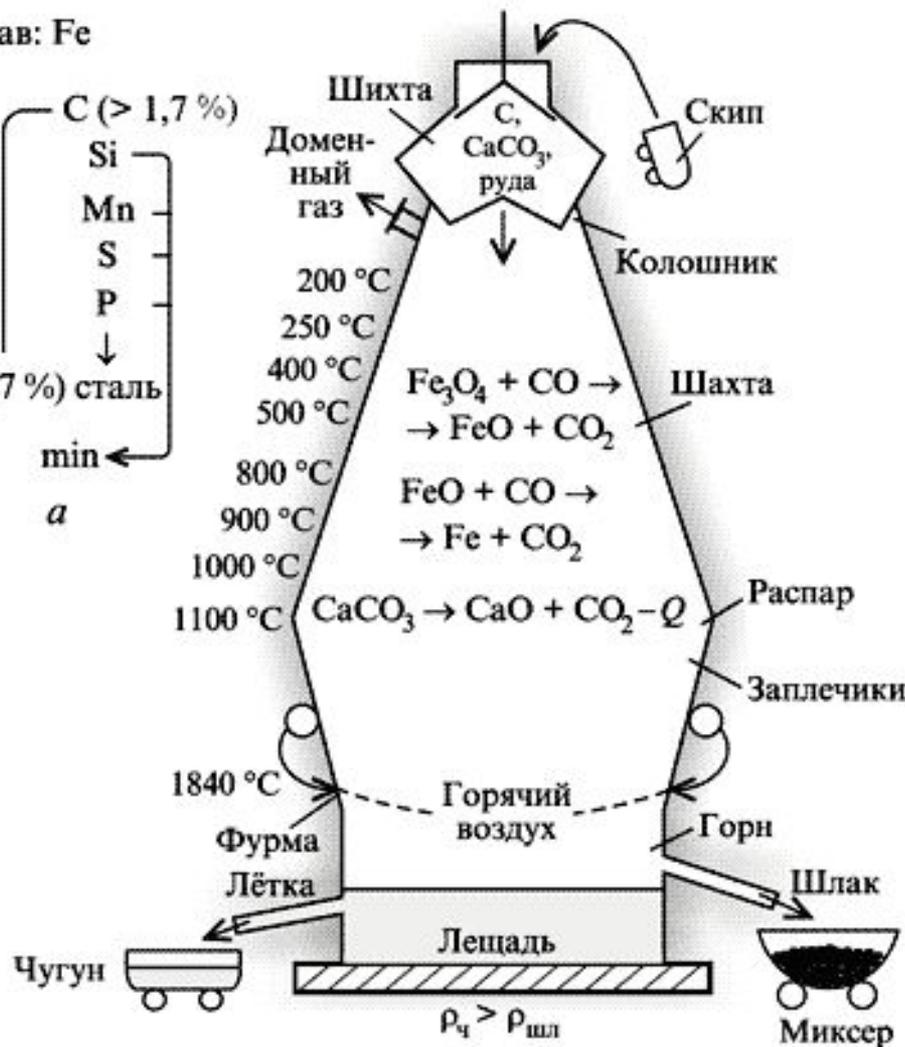
# Производство чугуна

## Чугун

состав: Fe

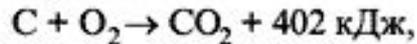
C (> 1,7 %)  
Si  
Mn  
S  
P  
↓  
(< 1,7 %) сталь  
min ←  
а

## Схема доменной печи

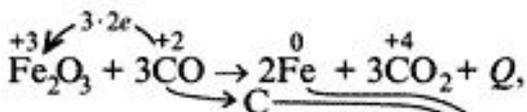
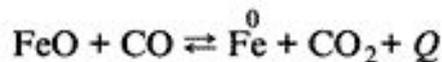
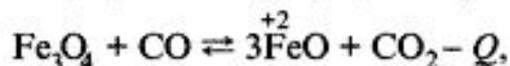
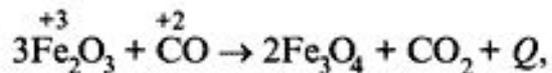


