

Ленинградская область, Волховский район,  
МОБУ «Сясьстройская СОШ №2»

# ОБЩИЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

## Понятие о металлургии

Автор:  
учитель химии

высшей  
квалификационной  
категории  
Бочкова Ирина  
Анатольевна

2013-2014  
учебный год

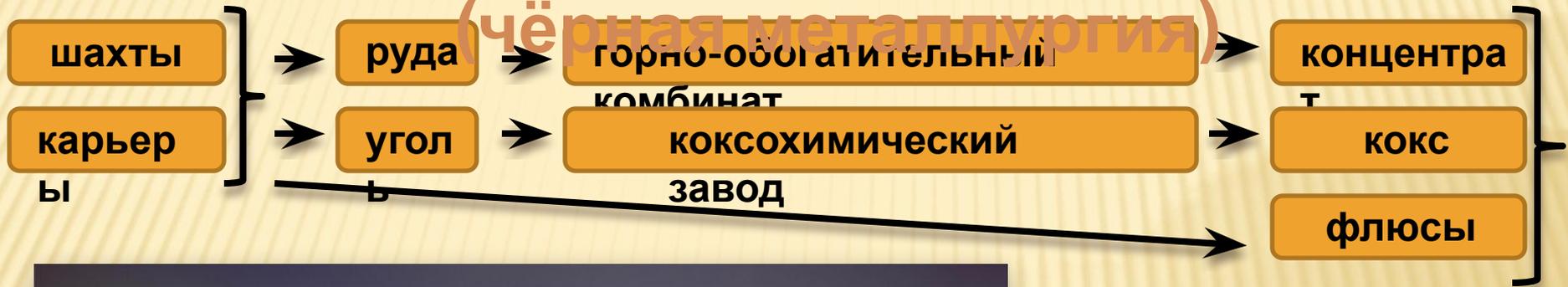
[900igr.net](http://900igr.net)

# Содержание презентации

- Схема металлургического производства
- Журнал «Национальная металлургия»
- Журнал «Металлургия машиностроения»
- Журнал «Металлург»
- Журнал «Чёрные металлы»
- Журнал «Экология производства»
- Журнал «Экология и жизнь»
- Телеканал RTG
- Задачи производственного характера
- Источники информации

# Схема металлургического производства

(чёрная металлургия)



**Металлургический комбинат**



# Металлургический комбинат

04.05.2014



# Значение металлургии

- основа индустрии
- фундамент машиностроения
- крупнейшими потребителями являются:
  - металлообработка,
  - строительная индустрия,
  - железнодорожный транспорт,
  - военно-промышленный комплекс,
  - топливно-энергетический комплекс,
  - химическая промышленность



# Металлургические процессы

- извлечение металлов из руд и использование отходов производства

Стадии

*Подготовка  
руды*

*Восстановление  
химического  
соединения*

*Вторичная  
обработка  
металла*



# Методы восстановления

- зависят от фазы, в которой проводят восстановление  
(раствор, расплав, твёрдая)

1. **Гидрометаллургическое восстановление** –

восстановление химическими восстановителями из водных растворов

2. **Пирометаллургическое восстановление** –

восстановление химическими восстановителями при высокой температуре из расплавов или твёрдой фазы



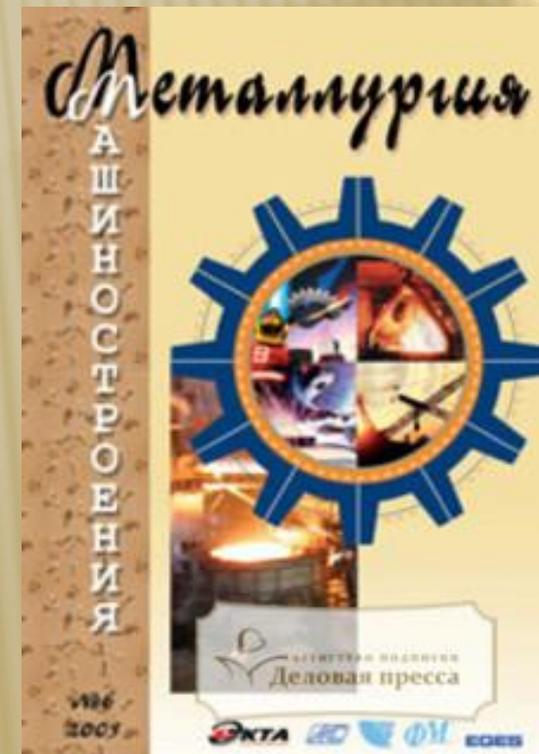
3. **Электрогидрометаллургическое восстановление** –

