

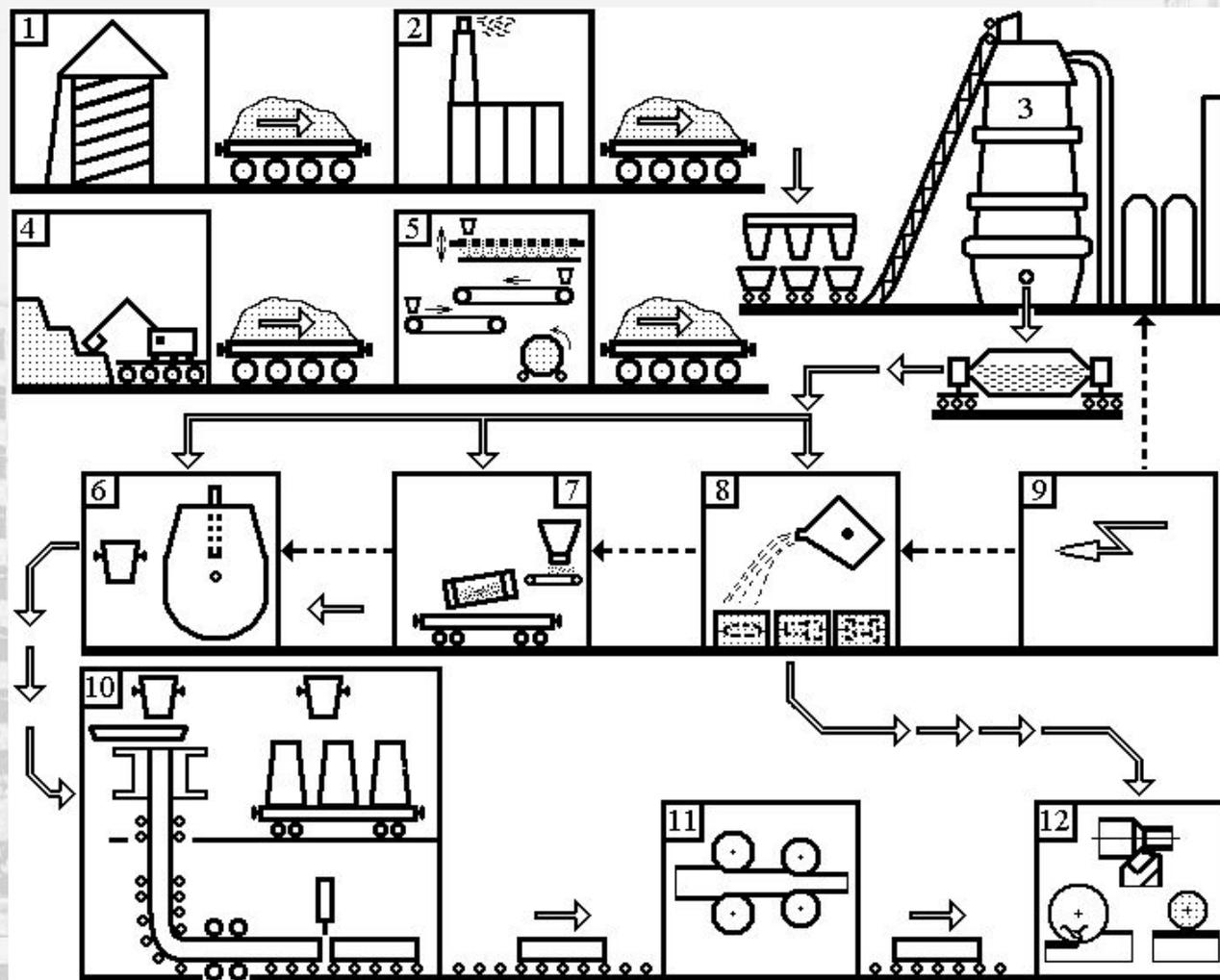
Технология конструкционных материалов

МЕТАЛЛУРГИЯ

1. **Схема современного металлургического производства.**
2. **Руда.**
3. **Топливо.**
4. **Флюсы и футеровочные материалы.**
5. **Подготовка руды к плавке.**
6. **Двухстадийный процесс получения железа**
7. **Разливка стали.**
8. **Строение слитка.**
9. **Прямое восстановление железа.**

доц. Черепяхин А.А.

Схема современного металлургического производства



- 1 - шахты
- 2- коксохимический завод
- 3- доменный цех
- 4- карьеры
- 5- горно-обогатительный комбинат
- 6- сталеплавильный цех
- 7- производство ферросплавов
- 8- литейный цех
- 9- энергетический цех
- 10- разливка стали
- 11- прокатный цех
- Потребитель:
- 12- Машиностроительные заводы

Основные железные руды

Бурый железняк



Магнитный железняк



Красный железняк

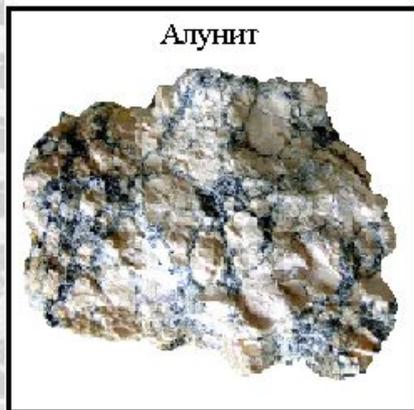
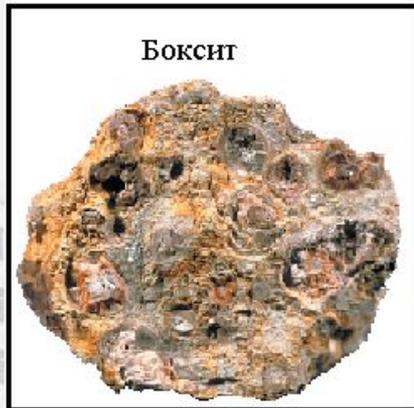


Шпатовый железняк



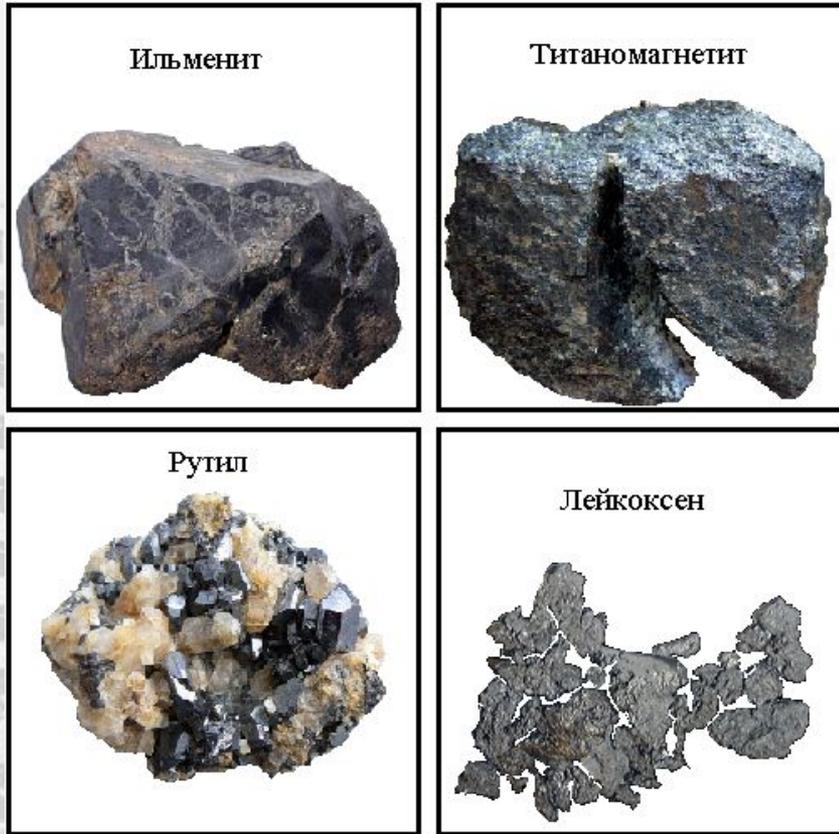
- **Бурый железняк** (лимониты) содержит гидраты оксидов железа $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (37...55 % Fe). Пустая порода – разнообразная по составу, содержит серу и фосфор.
- **Магнитный железняк** (магнетит), содержащий магнитную окись железа Fe_3O_4 , добывают в виде плотных кусковых пород (55... 60 % железа). Пустая порода - SiO_2 .
- **Красный железняк** (гематит) содержит Fe_2O_3 и имеет красноватый цвет (55... 60 % Fe). Пустая порода содержится в виде SiO_2 и известняка CaCO_3
- **Шпатовый железняк** (сидерит) содержат FeCO_3 (~ 30 ... 40 % Fe). Не содержит серы и фосфора. Основная примесь – марганец.

