

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

металлические материалы
(металлы и сплавы на их основе)

неметаллические материалы

черные

цветные

- железо
- чугуны

стали

медь (латунь, бронза)

титан и его сплавы

магний и его сплавы

алюминий (силумин, дюралюмин и др.)

свинец и олово (баббиты)

никель и его сплавы

- полимеры
- композиты
- резина
- керамика
- абразивы
- герметики
- клеи
- пластмассы



Технология

Конструкционных

Материалов –

прикладная комплексная

дисциплина,
содержащая сведения научного
и практического характера о
современных методах получения,

переработки и

конструкционных материалов обработки
с целью получения изделий с заданными
свойствами и конфигурацией,
пригодных для эффективной
эксплуатации в определенных рабочих
условиях.

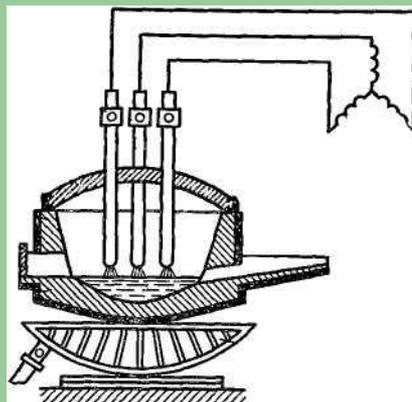
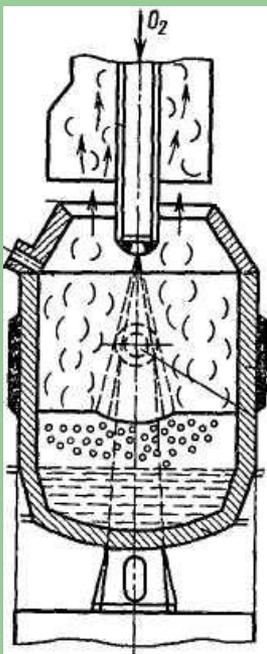


ЛЕКЦИЯ № 1

ОСНОВЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

План лекции

- 1. Общие сведения*
- 2. Производство чугуна*
- 3. Производство стали*
- 4. Производство цветных металлов*



Автор: к.п.н., доц. Гиннэ С.В.



1 Общие сведения

МЕТАЛЛУРГИЯ

**оборудование и
технологические
процессы
производства
конструкционных
материалов.**



1.1 Материалы для производства металлов и сплавов

ШИХТА –

*совокупность
исходных
материалов, взятых
для плавки в рассчи-
танном массовом
соотношении.*



1.1 Материалы для производства металлов и сплавов

КОЛОШИ –

*отдельные порции
шихты, периодически
загружаемые в
печь по мере
сгорания топлива и
выпуска расплава.*



1.1 Материалы для производства металлов и сплавов

ШИХТА:

- ▣ *руда,*
- ▣ *топливо,*
- ▣ *легирующие добавки (компоненты),*
- ▣ *модификаторы,*
- ▣ *флюсы,*
- ▣ *шлаки предыдущих плавов,*
- ▣ *раскислители,*
- ▣ *огнеупорные материалы.*



1.1 Материалы для производства металлов и сплавов

1.1.1 РУДА –

природное минеральное сырьё, содержащее металлы и их соединения в концентрациях и формах, приемлемых для промышленной переработки.



1.1 Материалы для производства металлов и сплавов

1.1.1 РУДА –

*горные породы,
содержащие метал-
лы в количествах,
обеспечивающих
рентабельность
производства.*



1.1 Материалы для производства металлов и сплавов

1.1.1 Руда:

- ❖ **Железные руды –**
железа от 30 до 60%.
- ❖ **Цветные руды –**
цветных металлов
от 0,2 до 5%.



1.1 Материалы для производства металлов и сплавов

1.1.2 ТОПЛИВО –

материалы, которые являются не только источником тепла, но и реагентом, который при плавке восстанавливает металл из его оксидов и других соединений.



1.1 Материалы для производства металлов и сплавов

1.1.2 Топливо:

✓ кокс,

✓ газ:

- природный,
- доменный,
- коксовый;

✓ мазут.



1.1 Материалы для производства металлов и сплавов

1.1.2

Т **ОПЛИВО:** а) КОКС –

получают путём сухой перегонки коксующихся каменных углей без доступа воздуха при температуре от 1000 до 1100 °С.



1.1 Материалы для производства металлов и сплавов

1.1.2 Топливо:

**Природный газ состоит
в основном из метана CH_4 .**

**Доменный газ содержит
до 32% CO и до 4% H_2 .**



1.1 Материалы для производства металлов и сплавов

1.1.2 Топливо:

б) МАЗУТ –

*тяжёлый остаток
перегонки нефти,
содержащий до 88%
C, от 9 до 10% H₂.*



1.1 Материалы для производства металлов и сплавов

1.1.3 ЛЕГИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ –

вещества, специально вводимые в сплав в процессе выплавки для придания ему особых свойств:

- коррозионной стойкости,
- жаростойкости,
- жаропрочности,
- прокаливаемости,
- ударной вязкости,
- и других.



1.1 Материалы для производства металлов и сплавов

1.1.4 МОДИФИКАТОРЫ

специально вводимые в расплав добавки, оптимально изменяющие форму и размеры структурных составляющих сплава, а через них и структурно-чувствительные свойства сплава.



1.1 Материалы для производства металлов и сплавов

1.1.5 ФЛЮСЫ –

вещества, обеспечивающие сплавление пустой породы руды, вредных примесей и золы топлива в относительно легкоплавкие шлаки.



1.1 Материалы для производства металлов и сплавов

1.1.6 ШЛАКИ –

легкоплавкие продукты взаимодействия флюсов с пустой породой руды, золой, топливом, огнеупорными материалами и вредными примесями, получаемые в процессе выплавки металлов и сплавов.



1.1 Материалы для производства металлов и сплавов

1.1.7

РАСКИСЛИТЕЛИ –
химические элементы
или соединения, вводимые
в расплав для удаления
растворённого в нём
кислорода и восстано-
вления выплавляемого
металла из оксидов.



1.1 Материалы для производства металлов и сплавов

1.1.8 ОГНЕУПОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ –

*вещества, применяемые для
создания защитной
внутренней облицовки
(футеровки) металлургического
оборудования:*

- плавильных печей,
- разливочных ковшей,
- ванн и других.



1.1 Материалы для производства металлов и сплавов

1.1.8 Огнеупорные материалы:

- ✓ **КИСЛЫЕ** материалы с **ВЫСОКИМ** содержанием кремнезёма SiO_2 :
 - *динасовый кирпич,*
 - *кварцевый порошок и др.;*
- ✓ **ОСНОВНЫЕ** материалы с **ВЫСОКИМ** содержанием **ОСНОВНЫХ** оксидов MgO и CaO :
 - *доломит,*
 - *магнезит и др.;*
- ✓ **нейтральные** материалы, состоящие из оксидов Al_2O_3 , Cr_2O_3 , MgO :
 - *шамот,*
 - *хромомagneзит и др.*



2 Производство чугуна

2.1 Материалы для производства

ЧУГУНА

Чугун выплавляют из

железных руд в

доменных печах,

используя для этого

кокс и флюсы.

*Железные руды содержат
железо в виде оксидов,
гидратов оксидов, карбонатов.*



2.1 Материалы для производства чугуна

2.1.1 Основные

железные руды

- ❖ **магнитный железняк**
содержит до **65 % железа** в виде оксида Fe_3O_4 ;
- ❖ **красный железняк**
содержит до **60 % железа** в виде оксида Fe_2O_3 ;
- ❖ **бурый железняк**
содержит до **55 % железа** в виде гидратов оксида $n \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \times m \cdot \text{H}_2\text{O}$;
- ❖ **шпатовый железняк**
содержит до **40 % железа** в виде углекислой соли FeCO_3 .



2.1 Материалы для производства чугуна

2.1.2 Дополнительные

материалы

❖ Пустая порода:

- кварцит,
- глинистые вещества.

❖ Топливо – кокс,

в процессе выплавки чугуна выполняет роль не только горючего, но и восстановителя железа из руды.

❖ Флюсы:

- известняк (CaCO_3),
- доломит ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$).

Служат для перевода пустой породы (в основном SiO_2 и Al_2O_3) в шлак, а также связывания и удаления находящейся в топливе и руде серы.