восстановление электрическим током из водных растворов или расплавов



# Классификация металлических руд

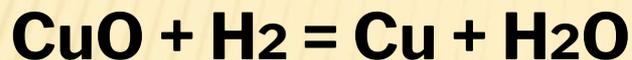
- По качеству и количеству металла
  - 1. Промышленные (до 0,4%)
  - 2. Непромышленные
- По числу содержащихся в руде металлов
  - 1. Монометаллические (простые)
  - 2. Полиметаллические (комплексные)
- По содержанию металла
  - 1. Богатые;      2. Средние
  - 3. Бедные
- По форме нахождения металла
  - 1. Самородные (Me);   2. Окисленные (MeO)
  - 3. Сульфидные (MeS);   4. Галогенидные (MeHal)





## Важнейшие восстановители

**Водород** – при нагревании водород восстанавливает многие металлы из их оксидов



**Оксид углерода (II)** – является одним из сильнейших восстановителей в металлургии



**Углерод** – процесс *карботермия*, дешёвый восстановитель

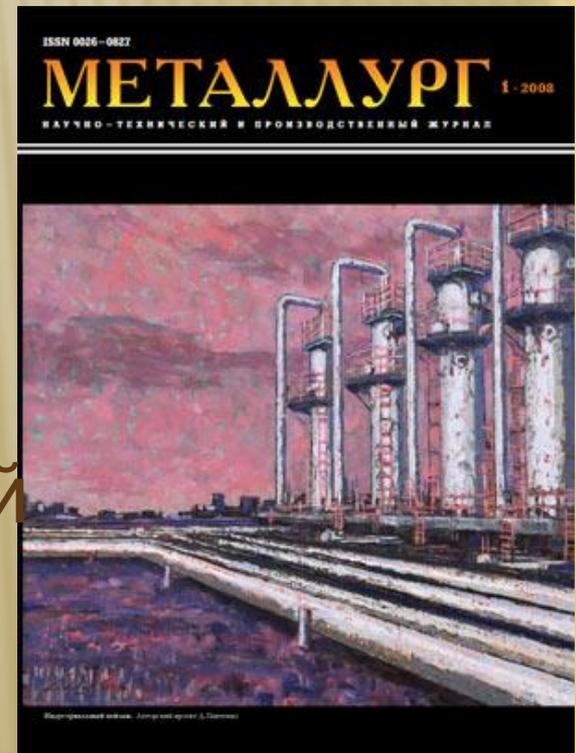
**Металлы** – процесс *металлотермия*: Al - *алюмотермия*; Mg - *магнийтермия*; Ca - *кальцийтермия*



# Доменное производство (выплавка чугуна)

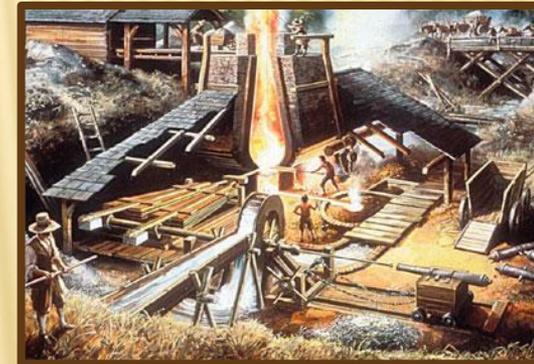
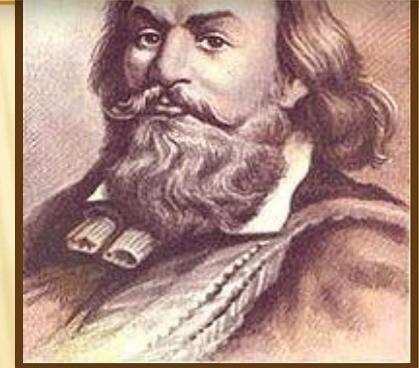
Источник получения железа – *железная руда*:

- $\text{Fe}_3\text{O}_4$  – магнетит (магнитный железняк)
- $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – гематит (красный железняк)
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  – лимонит (бурый железняк)
- $\text{FeS}_2$  – пирит (железный или серный колчедан)



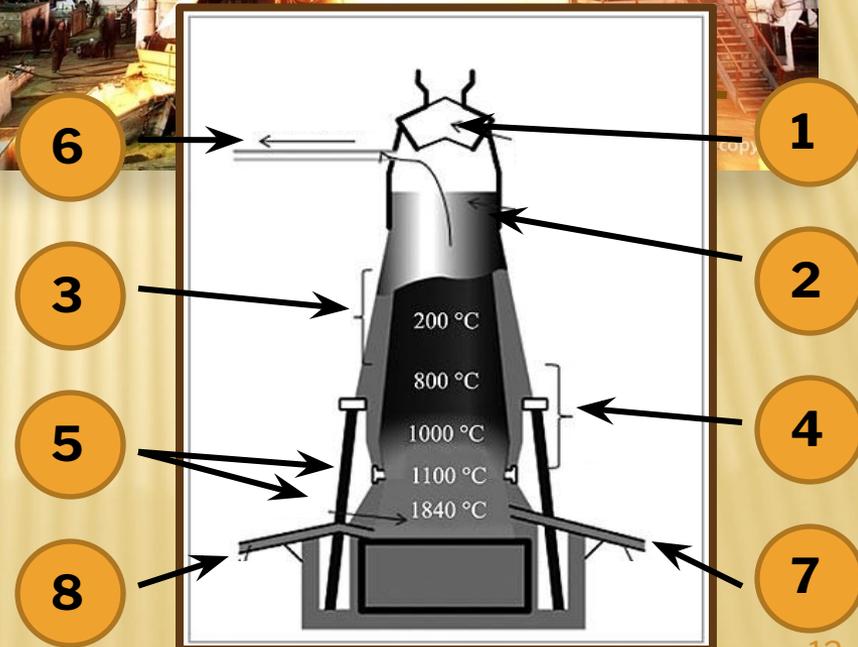
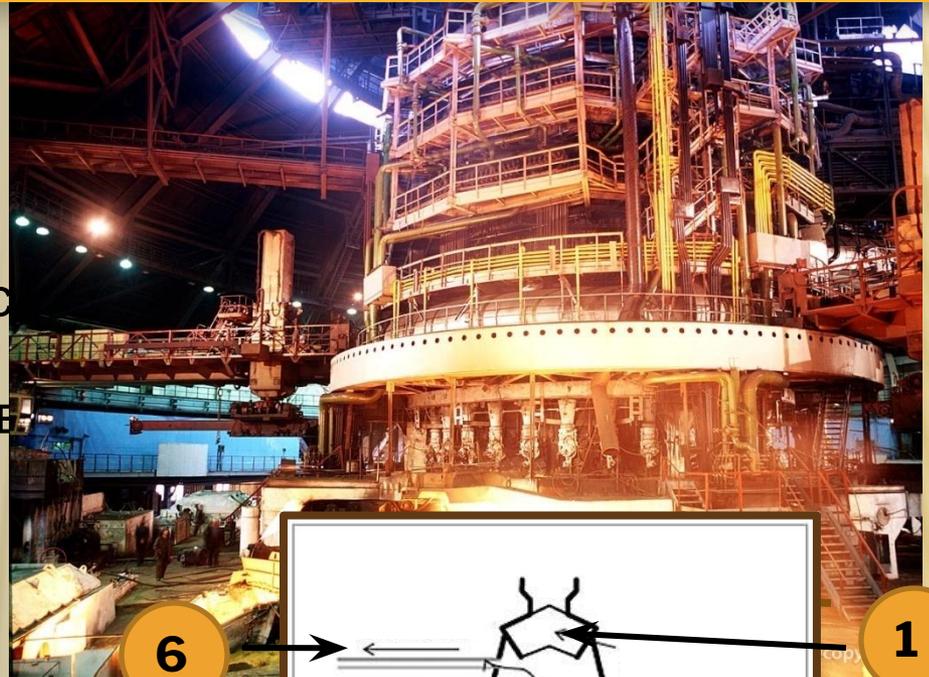
# История доменного производства