Алюминиевые руды



- **Боксит** —алюминиевая руда, состоящая из гидроксидов алюминия, оксидов железа и кремния, сырьё для получения глинозема. В зависимости от химического состава бокситы подразделяются на десять промышленных марок, наиболее высокая из которых обозначается Б-В и содержит 52 - 60% Al_2O_3 (в пересчете на сухое вещество).
- **Алунит** – водный сульфат калия и алюминия. Химический состав $KAl_3[SO_4]_2(OH)_6$ иногда содержит примеси Na^+ и Fe^{3+} . **Алунитовая руда** - природное минеральное образование, состоящее в основном из Алунита (30-55%), кварца, халцедона и опала (в сумме 40-50%), глинистых минералов.
- **Нефелиновый сиенит** – щелочная магматическая горная порода, преимущественно состоящих из нефелина (до 50%) и щелочного полевого шпата (45-80%). Обычно содержит 50—56% мас. SiO_2

Титановые руды



- **Ильменит** (титанистый железняк) — минерал $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ или FeTiO_3 (36,8 % Fe, 31,6 % O, 31,6 % Ti). В чистом виде при обычной температуре ильменит немагнитен, что имеет важное значение при его промышленном извлечении. Ильменит является ценной рудой для получения титана и его производных (оксида титана, ферротитана и других).
- **Титаномагнетит** – магнитный железняк с включениями продуктов распада ильменита. Титаномагнетит содержит до 37% ильменитовой компоненты. Для некоторых титаномагнетитов характерно присутствие существенной примеси $\text{Fe}_2 + \text{V}_3 + 2\text{O}_4$, что делает его промышленно важным источником ванадия. Образует значительные скопления, служит ценным сырьём как комплексная руда железа, титана, ванадия.
- **Рутил** - минерал, диоксид титана TiO_2 (до 60% титана). Содержит примеси олова, талла, железа и ниобия. **Характерный цвет темно-бурый - черный.** Встречается в магматических породах. Добывается в основном из прибрежно-морских россыпей. Рутил является одним из важнейших компонентов титановых руд.
- **Лейкоксен** — серое, плотное вещество, являющееся продуктом изменения титанистого железняка (ильменита) и, по составу, являющееся смесью титановых минералов. Наблюдается довольно часто в горных породах, содержащих титанистый железняк. Используется для получения титановой губки.

Медные руды

Халькопирит



Куприт



Халькозин

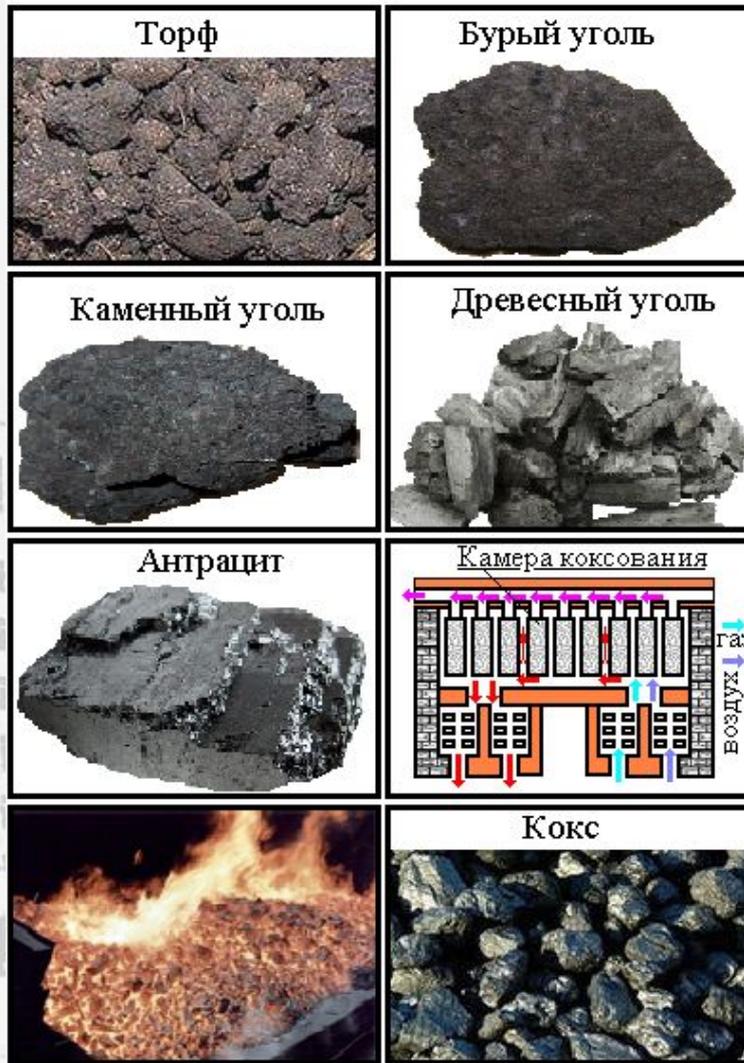


Борнит



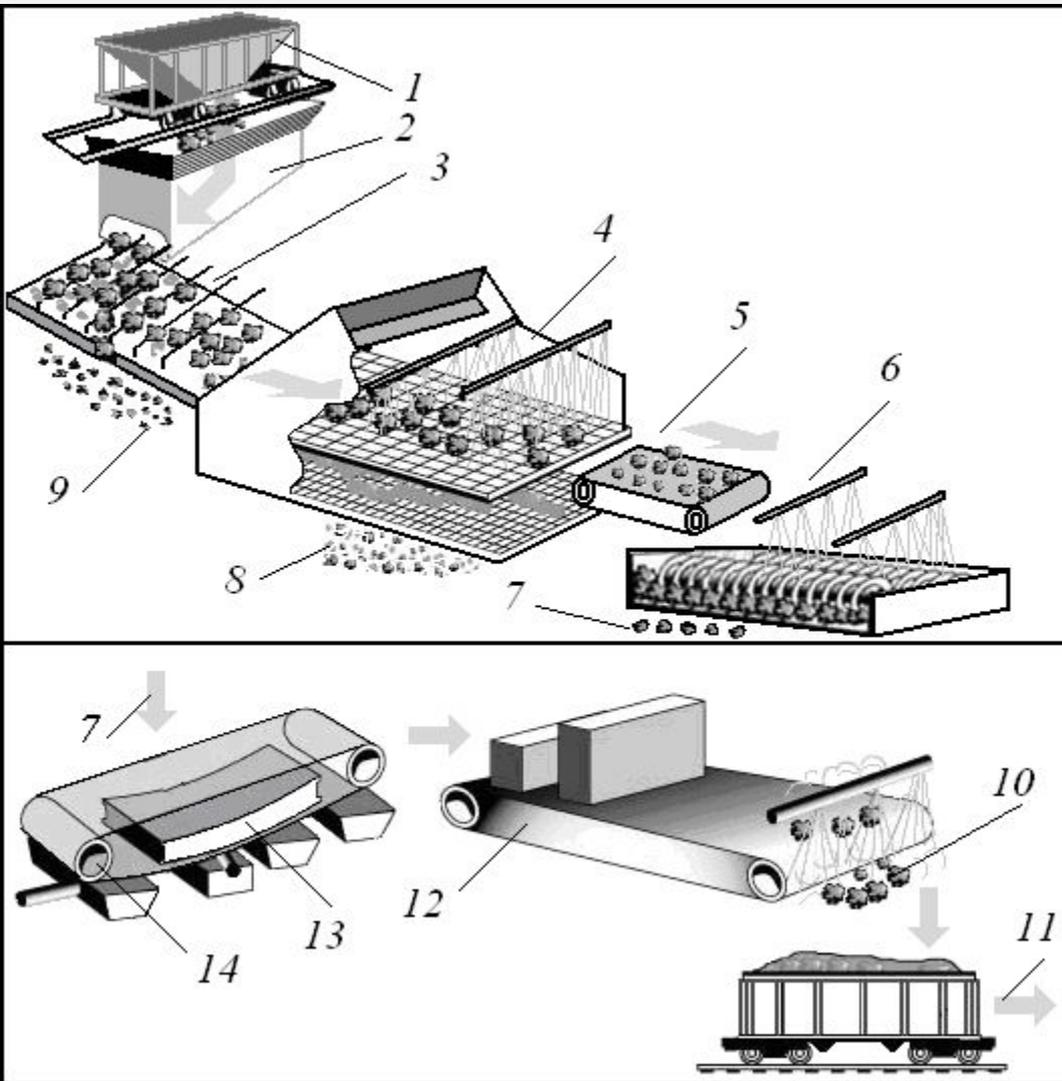
- **Халькопирит** (медный колчедан) - минерал с формулой CuFeS_2 . Халькопирит, как минерал разнообразных месторождений, вообще является одним из наиболее часто встречающихся рудных минералов. Сегодня это самая лучшая медная руда.
- **Куприт** (красная медная руда) - минерал, по химическому составу оксид меди Cu_2O . Содержит до 89% Cu, примеси Zn, Pb, Fe, Cd, Sn, Bi, Ge. Куприт - медная руда высокого качества.
- **Халькозин** (медный блеск,) - минерал класса сульфидов, Cu_2S (до 80% Cu). Обычна примесь Ag, реже Fe, Co, Ni, As. Халькозин — один из главных рудных минералов меди.
- **Борнит** — (колчедан пёстрый медный) минерал, Cu_5FeS_4 . Содержит до 65% Cu до 12% Fe.