2.1 Материалы для производства чугуна

2.1.3 Подготовка руд к плавке **СРС**

- а) Обогащение руды
- б) Агломерация
- в) Окатывание



2 Производство чугуна

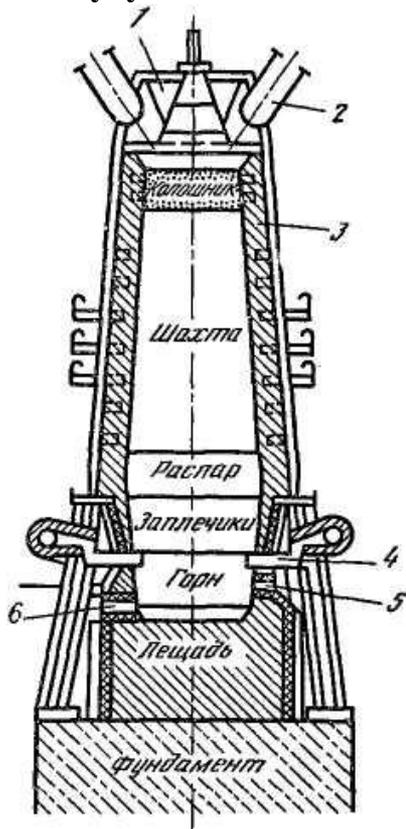
2.2 Выплавка чугуна

Чугун выплавляют в доменных шахтных печах, выложенных огнеупорным кирпичом и заключённых в кожух из листовой стали толщиной до 35 мм.

2.2.1 Устройство доменной печи

Схема домны

- 1 – засыпной аппарат;
- 2 – газоотвод;
- 3 – огнеупорный материал;
- 4 – фурмы;
- 5 – шлаковая лётка;
- 6 – чугунная лётка.



Наименование

Характеристика и назначение

КОЛОШНИК

Верхняя часть домны (вместе с завалочной площадкой), служащая для загрузки отдельных порций шихты (колошей).

ЗАСЫПНОЙ АППАРАТ

Устройство, расположенное в колошнике, посредством которого осуществляется завалка шихтовых масс в шахту домну.

ГАЗООТВОДЫ

Устройства в верхней части домны, предназначенные для удаления из нее колошникового (доменного) газа.

ШАХТА

Основная часть домны (самая большая по объёму), где начинается процесс получения чугуна:

- восстановление оксидов железа,
- науглероживание восстановленного железа.

РАСПАР

Самая широкая часть домны, где происходит плавление пустой породы руды и флюсов с образованием шлака.

ЗАПЛЕЧИКИ

Устройства домны, в которых происходит окончание процесса образования шлака.

ГОРН

Часть домны, в которой происходит сбор жидкого чугуна и расплавленного шлака.

ЛЕЩАДЬ

Самая нижняя часть домны (её подина).

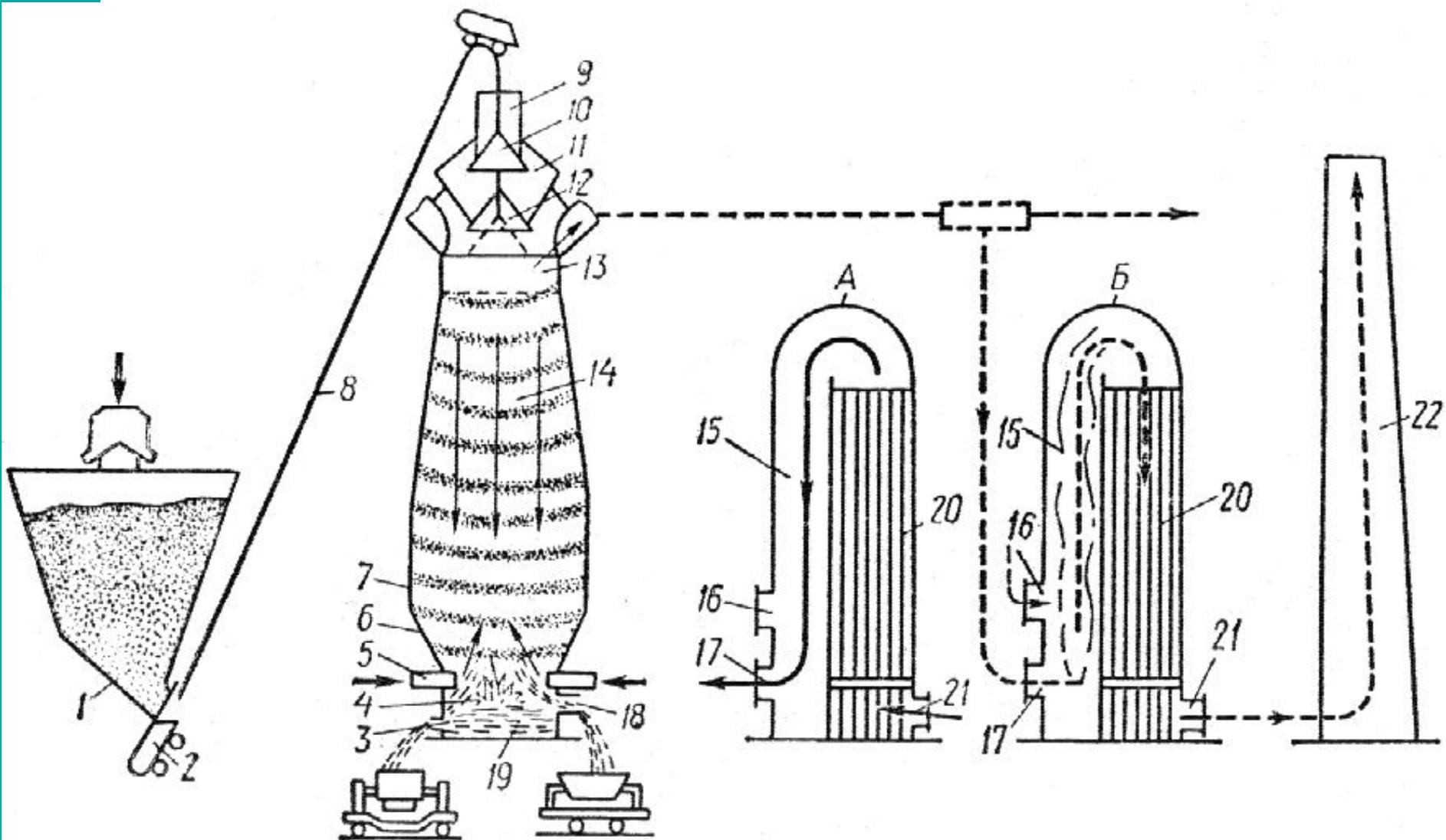
ФУРМЫ

Устройства в верхней части горна для подачи нагретого воздуха в домну.

ЛЁТКИ

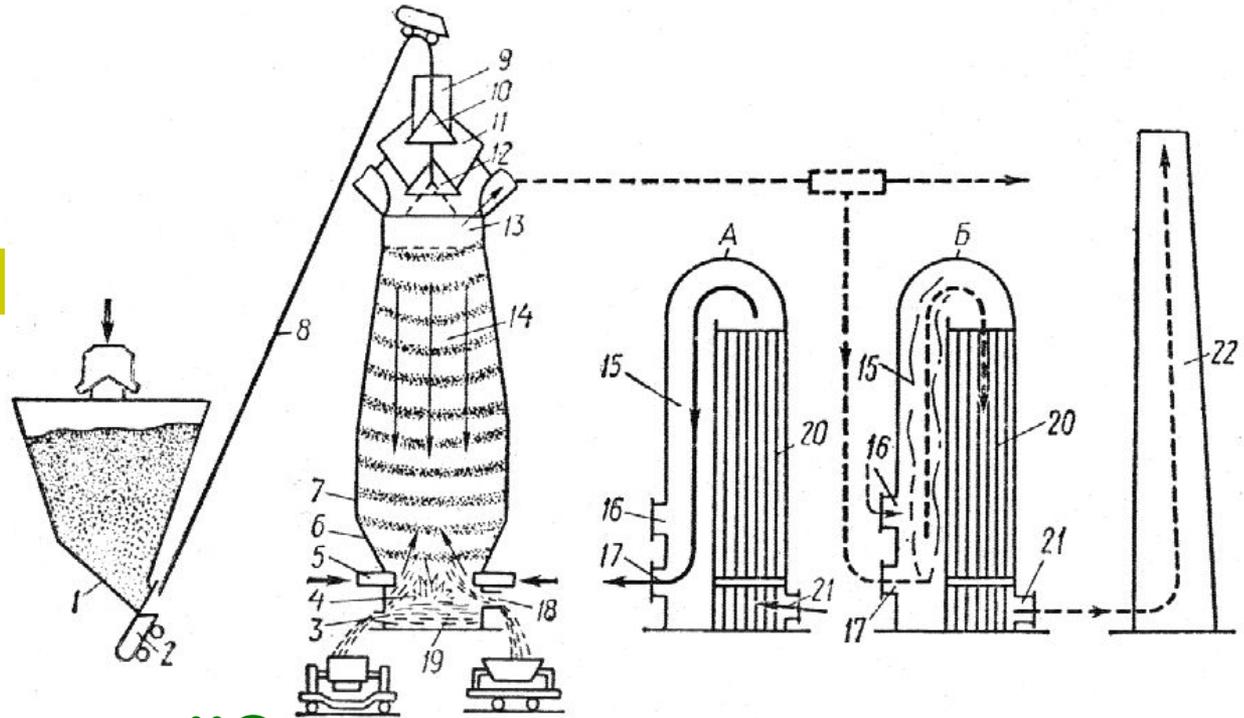
Устройства в верхней части горна, через которые выпускают жидкие чугун и шлак из домны в ковши.