## Химические процессы

Горение кокса:



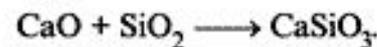
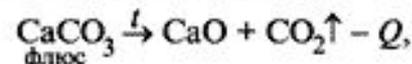
Восстановление железа:



Восстановление Mn, Si, P, S

чугун

Образование шлаков:



в

б

*Примечание.* Скип – сосуд для загрузки шихты в доменную печь; лещадь – под (дно) в доменной печи, место скопления расплавленного металла;  $\rho_{\text{ч}}$  – плотность чугуна;  $\rho_{\text{шл}}$  – плотность шлака;

# Процессы прямого получения железа из руд. Производство стали.

## Процессы прямого получения железа из руд

### *Получение губчатого железа в шахтных печах.*

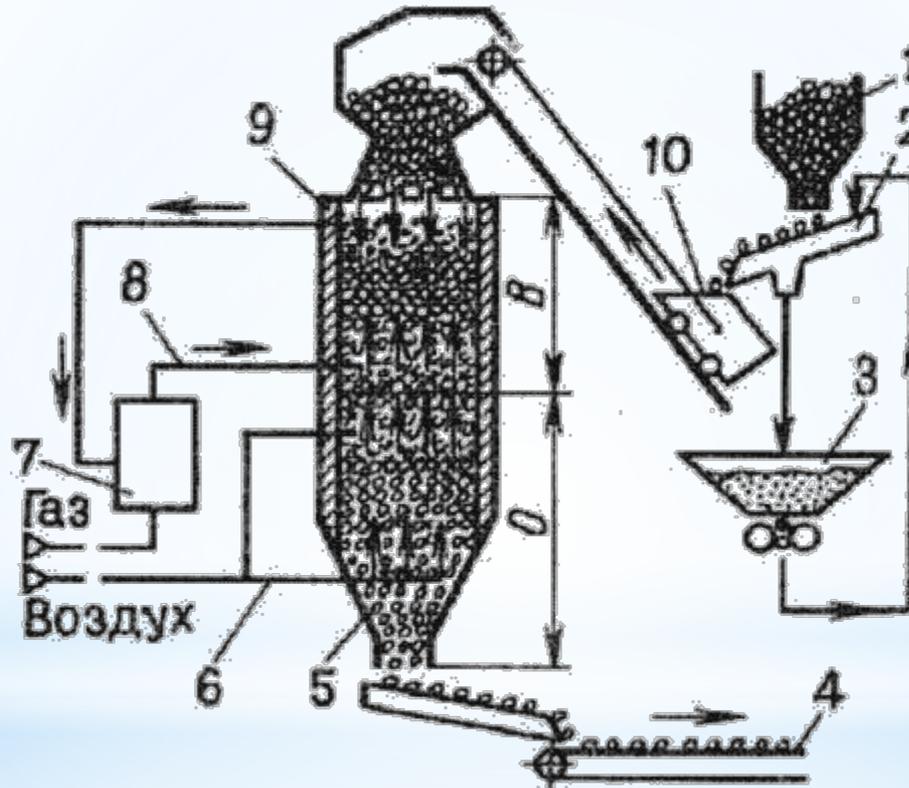
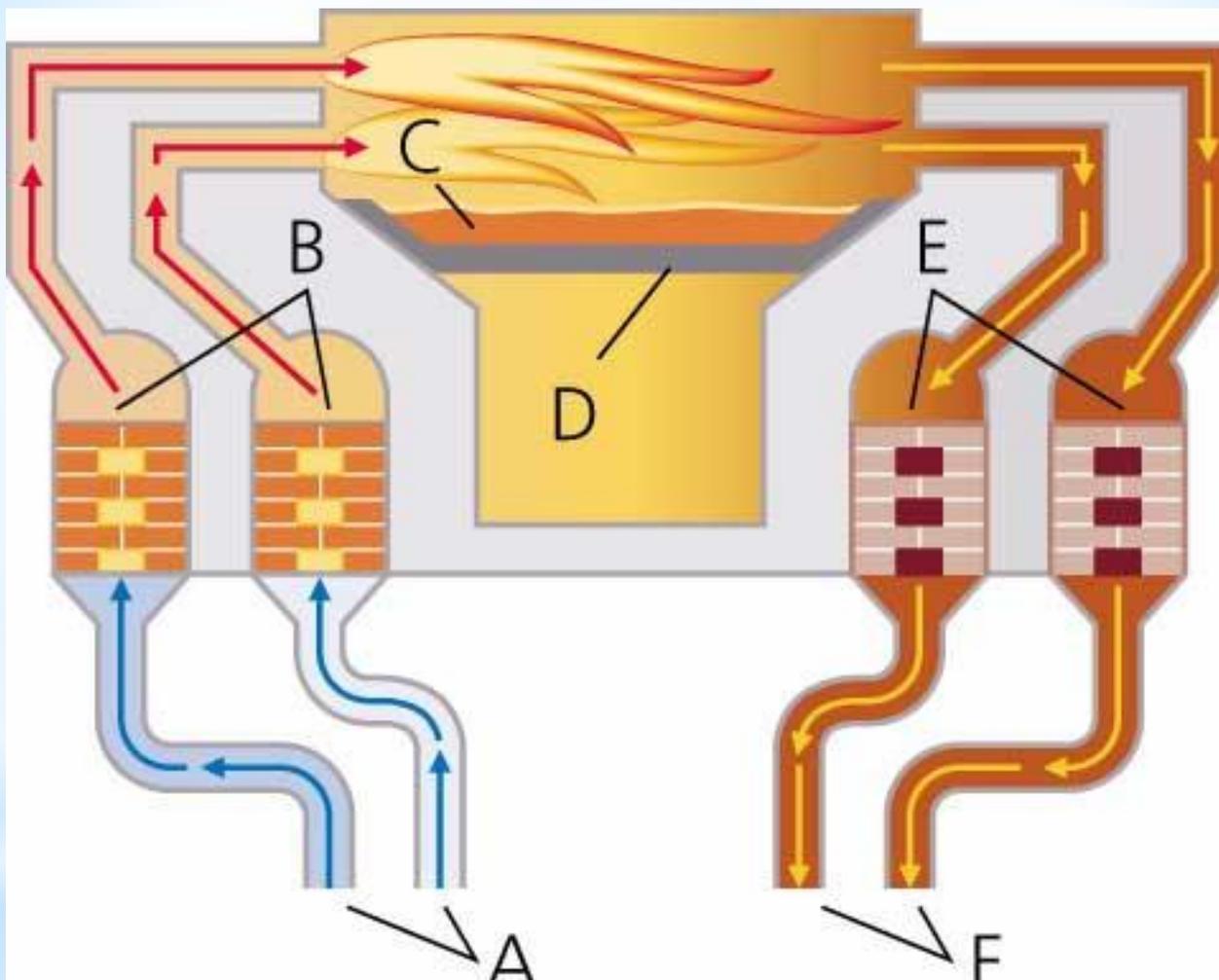


Схема установки для прямого восстановления железа из руд и получения металлизированных окатышей