УГОЛЬ



- **Получение кокса**
- **Кокс** получается в коксовых печах (отдельный элемент которых состоит из камеры длиной около 14 м, высотой 4 м, а толщиной всего 0,4 м, чтобы обеспечить быстрый прогрев исходной массы — шихты) без доступа воздуха. Сырьем служит каменный уголь. Уголь при нагревании до 300...350 °С превращается в полужидкую массу за счет расплавленных смолистых веществ, которые как бы склеивают твердые частицы. При дальнейшем повышении температуры до 800...1000 °С происходит разложение органических веществ, и получается твердая масса, содержащая 96,5...97,5% углерода. Из коксуемой шихты получается в среднем (в %): кокса — 65...80; смолы — 3...5; сырого бензола 1...1,1; сульфата аммония — 1...1,2; коксового газа — 15...18 (310... 340 м³ на 1 т сухой шихты).

Подготовка руды к плавке



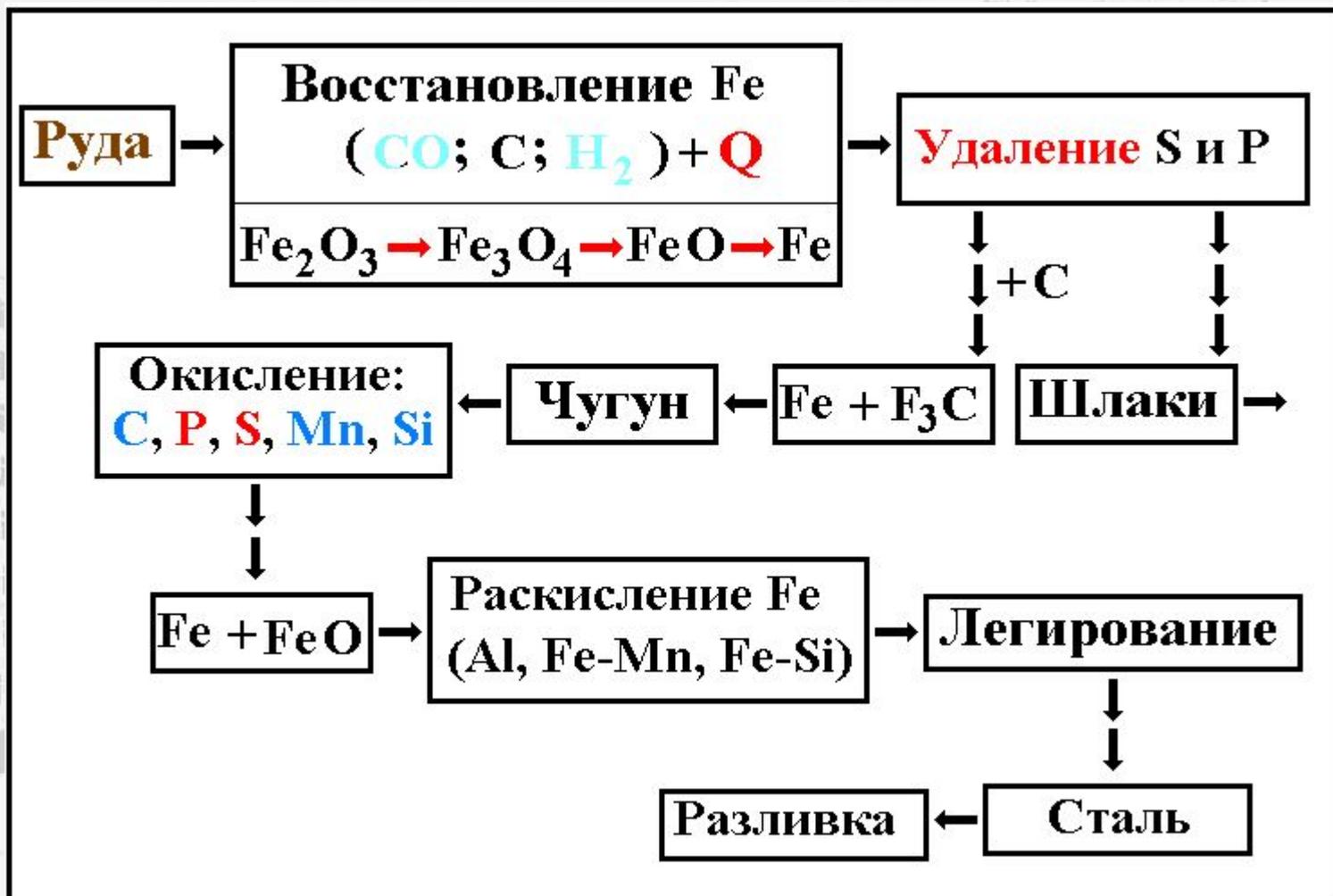
- 1 – Разгрузка руды
- 2 – Приемный бункер
- 3 – Колосниковый грохот
- 4 – Вибрационный грохот
- 5, 7 – Обогащенная руда
- 6 – Лотковый классификатор
- 8 – Пустая песчаная порода
- 9 – Пустая глинистая порода
- 10 – Агломерат
- 11 - К металлургическому комбинату
- 12 – Агломерационная машина
- 13 – Магниты
- 14 – Магнитный сепаратор