- Первые доменные печи появились в Европе в середине XIV века.
- Отцом русской доменной металлургии, считают **Андрея Денисовича Виниуса**.
- 29 февраля 1632 года получил жалованную грамоту царя Михаила Федоровича на монопольное устройство на Урале заводов с правом безоброчного владения на 10 лет.
- 24 марта 1636 г. заводчик объявил 144 пуда железа «первого своего дела».
- Построил чугунолитейный и железоделательный заводы в 15 км от Тулы.
- Позднее он основал железоделательный завод в Шенкурском уезде, на реке Ваге.
- До А. Виниуса в России пользовались железом, покупавшимся в Швеции по очень высокой цене.
- Тульский завод стал первым предприятием по изготовлению отечественного железа.
- На его базе при Петре I в 1712 году был основан Тульский оружейный завод, который позволил прекратить импорт оружия из Европы.



# Устройство доменной печи

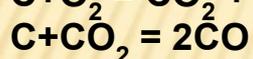
1. Загрузка железорудных материалов, известняка и кокса (*загрузочное устройство*)
2. Зона предварительного нагрева (*колошник*)
3. Зона восстановления  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (*шахта*)
4. Зона восстановления  $\text{FeO}$  (*распар*)
5. Зона плавления (*заплечики и горн*)
6. Доменный газ
7. *Летка* выпуска шлака
8. *Летка* выпуска жидкого чугуна



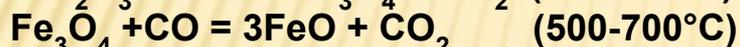
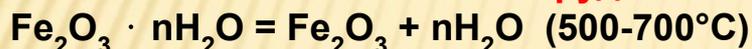


# Химизм доменных процессов

**I Образование восстановителя:** Проходя через раскалённый кокс ( $1700^{\circ}\text{C}$ ),  $\text{CO}_2$  восстанавливается до  $\text{CO}$ .



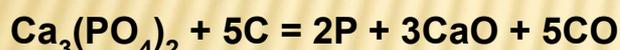
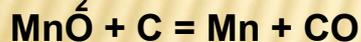
**II Восстановление железа из руды:**



Железо частично реагирует с углеродом с образованием карбида железа  $\text{Fe}_3\text{C}$ , которое растворяется в жидком железе



**III Частичное восстановление примесей:**

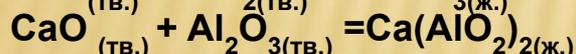


Чугун – это сплав железа с углеродом, содержащий примеси карбида железа, S, P, Si, Mn.

**IV Шлакообразование:** Известняк  $\text{CaCO}_3$  при высокой температуре разлагается:



Оксид кальция взаимодействует с оксидами пустой породы:



# Производство

## Сущность процесса:

- уменьшение содержания углерода;
- возможно более полное удаление S и P;
- доведение содержания Si и Mn до требуемых уровней.
- передельный чугун;
- железный лом;
- обогащённая железная руда.

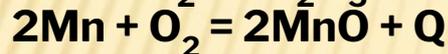
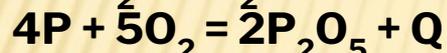
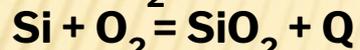
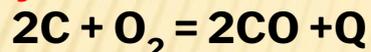
## Способы переработки чугуна:

- мартеновский
- бессемеровский
- томасовский
- электродуговой

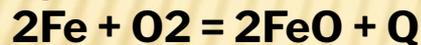


# Химизм варки стали

## I Окисление примесей кислородом воздуха:



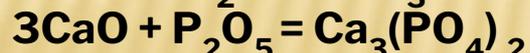
## II Частичное окисление железа кислородом:



## III Окисление примесей оксидом железа:



## IV Шлакообразование:

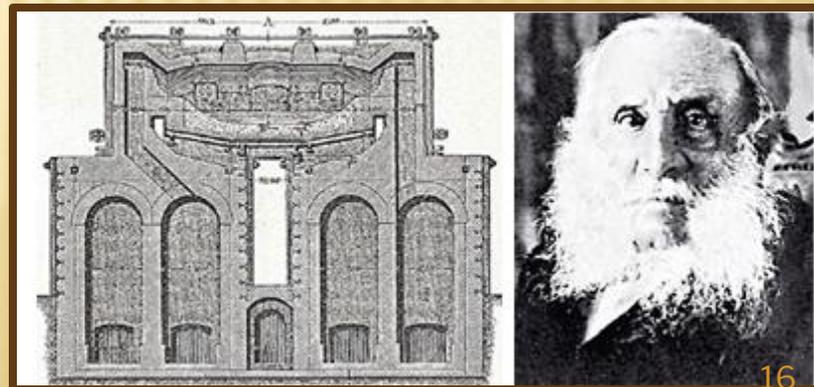
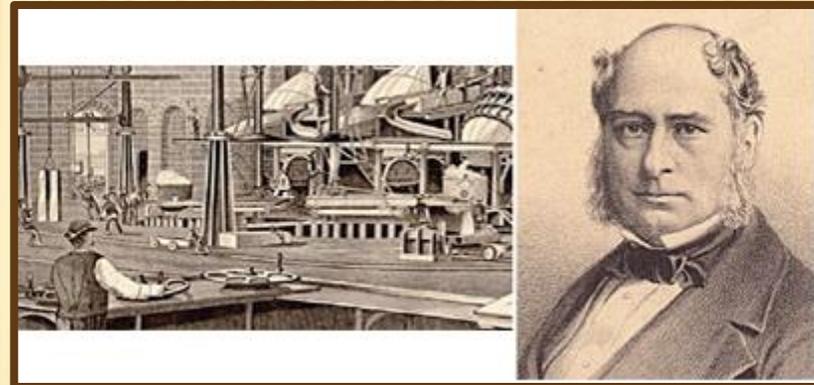


## V раскисление железа ферромарганцем:



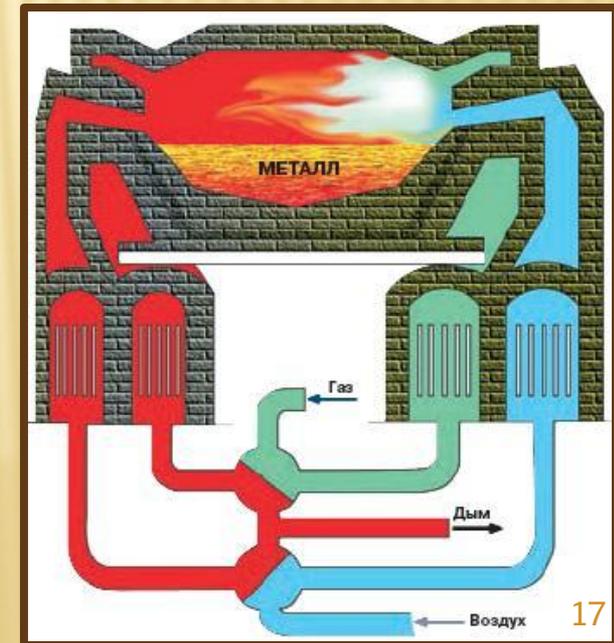
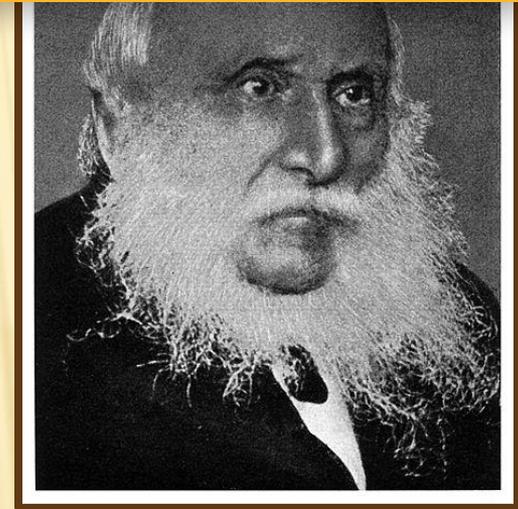
# История сталеплавильного производства