2.2.2 Схема работы доменного цеха





2.2 Выплавка чугуна



В процессе выплавки чугуна в доменной печи происходит восстановление железа из оксидов. Для этого в печь добавляют кокс, который восстанавливается в газы. Эти газы поднимаются по высоте печи, нагревая ее. В нижней части печи находится слой кокса, который поддерживает температуру. Выходящий из печи чугун собирается в ковше. Процесс выплавки чугуна длится несколько часов.



2.2 Выплавка чугуна

2.2.3 Доменный

процесс

Доменная печь работает по

принципу противотока:

шихта движется

сверху вниз,

а навстречу ей течёт

поток горячих газов.



2.2.3 Доменный процесс

При этом протекают следующие процессы:

СРС

- 1) горение топлива,
- 2) восстановление железа,
- 3) науглераживание железа,
- 3) восстановление сопутствующих химических элементов,
- 4) образование шлака.



2.2.3 Доменный процесс

1) Горение топлива

В области воздушных фурм углерод кокса, взаимодействуя с кислородом дутья, сгорает, в результате чего температура в этой области печи достигает от 1800 до 2000 °С.

В этих условиях углекислый газ CO_2 взаимодействует с углеродом кокса и образует оксид углерода CO , являющийся главным восстановителем железа.

Несколько выше, в зоне печи с температурой от 700 до 450 °С, часть оксида углерода разлагается с образованием сажистого углерода.

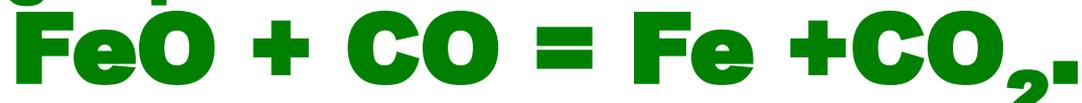
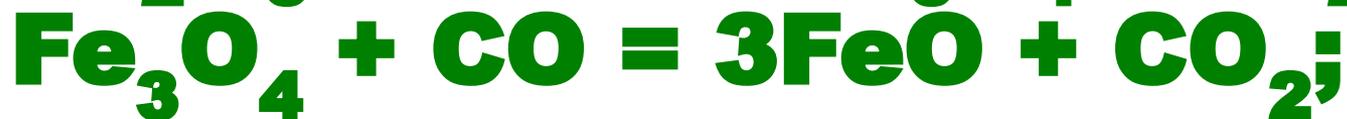
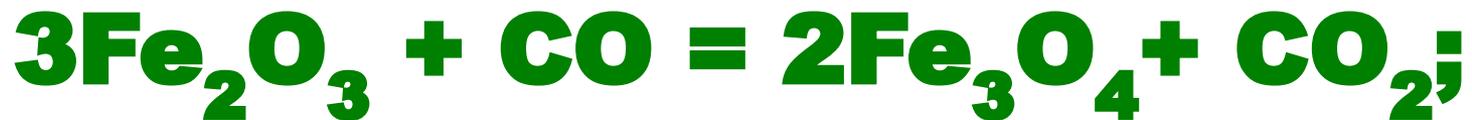


2.2.3 Доменный процесс

2) Восстановление железа

Шихтовые материалы, опускаясь навстречу потоку газов, нагреваются, из них испаряется влага, выделяются летучие вещества.

При достижении температуры от 750 до 900 °С в шихте восстанавливается железо:



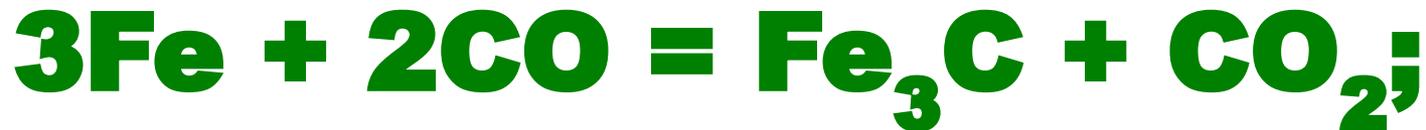


2.2.3 Доменный процесс

3) Науглероживанию железа

В результате описанных выше реакций образуется твёрдое губчатое железо.

При температуре от 1000 до 1100 °С губчатое железо науглероживается:



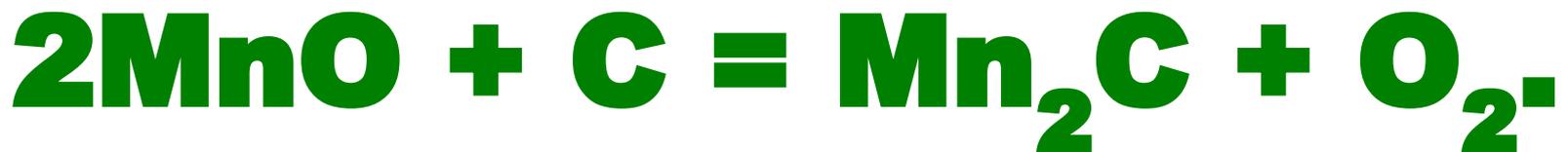


2.2.3 Доменный процесс

4) Восстановление сопутствующих химических элементов :

а) МАРГАНЕЦ

содержится в руде в виде окислов, легко восстанавливается до оксида MnO , который затем частично восстанавливается твёрдым углеродом:



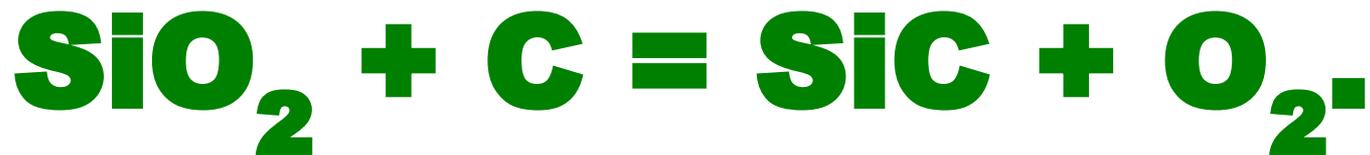


2.2.3 Доменный процесс

4) Восстановление сопутствующих химических элементов:

б) КРЕМНИЙ

содержится в пустой породе руды в виде кремнезёма SiO_2 , также восстанавливается углеродом:



Не восстановленные оксиды марганца и кремния переходят в шлак.



2.2.3 Доменный процесс

4) Восстановление сопутствующих химических элементов :

в) ФОСФОР

находится в руде в виде соединения $P_2O_5 \cdot 3CaO$.

Восстанавливается оксидом углерода и твёрдым углеродом и почти полностью переходит в сплав.



2.2.3 Доменный процесс

4) Восстановление сопутствующих химических элементов :

Г) СЕРА

вносится в доменную печь в составе руды и кокса в виде соединений



Значительная часть серы удаляется в виде летучих соединений (SO_2 , H_2S и др.), другая часть переходит в сплав (FeS) или в шлак (CaS).