Подготовка руды к плавке

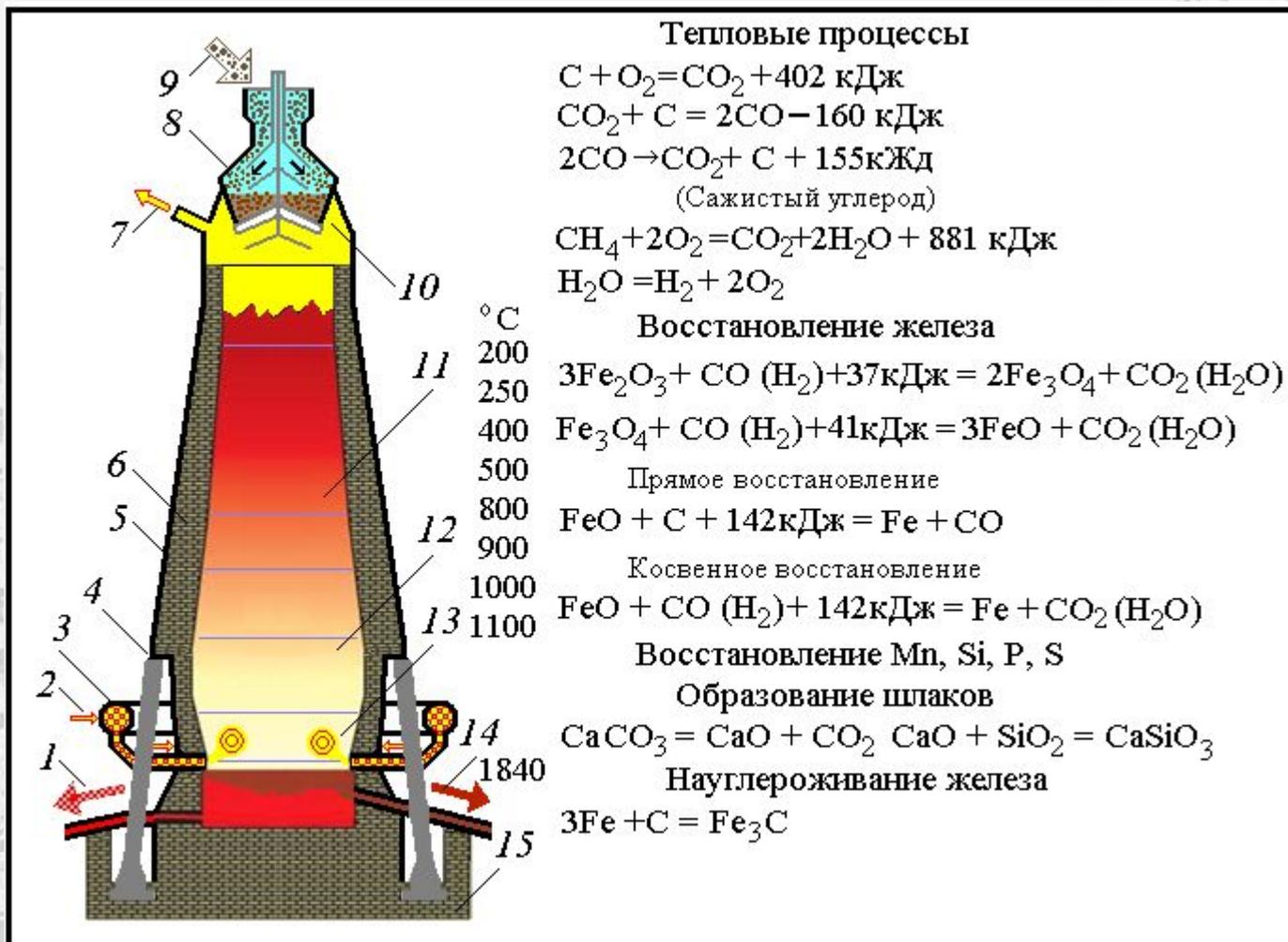


- 1 – Промывка руды водой; 2, 3 – Вибрационный грохот; 4 – Агломерационные машины