*Восстановление  
железа в кипящем  
слое.*

*Получение  
губчатого железа в  
капсулах-тиглях.*

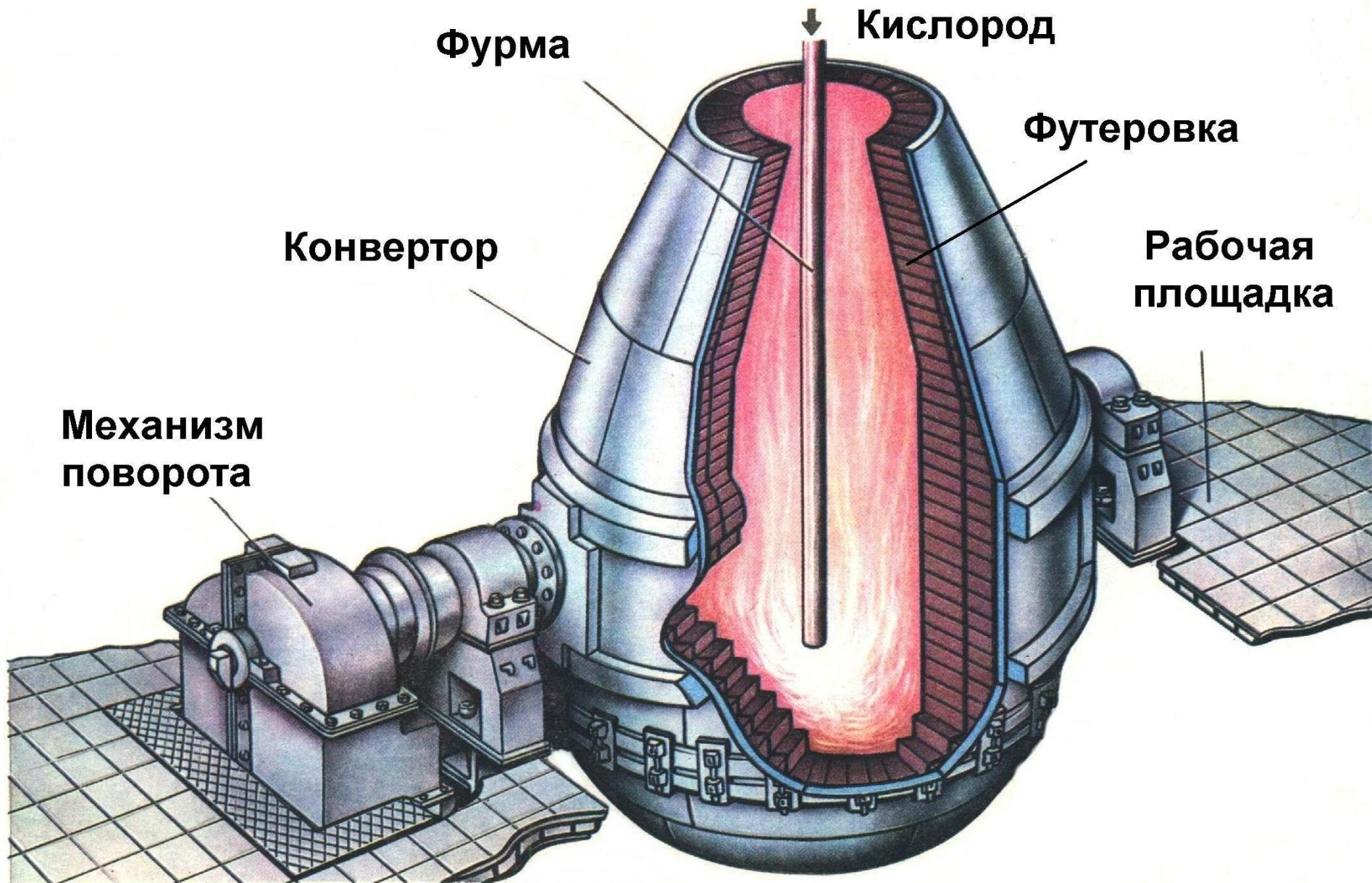
# Производство стали в мартеновских печах