2.2.3 Доменный процесс

5) Образование шлака

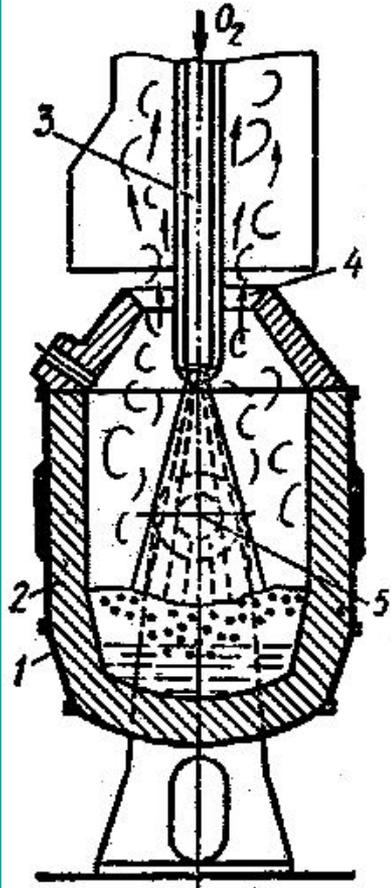
Происходит в результате восстановления железа, марганца, кремния, фосфора, серы и их растворения в железе в горне печи.

По мере накопления шлак выпускают из печи через летки.

3 Производство стали

3.1 Производство стали в кислородном конвертере

3.1.1 Устройство кислородного конвертера:



- 2** – футеровка;
- 3** – фурма;
- 4** – горловина;
- 5** – цапфа.



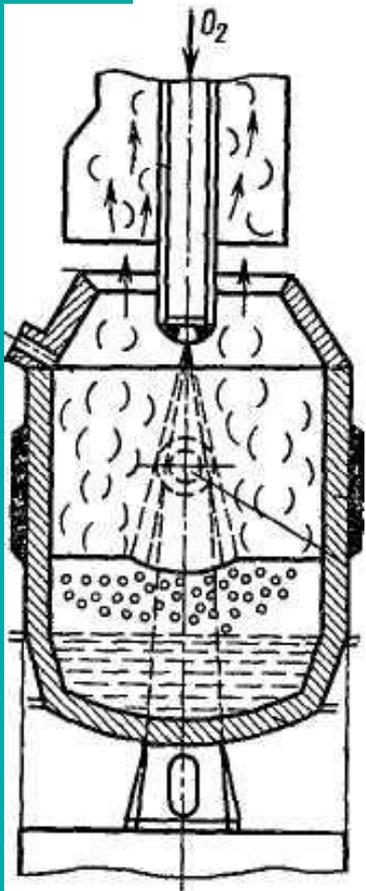
3.1 Производство стали в кислородном конвертере

3.1.1 Устройство кислородного конвертера

Кислородный конвертер представляет сосуд грушевидной формы из стального листа, футерованный внутри основным кирпичом.

Кислород подаётся под давлением от 1 до 1,5 МПа посредством водо-охлаждаемой фурмы, установленной в горловине над уровнем металла на расстоянии от 0,7 до 3 м.

Конвертер устанавливается в вертикальное положение посредством цапф.





3 Производство стали

3.1 Производство стали в кислородном конвертере

**3.1.2 Сущность
процесса
важн~~о~~чается в
продувке
жидкого чугуна
кислородом.**



3.1.2 Сущность процесса производства стали в кислородном конвертере

Последовательность стадий работы

кислородного конвертера:

- 1) загрузка скрапа,**
- 2) заливка жидкого чугуна,**
- 3) продувка содержимого конвертера,**
- 4) выпуск стали в ковш,**
- 5) слив шлака из ковша.**



3.1.2 Сущность процесса производства стали в кислородном конвертере

Последовательность стадий работы

кислородного конвертера:

- 1) В конвертер загружают стальной лом (до 30 %) и жидкий чугун (1250 ... 1400 °С).
- 2) Для наводки шлака добавляют железную руду и известь и для разжижения шлака – боксит и плавиковый шпат.
- 3) При продувке происходит окисление углерода и других примесей как непосредственно кислородом дутья, так и оксидом железа **FeO**.



3.1.2 Сущность процесса производства стали в кислородном конвертере

Последовательность стадий работы

кислородного конвертера:

- 4) Идет образование шлака с необходимым содержанием CaO , благодаря чему происходит удаление серы и фосфора с образованием устойчивых соединений $\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 3\text{CaO}$ и CaS в шлаке.
- 5) Когда содержание углерода достигает заданного значения, прекращают подачу кислорода, конвертер поворачивают, сливают сталь, а затем шлак.



3.1.2 Сущность процесса производства стали в кислородном конвертере

Примечание:

Для уменьшения содержания кислорода в стали ее раскисляют, т.е. вводят в нее элементы с большим, чем у железа, сродством к кислороду (Si, Mn, Al).

Взаимодействуя с оксидом железа FeO , они образуют нерастворимые в металле оксиды MnO , SiO_2 , Al_2O_3 , переходящие в шлак.

3 Производство стали

3.2 Производство стали

В мартеновских печах

3.2.1 Устройство

мартеновской печи

1, 2, 10, 11 – генераторы;

3, 9 – каналы для газа;

4, 8 – каналы для воздуха;

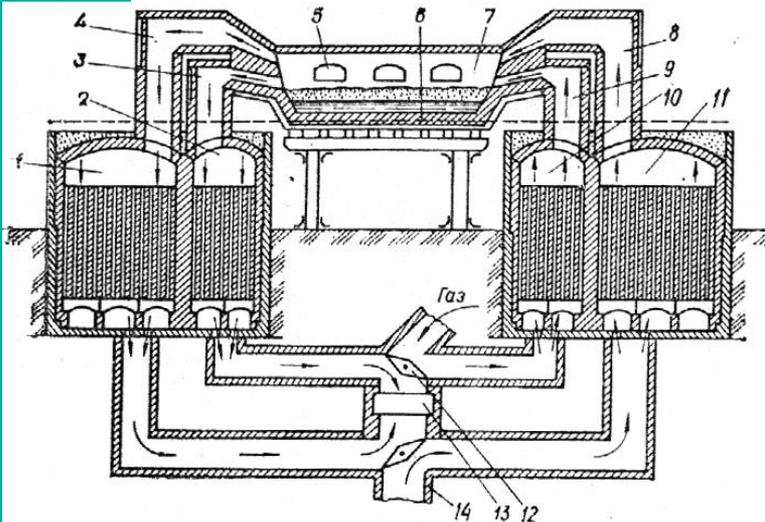
5 – завалочные окна;

6 – рабочая площадка;

7 – плавильное пространство;

12, 14 – клапаны;

13 – дымовая труба.





3.2 Производство стали в мартеновских печах

3.2.2 Принцип работы мартеновской печи

Мартеновская печь представляет собой регенеративную пламенную печь, температура в которой достигает от **1750** до **1800** °С за счёт сгорания газа над плавильным пространством.

Газ и воздух проходят через нагретые до температуры от **1250** до **1800** °С регенераторы, расположенные с левой стороны плавильного пространства, нагреваются в них и поступают в плавильное пространство печи.

Здесь газ и воздух смешиваются и сгорают, образуя пламя высокой температуры.



3.2 Производство стали в мартеновских печах

3.2.2 Принцип работы мартеновской печи

Продукты сгорания по каналам и поступают в регенераторы с правой стороны плавильного пространства, нагревают их, охлаждаясь до **500 ... 600 °С**, и уходят в дымовую трубу.

По мере охлаждения регенераторов с левой стороны плавильного пространства, направление газа и воздуха меняют на обратное путем переключения клапанов.

Газ и воздух поступают по каналам с правой стороны плавильного пространства, пройдя нагретые регенераторы.



3.2 Производство стали в мартеновских печах

3.2.2 Принцип работы мартеновской печи

Таким образом, газ и воздух при работе мартеновской печи переходят через попеременно нагреваемые то левые, то правые регенераторы.