Общая схема двухстадийного процесса получения стали

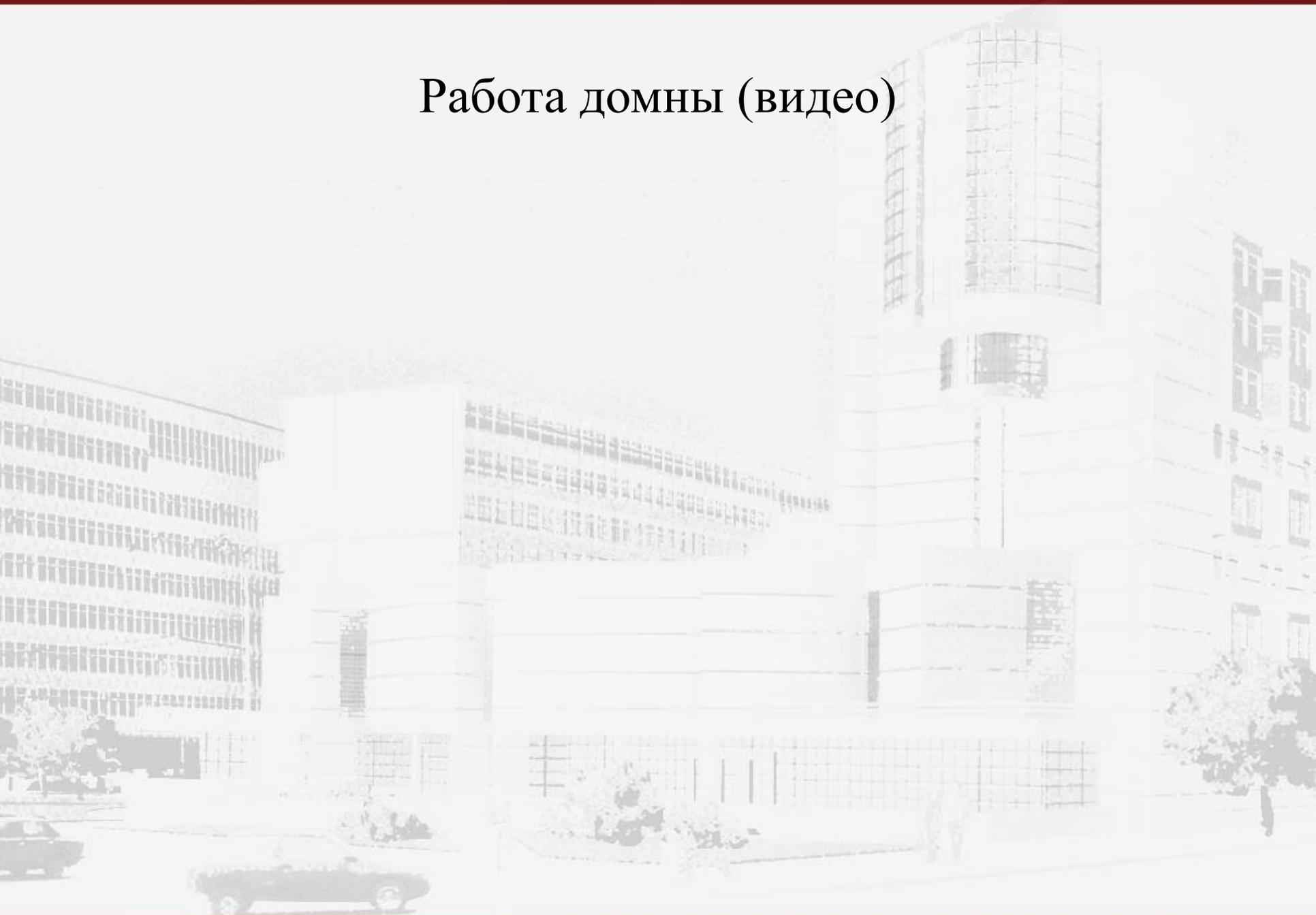


Получение чугуна

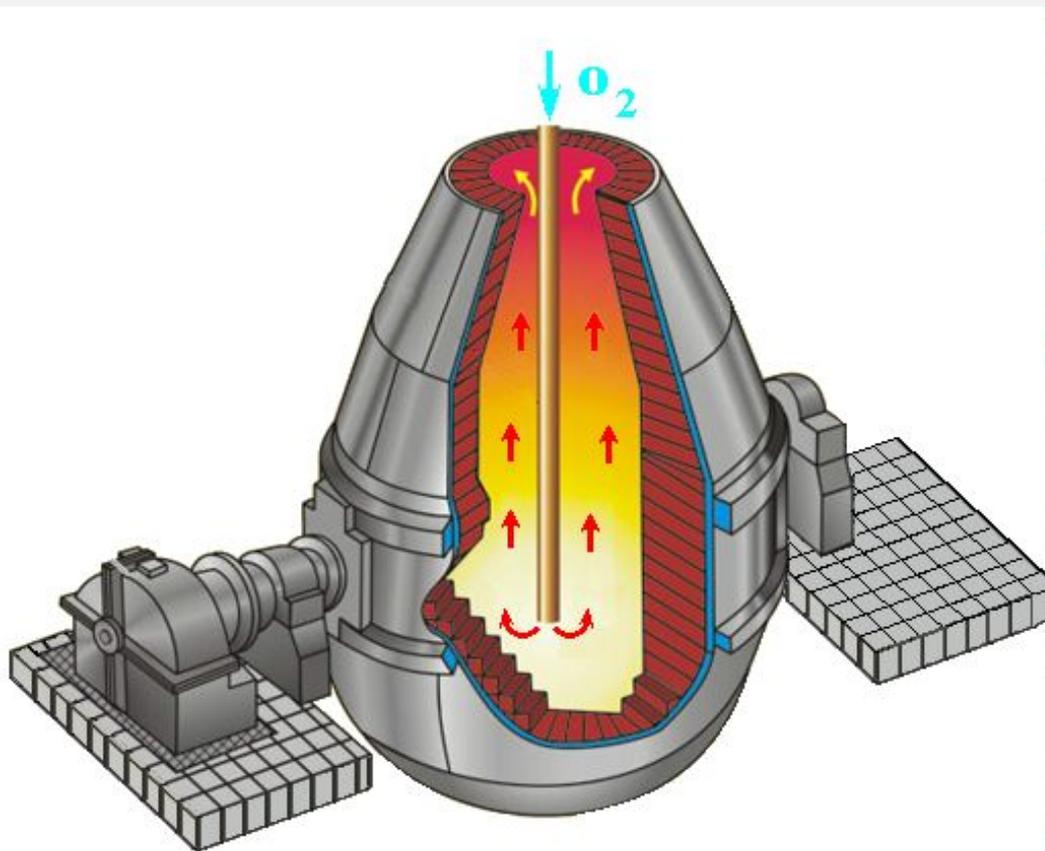


1. Чугун
2. Горячий воздух
3. Фурма
4. Запечники
5. Стальной кожух
6. Футеровка
7. Доменные газы
8. Засыпной аппарат
9. Шихта (руда + C + CaCO₃)
10. Колошник
11. Шахта
12. Распар
13. Горн
14. Шлаки
15. Лещадь

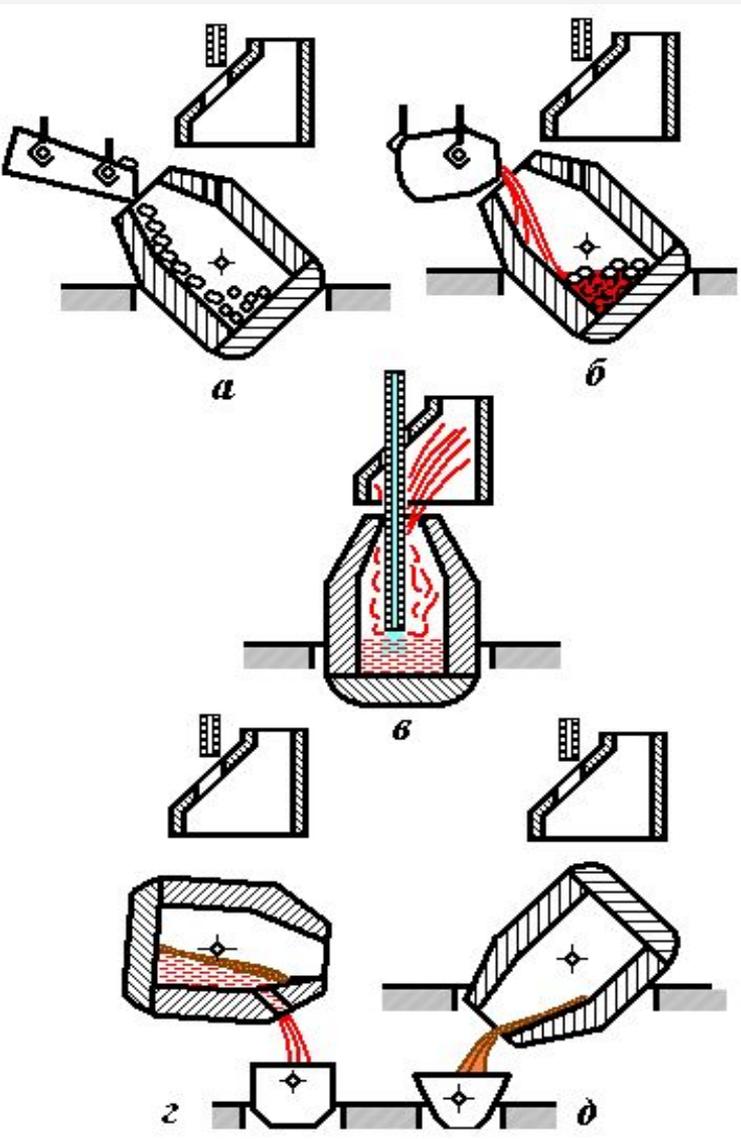
Работа домны (видео)



Кислородный конвертер



Этапы плавки

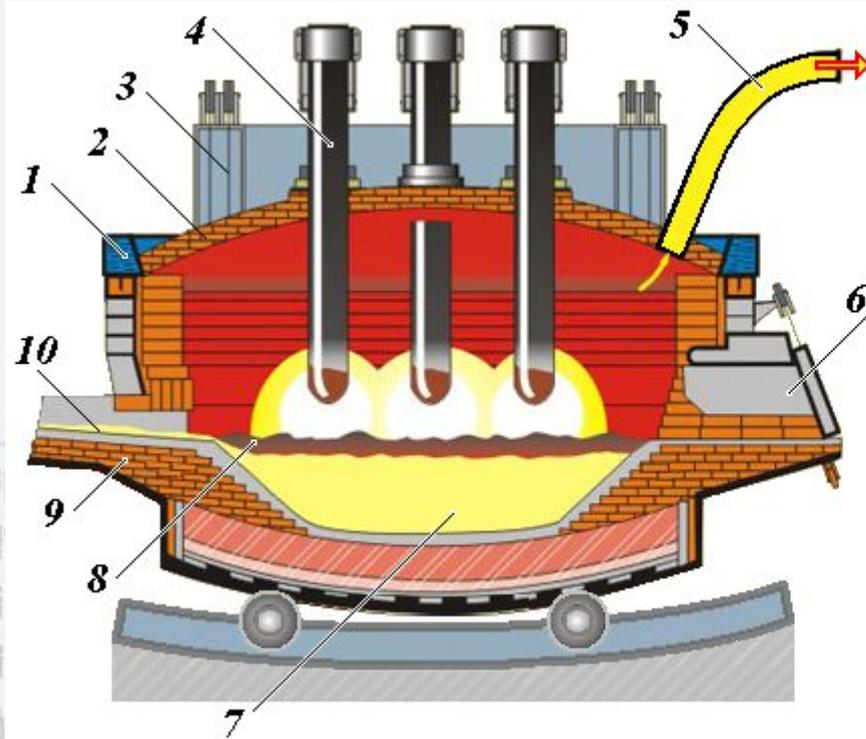


- а – загрузка металлического лома;
- б – заливка жидкого чугуна;
- в – продувка кислородом (нагрев, окисление углерода, кремния, серы, фосфора ...);
 1. $C + O_2 \rightarrow CO_2 \uparrow$
 - $C + 2FeO \rightarrow 2Fe + CO_2 \uparrow$
 2. $Si + O_2 \rightarrow SiO_2 \downarrow + Q$
 - $Si + 2FeO \rightarrow 2Fe + SiO_2 \downarrow + Q$
 3. $2Mn + O_2 \rightarrow 2MnO \downarrow + Q$
 - $Mn + FeO \rightarrow MnO \downarrow + Fe + Q$
 4. $4P + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5 \downarrow + Q$
 - $2P + 5FeO \rightarrow P_2O_5 \downarrow + 5Fe + Q$
 5. $S + 2FeO \rightarrow SO_2 \uparrow + 2Fe$
 - $S + O_2 \rightarrow SO_2 \uparrow$
- г – слив стали;
- д – слив шлака.