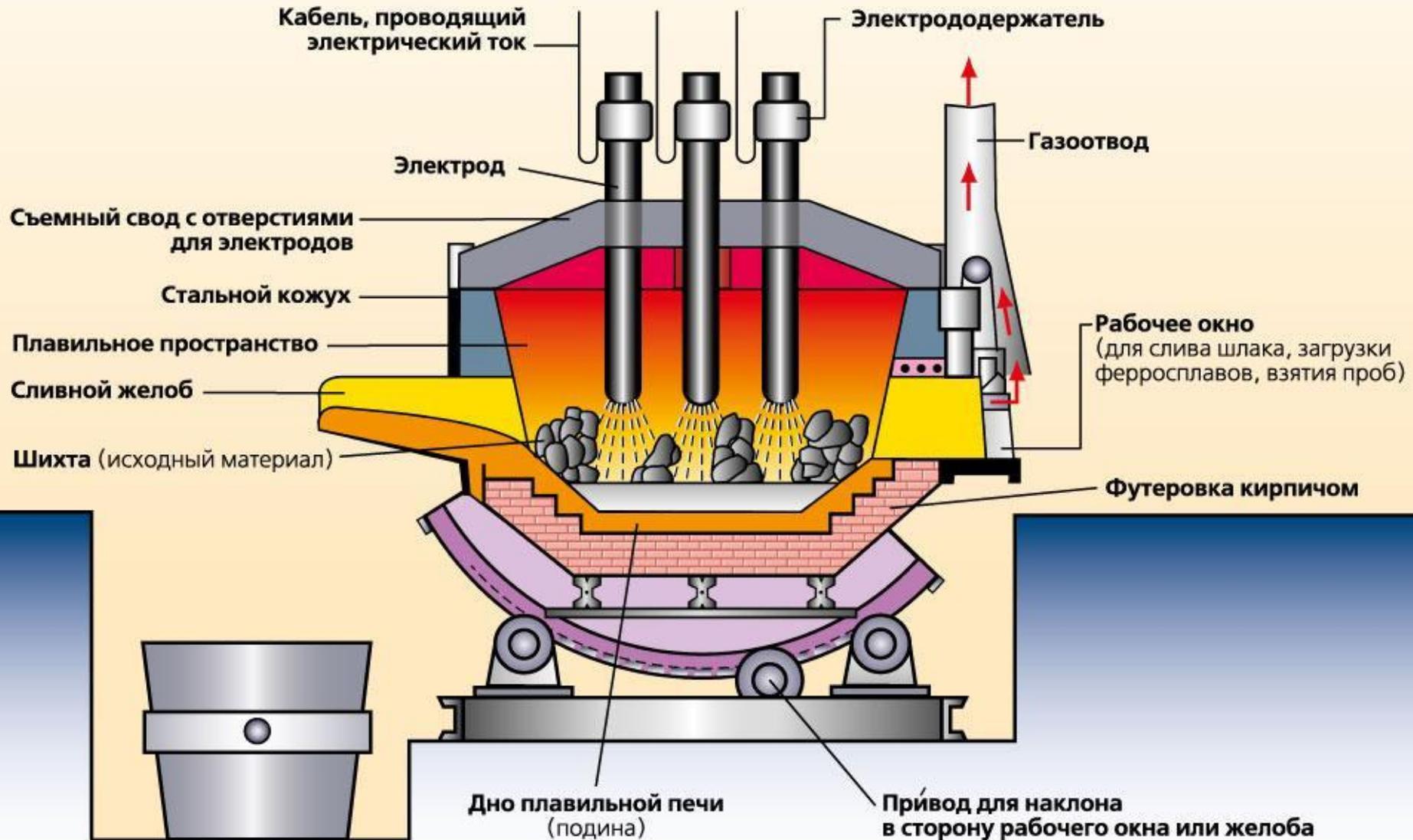
**Схема работы мартена**

**А. Вдувание газо-воздушной смеси В. Теплообменник (нагрев) С. Жидкий чугун D. Горн E. Теплообменник (охлаждение) F. Выхлоп сгоревших газов**