3.2 Производство стали в мартеновских печах

Последовательность стадий работы мартеновской печи в соответствии с технологическим процессом:

- 1) завалка шихтовых материалов;**
- 2) плавление шихтовых материалов;**
- 3) кипение ванны;**
- 4) раскисление стали;**
- 5) выпуск стали.**



3.2 Производство стали в мартеновских печах

3.2.3 Мартеновский скрап-рудный процесс:

- 1) Вначале в печь загружают и прогревают железную руду и известняк.
- 2) Затем добавляют стальной скрап и заливают жидкий чугун.
- 3) В процессе плавки примеси в чугуне окисляются за счет оксидов железа руды и скрапа:





3.2 Производство стали в мартеновских печах

3.2.3 Мартеновский скрап-рудный процесс:

4) Сера удаляется в результате взаимодействия сернистого железа с известью:



Оксиды SiO_2 , MnO , P_2O_5 , CaO и сульфид кальция CaS образуют шлак, периодически выпускаемый в шлаковые чаши.



3.2 Производство стали в мартеновских печах

3.2.3 Мартеновский скрап-рудный процесс:

5) После плавления шихты начинается период кипения ванны.

В это время интенсивно окисляется углерод в металле.

6) Когда содержание углерода достигнет заданного значения, а количество серы и фосфора уменьшится до минимума, кипение прекращают.



3.2 Производство стали в мартеновских печах

3.2.3 Мартеновский скрап-рудный процесс:

- 7) Затем начинают предварительное раскисление стали в ванне печи:
- ✓ ферромарганцем,
 - ✓ ферросилицием,
 - ✓ алюминием.
- 8) Окончательное раскисление стали осуществляется после выпуска ферросилицием и алюминием в ковше.



3 Производство стали

3.3 Производство

стали в электропечах

Электропечи обладают рядом преимуществ по сравнению с конвертерами и мартеновскими печами:

- ✓ способностью быстрого нагрева до **2000 °С**,
- ✓ созданием
 - **окислительной,**
 - **восстановительной,**
 - **нейтральной атмосферы,**
 - **а также вакуума.**

Это позволяет выплавлять сталь с минимальным количеством вредных примесей.

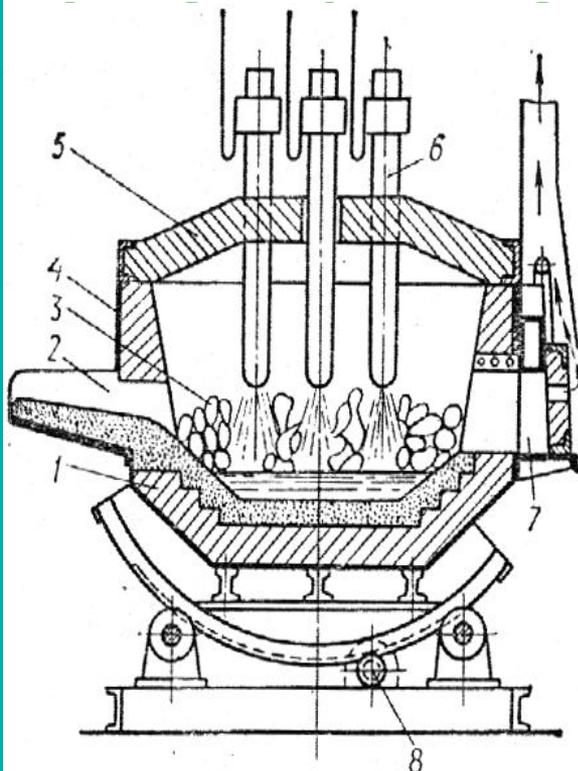


3.3 Производство стали в электропечах

3.3.1 Производство стали в дуговой сталеплавильной печи

Устройство дуговой

ВК - ~~плавильной~~ печи



- 1** – огнеупорный кирпич (футеровка);
- 2** – желоб;
- 3** – шихта;
- 4** – стальной корпус;
- 5** – свод;
- 6** – графитизированные электроды;
- 7** – загрузочное окно;
- 8** – наклонный механизм.



3.3.1 Производство стали в дуговой сталеплавильной печи

Периоды плавки с окислением в дуговой

- 1) окислительный период;**
- 2) восстановительный период:**
 - ▣ раскисление стали,
 - ▣ удаление серы,
 - ▣ доведение содержания
компонентов до заданного.



3.3.1 Производство стали в дуговой сталеплавильной печи

1) Окислительный период

Окисление кремния, марганца, углерода, железа происходит кислородом воздуха, окислов шихты и окалины.

Оксид кальция связывает фосфор.

Полученные оксиды с известью образуют **шлак**.



3.3.1 Производство стали в дуговой сталеплавильной печи

2) Восстановительный период:

- **раскисление стали,**
- **удаление серы,**
- **доведение содержания компонентов до заданного.**

Для этого в печь подают флюс, состоящий из:

- ◆ **извести,**
- ◆ **плавикового шпата (CaF_2),**
- ◆ **кокса,**
- ◆ **ферросилиция.**

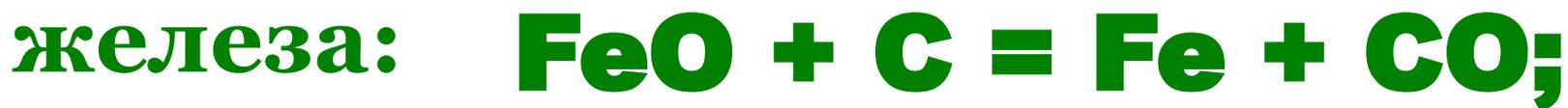


3.3.1 Производство стали в дуговой сталеплавильной печи

2) Восстановительный период:

Раскисление стали –

молотый кокс и ферросилиций, медленно проникая через слой шлака, восстанавливают оксид





3.3.1 Производство стали в дуговой сталеплавильной печи

2) Восстановительный период:

Раскисление стали –

При этом содержание оксида железа в шлаке уменьшается и он начинает диффундировать из металла в шлак, где сразу же восстанавливается на границе шлак – металл.

Поэтому металл не загрязняется неметаллическими примесями (SiO_2 , MnO , Al_2O_3), что происходит при обычном раскислении.



3.3.1 Производство стали в дуговой сталеплавильной печи

2) Восстановительный период:

Удаление серы –

высокое содержание в шлаке СаО интенсивно способствует удалению из металла серы, содержание которой в электростали не превышает 0,015 %.



3.3.1 Производство стали в дуговой сталеплавильной печи

2) Восстановительный

период:

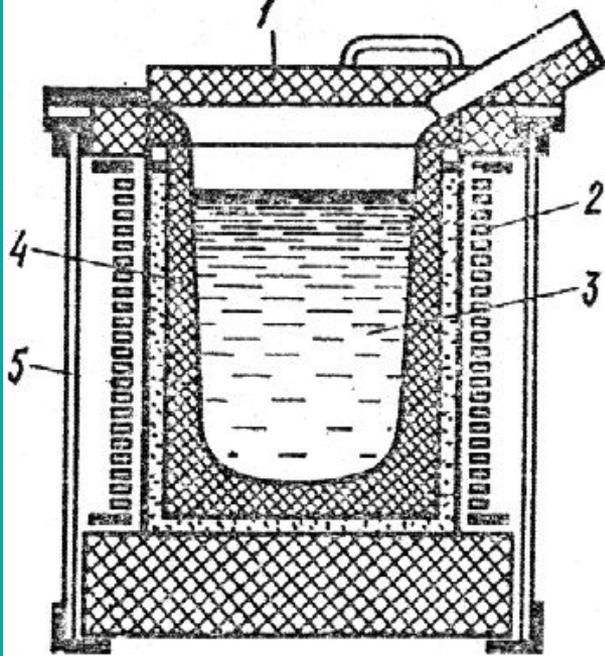
**Доведение содержания
компонентов до заданного –**

*в конце периода, если
это необходимо, сталь
раскисляют
ферросилицием и
алюминием.*

3.3.2 Производство стали в электроиндукционной печи

Устройство

электроиндукционной печи



1 – крышка (свод);

2 – водоохлаждаемый индуктор;

3 – шихта;

4 – тигель;

5 – корпус.



3.3.2 Производство стали в электроиндукционной печи

Принцип работы

При прохождении через индуктор переменного тока частотой от 500 до 2000 кГц образуется магнитный поток, который наводит в металлической шихте мощные вихревые токи, нагревающие её до расплавления.



3.3.1 Производство стали в электроиндукционной печи

Принцип работы

После расплавления шихты на ее поверхность подают материалы для наведения шлака:

- **В основных печах – известь и плавиковый шпат;**
- **В кислых – бой стекла.**



4 Производство меди

4.1 Сырьё для

производства меди

Сырьём для получения меди служат руды, содержащие сульфиды CuS и Cu_2S :
❖ халькопирит,
❖ халькозин.