ВИДЕО

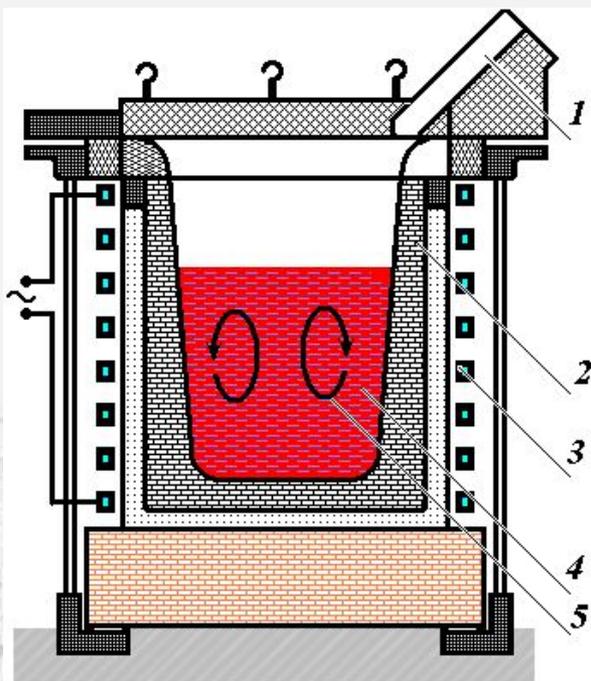


Дуговая электропечь

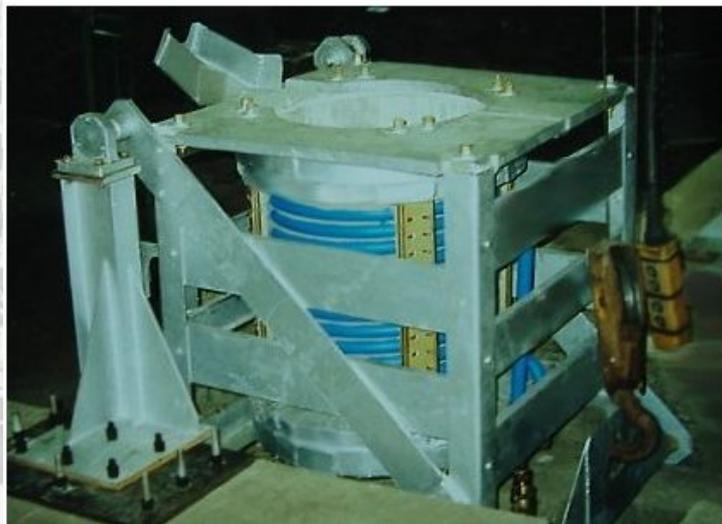


- 1 – Механизм подъёма свода; 2 - свод; 3 – Механизм опрокидывания печи;
- 4 – Electroды; 5 – Газоотвод; 6 – Загрузочное окно; 7 – сталь; 8 – Шлак; 9 – Под;
- 10 – Желоб для выпуска стали.

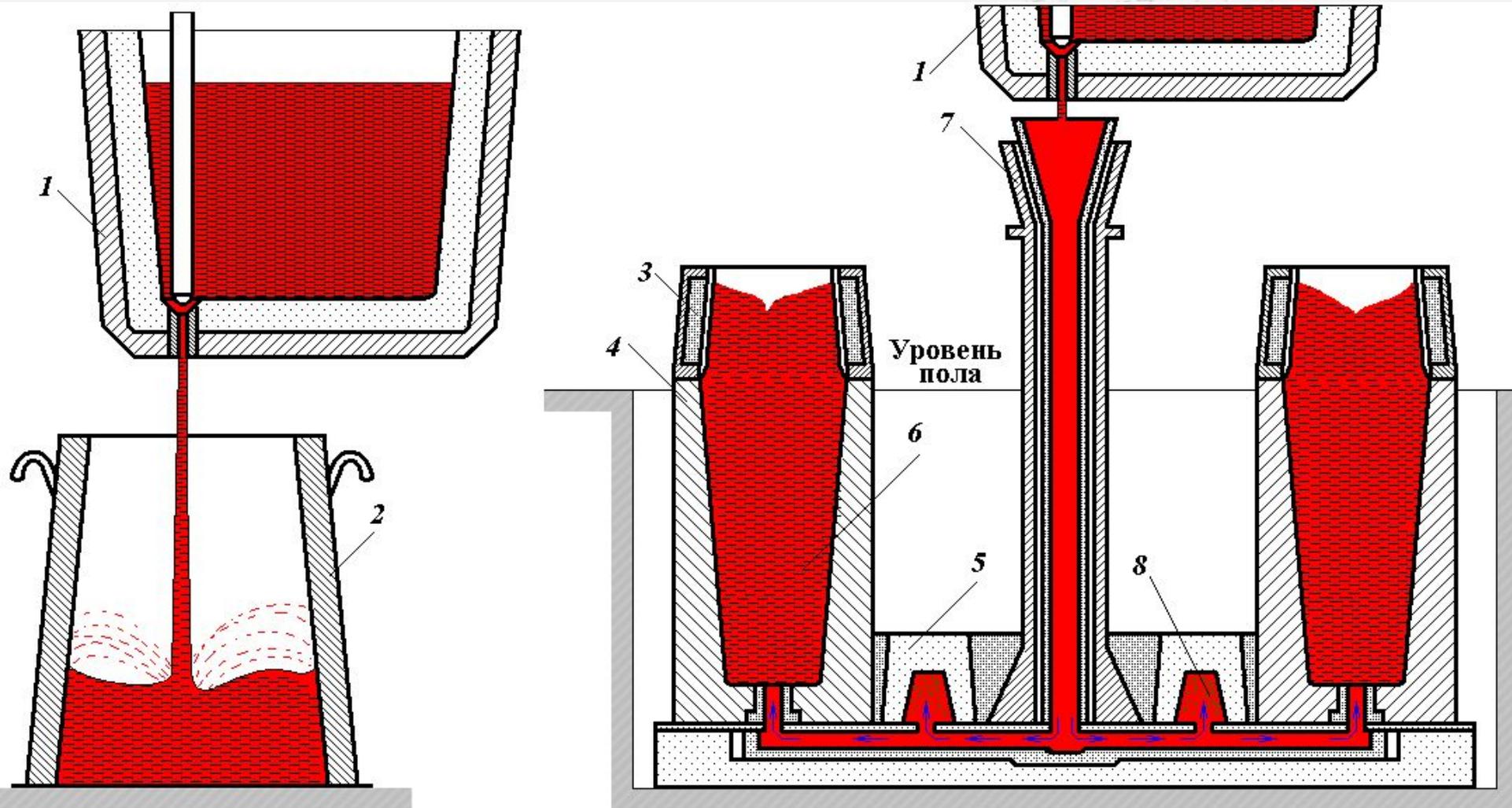
Индукционная сталеплавильная печь



- 1 – желоб для слива стали;
- 2 – футеровка;
- 3 – водоохлаждаемый индуктор;
- 4 – жидкая сталь; 5 – токи Фуко