- Первым секрет получения дамасской, или булатной стали разгадал в **1828** году генерал-майор **Павел Аносов**, который надзирал над производством металла на заводе в Златоусте;
- англичанин **Генри Бессемер** в **1856** году изобрел конверторный способ изготовления стали. Этот метод стал сегодня основным в черной металлургии;
- французский металлург **Пьер Мартен**, в **1865** году запатентовал печь для выплавки стали нового образца, в производстве стало возможным использовать лом, которого на планете к тому времени накопилось громадное количество;
- **Сидней Джилкрист Томас** а **1878** году придумал, как удалять из железной руды при плавке серу и фосфор.



# Мартеновская печь

- Название произошло от фамилии французского инженера и металлурга **Пьера Мартена**.
- В 1864 предложил новый способ получения литой стали в регенеративных пламенных печах.
- Использовал принцип регенерации тепла продуктов горения для подогрева не только воздуха, но и газа. Благодаря этому удалось получить температуру, достаточную для выплавки стали.
- Широко применялся в металлургии в последней четверти XIX века.
- Мартеновская печь работает в среднем 1 год, после чего кирпич выгорает и теплоизоляция ухудшается.
- С 1970-х годов новые мартеновские печи в мире более не строятся.
- В России первую мартеновскую печь построили в 1869—1870гг. на Сорновском заводе **А.А.**

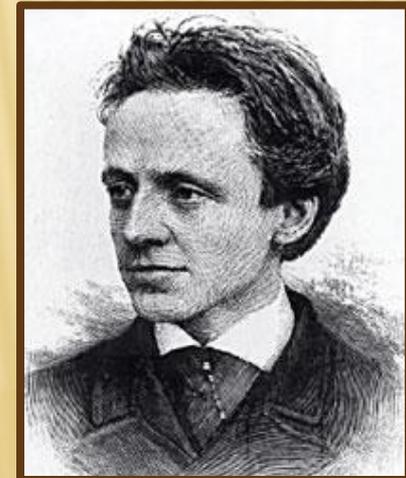
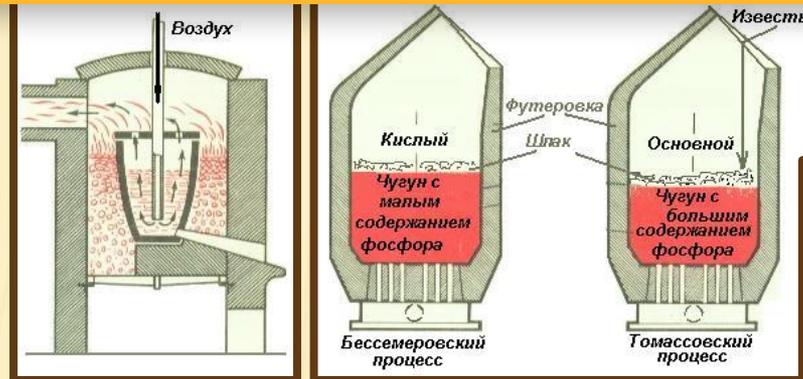


# Мартен



Leonid Varlamov | mmet.livejournal.com

# Кислородный конвертер



- В основе процессов лежит один принцип: чугун, из которого получают сталь, очищают, продувая через него воздух;
- сосуд, где протекает реакция (*конвертер*) имеет грушевидную форму с открытой горловиной вверху; укреплен на горизонтальной оси, что позволяет его наклонять;
- конвертеры Бессемера и Томаса по внешнему виду одинаковы;
- главное различие: **бессемеровский конвертер изнутри выложен - кислой** огнеупорной футеровкой и в нем нельзя удалить фосфор в основной шлак, потому что такой шлак быстро разъедает кислую футеровку.
- **Томасовский** конвертер имеет основную футеровку, поэтому здесь, добавляя известь, можно получить **основной шлак**, который хорошо извлекает **фосфор** из чугуна, но не разрушает **основную футеровку**.
- бессемеровский и томасовский конвертеры позволяют за 20 мин превратить в сталь до 20 т чугуна.