4 Производство меди

4.2 Пирометаллургический способ получения меди

Стадии:

- 1) обогащение медной руды,**
- 2) обжиг обогащенной руды,**
- 3) плавка на штейн,**
- 4) получение черновой меди посредством продувки штейна в конвертере,**
- 5) рафинирование меди.**



4.2 Пирометаллургический способ получения меди

4.2.1 Обогащение медной руды

Производится методом флотации, основанном на различной смачиваемости водой меди и частиц пустой породы: частицы меди плохо смачиваются водой, а частицы пустой породы смачиваются хорошо.



4.2 Пирометаллургический способ получения меди

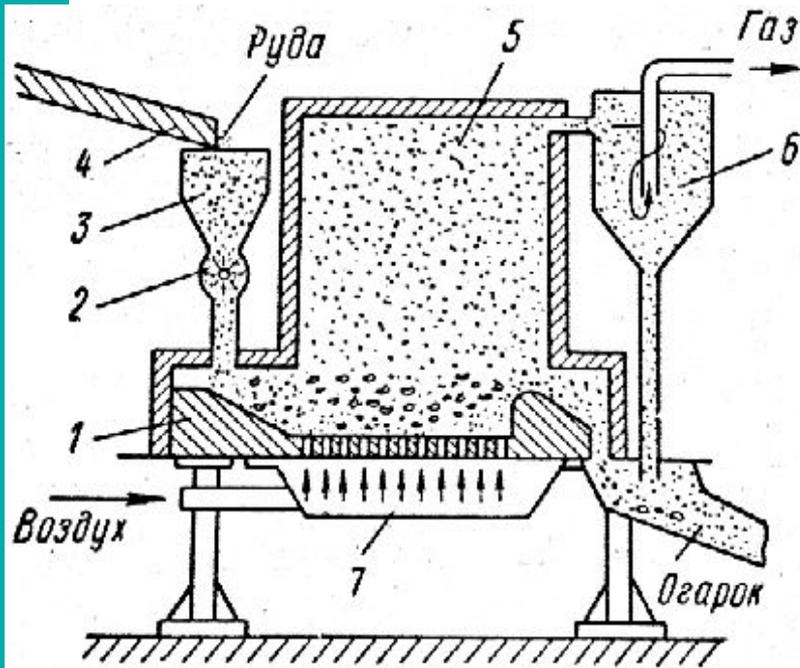
4.2.1 Обогащение медной руды

Через смесь измельченной руды, реагентов, воды и пенообразующих продувают воздух.

Частицы меди прилипают к пузырькам, которые всплывают в виде пены на поверхность воды и удаляются от пустой породы.

Таким образом, получается медный концентрат, с содержанием от **10** до **35 %** меди.

4.2.2 Обжиг обогащённой медной руды



- 1** – подина;
- 2** – дозатор;
- 3** – бункер;
- 4** – транспортер;
- 5** – горячая камера;
- 6** – пылеуловитель;
- 7** – воздушная коробка.

Схема печи для обжига медных руд



4.2 Пирометаллургический способ получения меди

4.2.2 Обжиг обогащённой медной руды

Шихтовые материалы (концентрат, известняк и кварц) транспортером подаются к бункеру и через дозатор поступают на подину.

Далее струей воздуха из воздушной коробки шихтовые материалы непрерывно подбрасываются вверх и в горячей камере поддерживаются во взвешенном, как бы кипящем состоянии.

Из камеры газы поступают в пылеуловитель.



4.2 Пирометаллургический способ получения меди

4.2.2 Обжиг обогащённой медной руды

В камере за счет тепла химических реакций поддерживается температура от **600 до 700 °С.**

Окисляются сера и железо.

В результате обжига получается продукт – огарок.

Очищенные газы используются для производства серной кислоты.

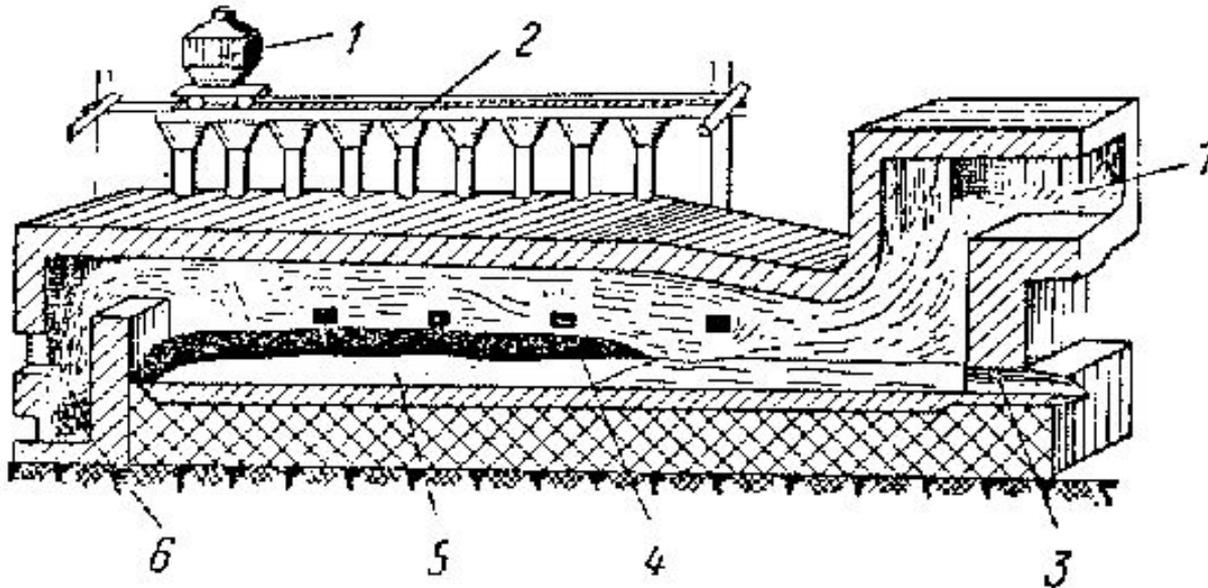


4.2 Пирометаллургический способ получения меди

4.2.3 Плавка на штейн

производится в
пламенных

строительства штейн



- 1** – бункер;
- 2** – воронка;
- 3** – летка;
- 4** – руда;
- 5** – подина;
- 6** – топка;
- 7** – дымоход.



4.2 Пирометаллургический способ получения меди

4.2.3 Плавка на штейн

Из бункера, расположенного на вагонетке, через воронки загружается руда и флюс на подину.

Топливо сжигается в топке: газы удаляются через дымоход.

Штейн выпускается через летку.



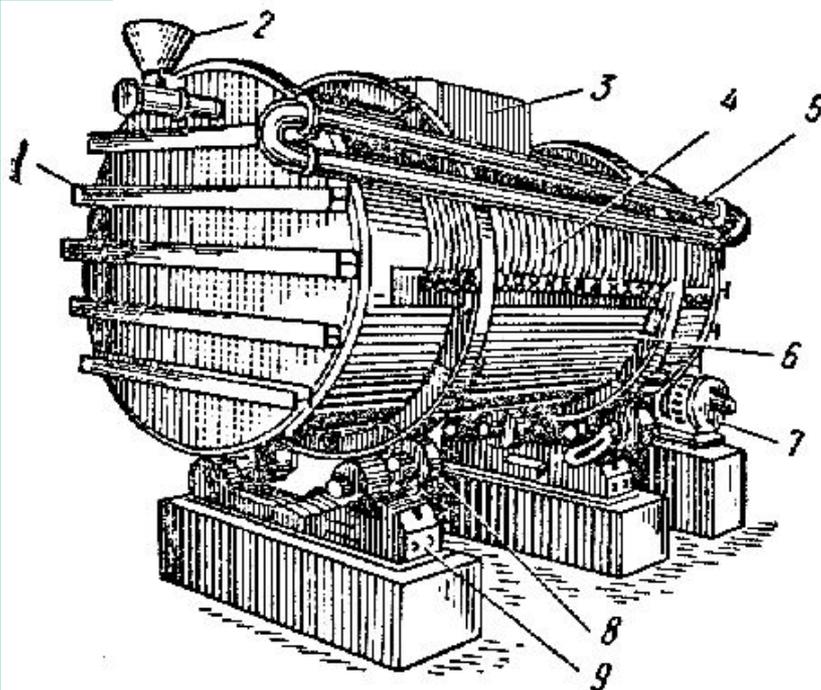
4.2 Пирометаллургический способ получения меди

4.2.4 Получение черновой меди

осуществляется

продувкой штейна в

конвертерах:



для подачи флюса;

3 – горловина;

4 – фурмы;

5 –

воздухораспределительная труба;

6 – кожух;

7 – привод;

8 – катки;

9 – постамент.