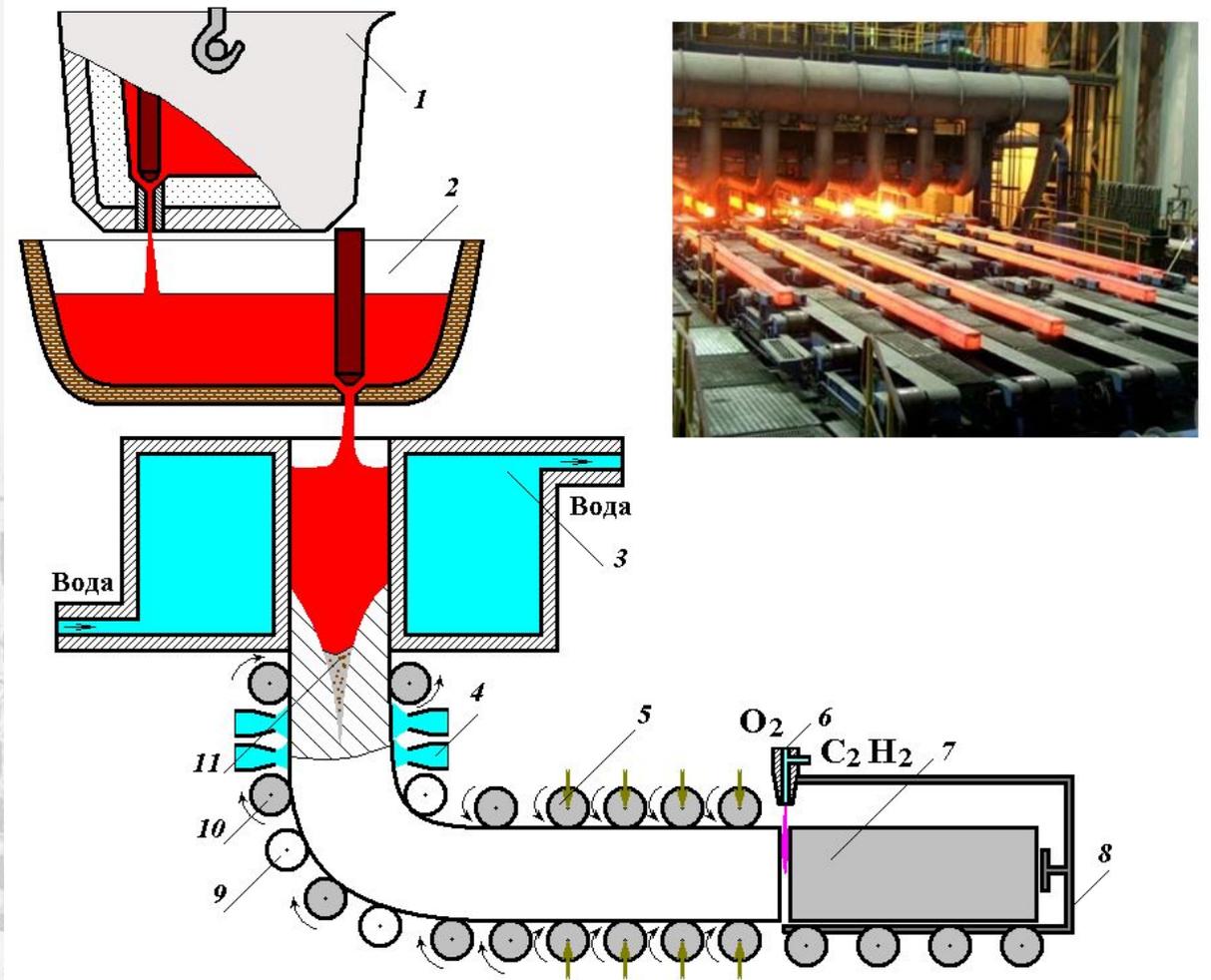


Разливка стали в изложницы



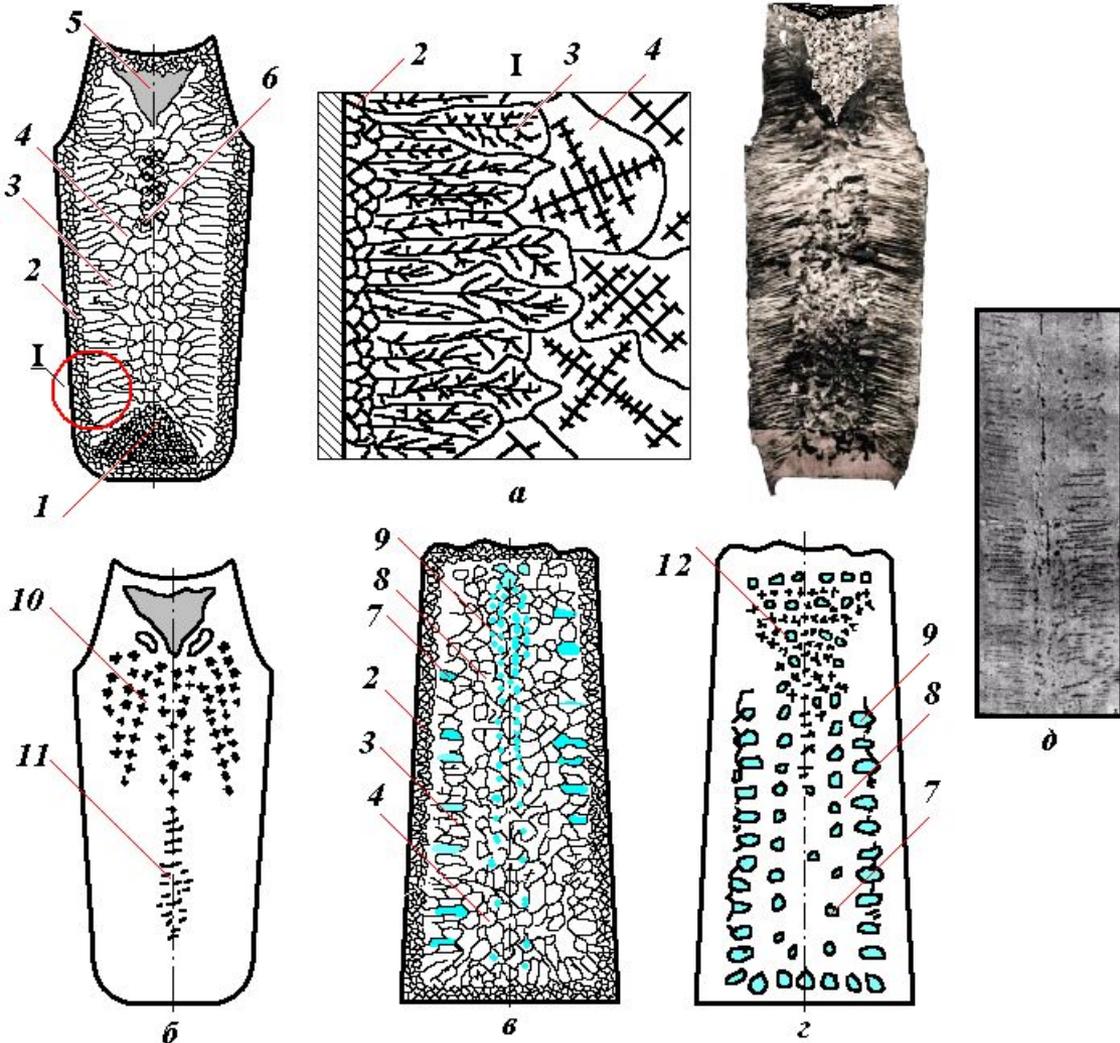
- 1 – Раздаточный ковш; 2 – изложница для кипящей стали; 3 – прибыльная надставка; 4 – изложница для спокойной стали; 5 – шлакоуловитель; 6 – шлак.

Непрерывная разливка стали



- 1 – Сталеразливочный ковш; 2 – промежуточный ковш; 3 – кристаллизатор; 4 – водяные сопла охлаждения; 5 – обжимные валки; 6 – резак; 7 – слиток; 8 – тележка; 9 – поддерживающие валки; 10 – тянущие валки; 11 – усадочная раковина.