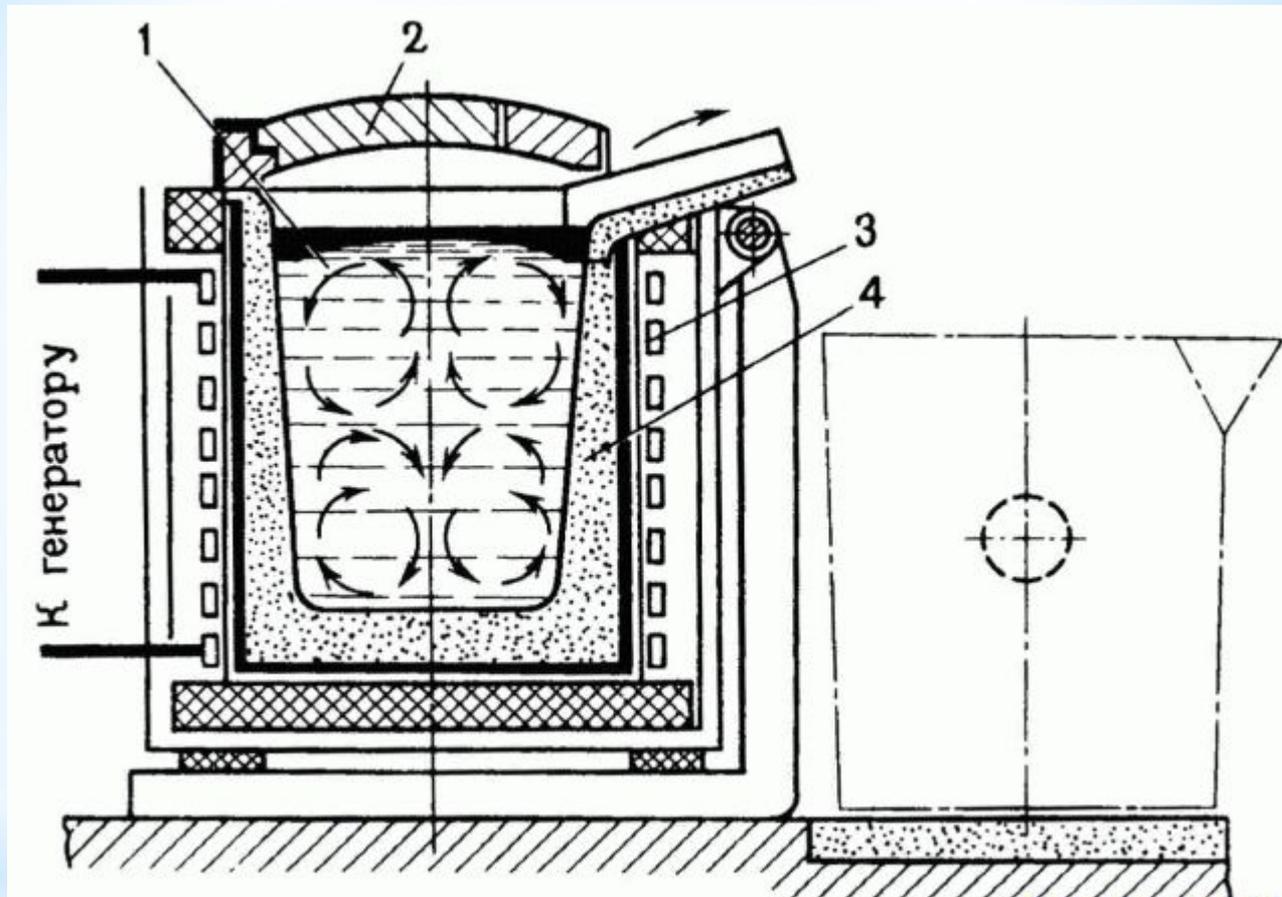
# Производство стали в кислородных конвертерах.



# ВЫПЛАВКА СТАЛИ В ЭЛЕКТРОПЕЧИ



# Индукционные тигельные плавильные печи



Печь состоит из водоохлаждаемого индуктора 3, внутри которого находится тигель 4 (основные или кислые огнеупорные материалы) с металлической шихтой, через индуктор от генератора высокой частоты проходит однофазный переменный ток повышенной частоты (500...2000 Гц). При пропускании тока через индуктор в металле 1, находящемся в тигле, индуцируются мощные вихревые токи, что обеспечивает нагрев и плавление металла. Для уменьшения потерь тепла печь имеет съёмный свод 2.