4.2 Пирометаллургический способ получения меди

4.2.4 Получение черновой меди

Тепло в конвертере получается без подачи топлива за счет химических реакций. Температура достигает от 1200 до 1300 °С.

При этом происходит окисление сульфида железа за счет кислорода воздуха.

Полученная черновая медь, содержащая от 0,5 до 1,5 % примесей, разливается на чушки или при наличии миксера в жидком виде поступает на рафинирование.



4.2 Пирометаллургический способ получения меди

4.2.5 Огневое рафинирование меди

производится в
пламенных печах
емкостью до 250 т,
отапливаемых мазутом или пылевидным топливом.

Полученная медь разливается на слитки или анодные пластины для электролиза.

После огневого рафинирования медь содержит не более

0,3 ... 0,5 % примесей.



4.2 Пирометаллургический способ получения меди

4.2.5 Огневое рафинирование меди

Рафинирование состоит в окислении примесей, имеющих большее сродство к кислороду, чем медь, кислородом воздуха, который по железной трубе подается непосредственно в металл под давлением от **0,15** до **0,25** МПа.

Окислы **PbO**, **ZnO**, **Sb₂O₃** и др. шлакуются или улетучиваются.

Золото и серебро остаются в меди.



4.2 Пирометаллургический способ получения меди

4.2.5 Электролитическое рафинирование меди

ведётся в **ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ваннах:**



- 1** – корпус ванны;
- 2** – облицовка;
- 3** – подставки;
- 4** – шлам;
- 5** – электролит;
- 6** – отверстие для выпуска шлама;
- 7** – анодная шина;
- 8** – катодная шина.



4.2 Пирометаллургический способ получения меди

4.2.5 Электролитическое рафинирование меди

обеспечивает получение меди высокой чистоты и

извлечение золота, серебра, селена, телура и других компонентов.



4.2 Пирометаллургический способ получения меди

4.2.5 Электролитическое рафинирование меди

а) В ванну заливают электролит состава:

от 12 до 16 % водный раствор медного купороса в серной кислоте.

б) На анодную шину навешивают пластины из черновой или рафинированной огневым способом меди весом от **200** до **250** кг, толщиной от **40** до **50** мм,

в) На катодную шину – тонкие (толщиной **0,6** мм) листы электролитической



4.2 Пирометаллургический способ получения меди

4.2.5 Электролитическое рафинирование меди

При пропускании постоянного тока силой от **10 000** до **15 000 А** при напряжении **0,3 В** анодные пластины растворяются и чистая медь отлагается на катодных пластинах.

За **10-12** дней отлагается около **100** кг меди.

Золото, серебро и другие компоненты оседают на дно вместе со шламом, выпускаемым через отверстие **Б**.

Катодную медь переплавляют на слитки.



5 Производство алюминия

5.1 Сырьё для производства алюминия

Алюминий получают из сырья, содержащего значительные количества глинозема

(Al_2O_3) боксит,

❖ каолин,

❖ алунит.



5 Производство алюминия

5.2 Основные этапы получения алюминия:

- 1) извлечения глинозёма из сырья;**
- 2) электролиз глинозёма;**
- 3) рафинирование алюминия.**



5.2 Этапы получения алюминия

5.2.1 Извлечения глинозёма из сырья

Способы извлечения

глинозёма из сырья:

- щелочной,**
- кислотный,**
- электротермический,**
- комбинированный.**



5.2.1 Извлечение глинозема из сырья

Щелочной способ извлечения глинозёма из сырья

Сухой метод:

- 1) получение алюмината натрия;
- 2) получение гидроокиси алюминия;



5.2.1 Извлечение глинозема из сырья

Сухой метод щелочного способа извлечения глинозёма из сырья

Первый этап:

- ✓ бокситовую муку смешивают с содой,
- ✓ спекают при температуре от 800 до 1000°C для получения растворимого в воде алюмината натрия по реакции:





5.2.1 Извлечение глинозема из сырья

Сухой метод щелочного способа извлечения глинозёма из сырья

Второй этап:

- ✓ *алюминат натрия выщелачивают водой,*
- ✓ *продувают углекислотой для получения осадка гидроокиси алюминия по реакции:*





5.2.1 Извлечение глинозема из сырья

Сухой метод щелочного способа извлечения глинозема из сырья

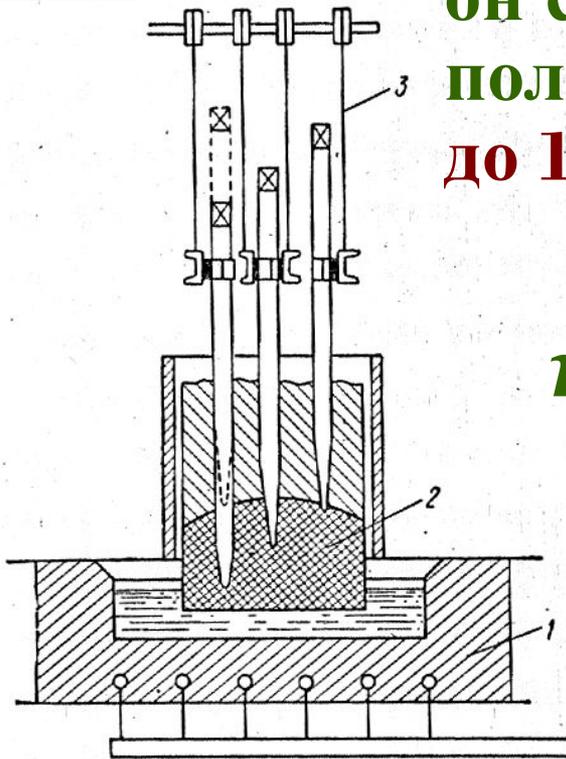
Третий этап:

- ✓ *после промывки и сушки осадок прокаливают,*
- ✓ *отделяют воду,*
- ✓ *получают глинозём.*

5.2.2 Электролиз глинозёма

Вследствие тугоплавкости глинозема, он смешивается с криолитом Na_3AlF_6 , для получения раствора с содержанием от 8 до 10 % Al_2O_3 .

Полученный раствор подвергается электролизу в электролизёрах:



- 1 – углеродистые блоки;
- 2 – самообжигающийся анод;
- 3 – передвигающий механизм.



5.2.2 Электролиз глинозема

Описание работы электролизёра

Самообжигающийся анод из нефтяного или смоляного кокса и каменноугольного пека снаружи имеет кожух из тонких листов алюминия, который по мере необходимости наращивается сверху коробками и заполняется анодной массой.

По мере опускания анода передвигающим механизмом анодная масса спекается и становится твердой.



5.2.2 Электролиз глинозема

Описание работы

электролизёра

Подвод тока к аноду осуществляется сверху через стальные штыри, забиваемые в анод.

Штыри перемещаются также с помощью передвигающего механизма .

На дне ванны укладывают углеродистые блоки, к которым подается ток от катодной шины.



5.2.2 Электролиз глинозема

Описание работы электролизёра

Боковые стенки электролизёра облицованы углеродистыми блоками. Электролизёр заключен в кожух.

Выделяющийся фтористый водород улавливается.

Ванна в период работы заполняется расплавленным криолитом, в который периодически подаётся глинозём.



5.2.2 Электролиз глинозема

Описание работы

электролизёра

Получаемый в жидком виде на катоде (дне ванны) алюминий один раз в течение трёх – четырёх суток откачивается вакуумным ковшом, соединённым с вакуумным насосом.



5.2 Этапы получения алюминия

5.2.3 Рафинирование алюминия

*применяется для получения
алюминия высокой чистоты:
полученный в электролизёре алюминий
подвергается продувке в ковшах
емкостью 1,25 т хлором при
температуре 750 ... 770 °С в течение
10 ... 15 минут:*

- **анодом служит алюминий, подлежащий очистке,**
- **катодом – пластины чистого алюминия,**
- **электролитом – расплавленные
хлористые и фтористые соли.**



6 Производство титана

6.1 Сырьё для производства титана

Промышленное значение имеют следующие титаносодержащие минералы:

- ❖ ильменит – $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$
(содержит до 61 % TiO_2),
- ❖ рутил – TiO_2
(около 10 % железа, остальное TiO_2),
- ❖ и ряд других.