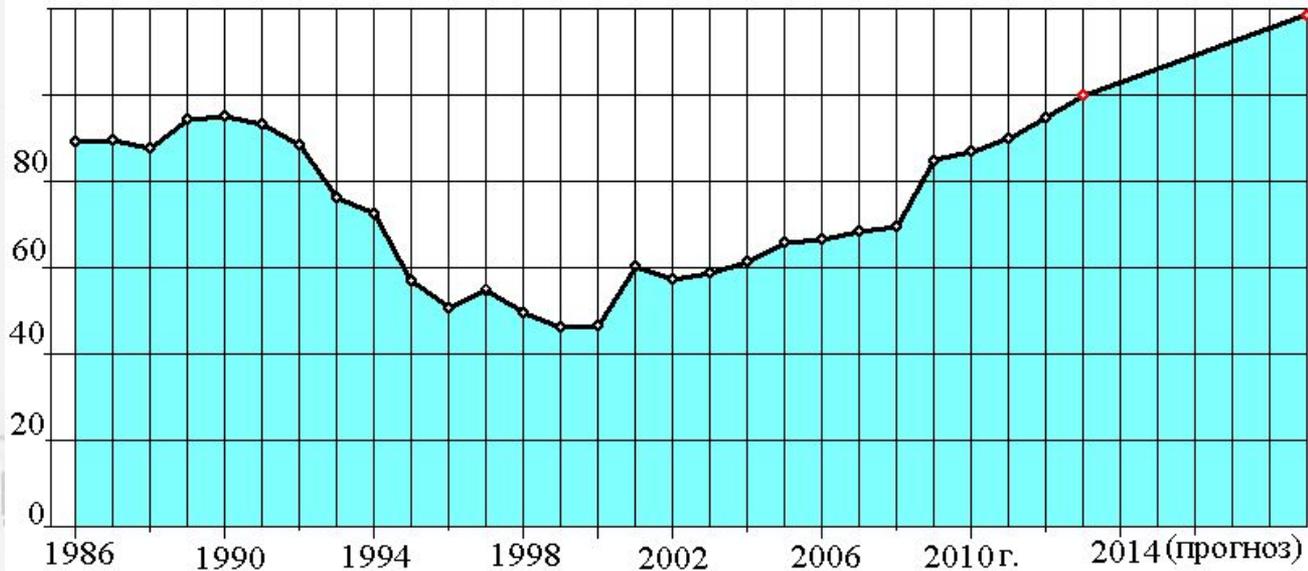
Строение стального слитка



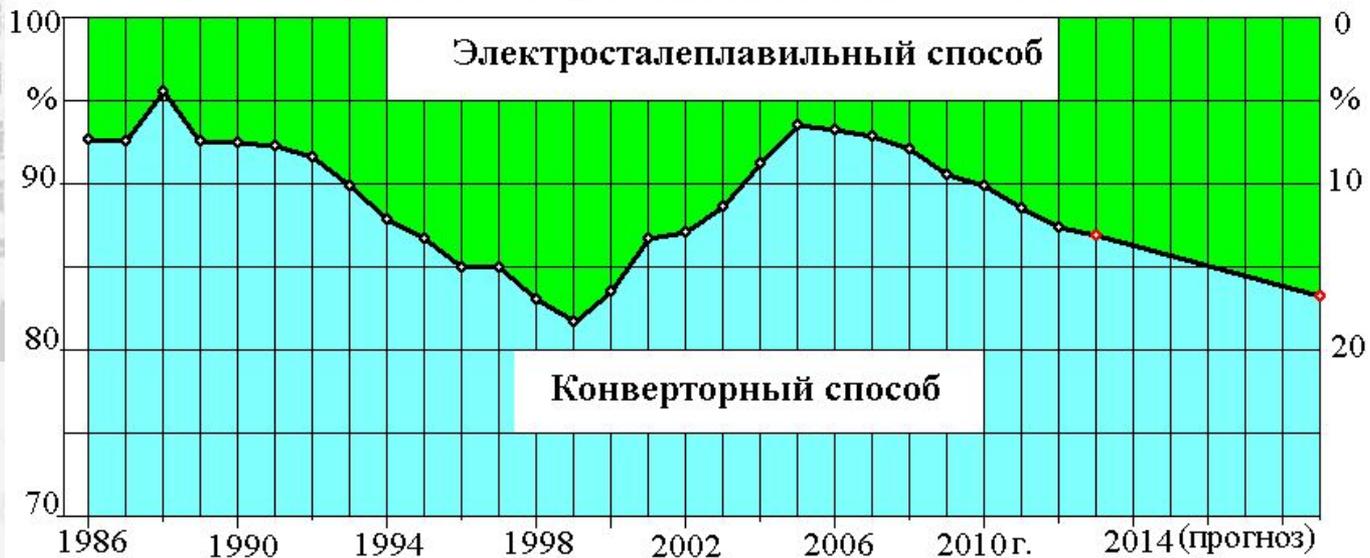
- а – строение слитка спокойной стали;
- б – ликвация слитка спокойной стали
- в - строение слитка кипящей стали;
- г – ликвация слитка кипящей стали;
- д - строение слитка кипящей стали полученного непрерывной разливкой;
- 1 – конус осаждения; 2 – корка из мелких равноосных кристаллов;
- 3 – крупные столбчатые кристаллы;
- 4 – крупные неориентированные кристаллы; 5 – усадочная раковина;
- 6 – усадочная рыхлость; 7 – зона продолговатых сотовых пузырей; 8 – промежуточная плотная зона; 9 – зона вторичных пузырей;
- 10 – 200% S; 150% P; 100% C;
- 11 – 50% S; 80% P; 170% C;
- 12 – 800% S; 500% P; 300% C.

Производство стали в России

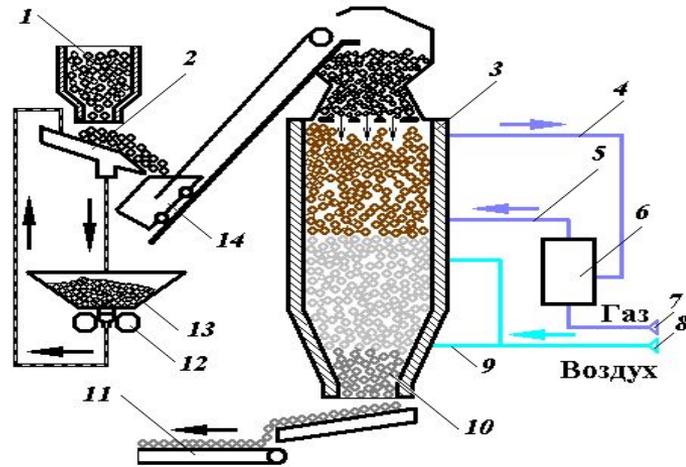
Выплавка стали в России по годам, млн. т



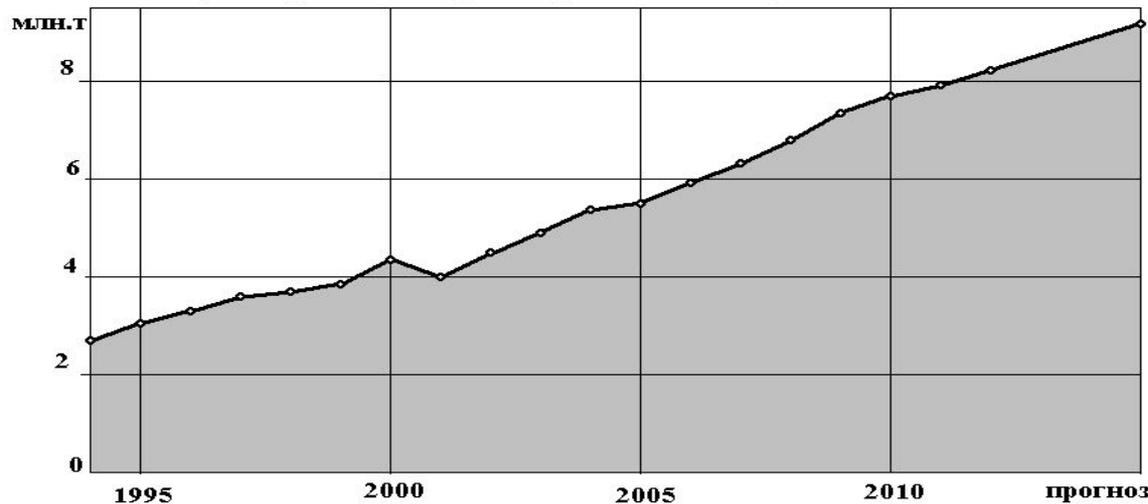
Удельный вес различных способов выплавки стали по годам



Прямое восстановление железа



Мировая динамика производства железа прямого восстановления



- 1 – Бункер с окатышами; 2 – грохот; 3 – шахтная печь; 4 – доменный газ; 5 – смесь ($H_2 + CO$); 6 – риформер; 7 – природный газ; 8 – воздух; 9 – трубопровод; 10 – охлажденные окатыши (90...95% Fe); 11 – конвейер; 12 – брикетировочный пресс; 13 - бункер с просыпью окатышей; 14 – короб шихтозавалочной машины.