6 Производство титана

6.2 Основные этапы

получения титана:

- 1)- обогащение титановой руды,
- 2)- восстановительная плавка руды,
- 3)- хлорирование титанового шлака,
- 4)- получение титановой губки,
- 5)- плавка титановой губки,
- 6)- рефинирование титана



6.2 Этапы получения титана

6.2.1 Обогащение титановой руды

Титановые руды подвергаются следующим видам обогащения:

- ✓ электромагнитному,
- ✓ электростатическому,
- ✓ флотационному,
- ✓ гравитационному и
- ✓ другим,

в результате которых получают концентраты, содержащие до **60 %**



6.2 Этапы получения титана

6.2.2 Восстановительная плавка титановой руды

осуществляется в

электрических печах.

Восстановительной плавкой получают:

- ✓ **чугун, легированный титаном**
(от 0,6 до 2% Ti),
- ✓ **шлаки, содержащие около**
80 % TiO_2 и от 1,5 до 3% FeO,
используемые в качестве сырья для получения титана.



6.2 Этапы получения титана

6.2.3 Хлорирование

ТИТАНОВОГО ШЛАКА

производят для получения из рутила



(TiCl_4 – ~~жидкость, кипящая при~~ **тетрахлорид титана** при 136 °C).

Осуществляется

**восстановлением углеродом
и хлорированием при 800 °C**

по реакции:

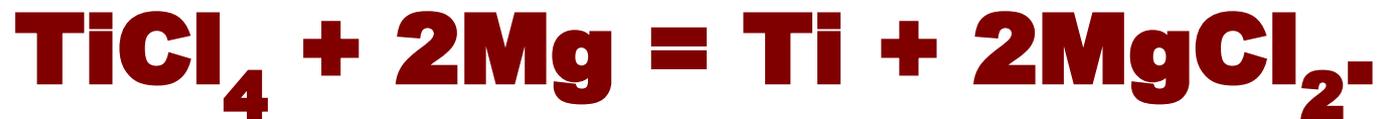




6.2 Этапы получения титана

6.2.4 Получение титановой губки

*производится восстановлением
тетрахлорида титана магнием
по реакции:*



Процесс ведётся в стальных реакторах при температуре от 950 до 1000 °С в атмосфере аргона или других инертных газов.



6.2 Этапы получения титана

6.2.5 Плавка титановой губки

осуществляется в электрических дуговых или высокочастотных печах.

Плавка ведется в вакууме или в среде инертных газов.

После плавки титан:

- *содержит около 0,2 % примесей,*
- *обладает высокой пластичностью,*
- *хорошо поддается ковке, прокатке, штамповке.*



6.2 Этапы получения титана

6.2.6 Рафинирование титана

осуществляется для получения особо чистого титана.

Наиболее чистый промышленный титан, содержащий менее 1 % примесей, получают **ИОДИДНЫМ СПОСОБОМ** – разложением иодидов титана на поверхности вольфрамовой нити, нагретой до 1300 ... 1500 °С в вакууме.

Особо чистый титан может быть получен из технического титана **МЕТОДОМ ЗОННОЙ ПЛАВКИ**, основанной на явлении большей растворимости примесей в жидком металле по сравнению с растворимостью в твердом металле.



7 Производство магния

7.1 Сырьё для производства магния

Промышленное значение имеют следующие материалы:

- ❖ **магнезит, в основном состоящий из $MgCO_3$,**
- ❖ **доломит – $MgCO_3 \cdot CaCO_3$,**
- ❖ **карналлит – $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$.**



7 Производство магния

7.2 Основные способы получения магния:

1) термический –

**в основе данного способа
лежит восстановление
оксида магния углеродом
или кремнием;**

2) электролитический –

**в основе данного способа
лежит электролиз рас-
плавленного хлористого
магния $MgCl_2$.**



7 Производство магния

7.3 Этапы электролитического способа получения магния:

- 1)- получение хлористого магния,**
- 2)- электролиз хлористого магния,**
- 3)- рафинирование магния переплавкой с флюсами,**
- 4)- тонкое рафинирование магния субдвумазной**



7.3 Электролитический способ получения магния

7.3.1 Получение хлористого магния

осуществляется в два этапа:

1) обжиг магнезита **или** доломита:



2) хлорирование образовавшегося оксида магния при температуре от 800 до 900 °С в присутствии восстановителя (углерода):





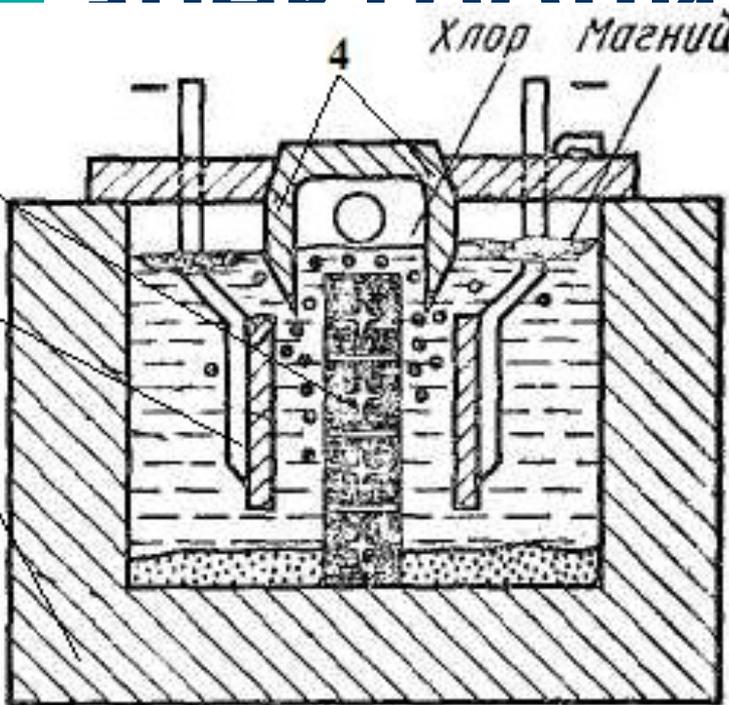
7.3 Электролитический способ получения магния

7.3.2 Электролиз хлористого магния ($MgCl_2$)

осуществляется

в

электролизёрах:



1 – ванна;

2 – стальные
катоды;

3 – графитовые
аноды;

4 – огнеупорные
диафрагмы.



7.3 Электролитический способ получения магния

Описание работа магниевого электролизёра

Электролизёр, представляющих собой герметизированные ванны прямоугольной формы с шамотной футеровкой.

Аноды изготавливают из графита, катодами служат две стальные пластины.

В качестве электролита используют расплав хлористых солей MgCl_2 , NaCl , KCl , CaCl_2 , содержащий от 7 до 15 % MgCl_2 .

Анодное пространство отделено от катодного огнеупорной перегородкой.



7.3 Электролитический способ получения магния

Описание работа магниевового электролизёра

Как и при электролизе глинозема, электрический ток, проходя через электролит, нагревает его и осуществляет электрохимический процесс.

Ионы магния разряжаются на катоде:



Плотность магния меньше плотности электролита, поэтому магний всплывает и скапливается на поверхности ванны.



7.3 Электролитический способ получения магния

Описание работа магниевового электролизёра

Для предупреждения окисления магния ванна закрыта керамической крышкой.

Расплавленный магний периодически удаляют с помощью вакуумных ковшей и сифонов.

Образующийся на аноде хлор отсасывается через хлоропровод.



7.3 Электролитический способ получения магния

7.3.3 Рафинирование магния

После электролиза магний содержит примеси. Поэтому его подвергают рафинированию, которое осуществляют:

- переплавкой в тигельных печах с флюсами;
- или возгонкой.

Рафинированный металл, содержащий не менее **99,9 % магния**, разливается в чушки на разливочной машине.

При разливке струя магния предохраняется от окисления путем опыления металла порошком серы.



7.3 Электролитический способ получения магния

7.3.4 Тонкое рафинирование магния

Для получения особо
чистого магния применяют
**тонкое
рафинирование
методом
сублимации.**