# Сталевары



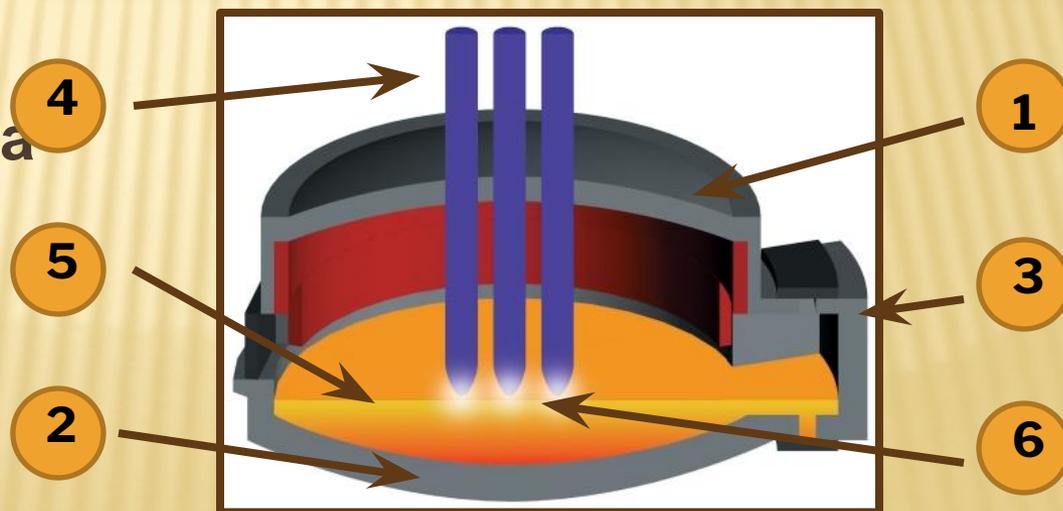
# Электродуговая печь

- Основное назначение дуговой печи - выплавка стали из металлического лома (скрапа);
- источником тепла в дуговой печи является электрическая дуга, возникающая между электродами и жидким металлом или шихтой при приложении к электродам электрического тока необходимой силы (температура 3000°C);
- возможность электроплавки металлов впервые была установлена русским физиком **В. В. Петровым**;
- 1909 г. считают началом промышленного производства электростали в России. В этом году на дуговой печи **П. Эру** было выплавлено 192 т высококачественной стали;
- основоположником создания электрометаллургии качественных сталей в нашей стране следует считать металлурга **Н. И. Беляева**. В 1916 г. он получил первую легированную электросталь.

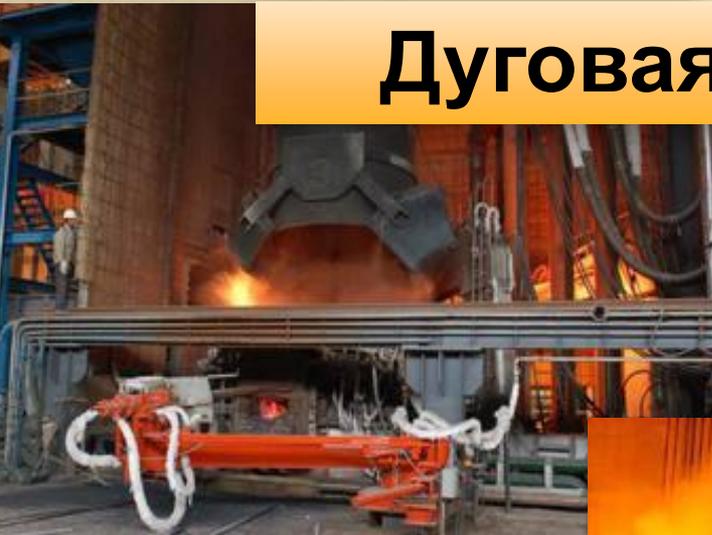


# Устройство электродуговой печи

1. Свод печи
2. Под печи
3. Механизм наклона печи
4. Электроды
5. Расплав
6. Электрическая дуга



# Дуговая сталеплавильная печь



# Прокатный стан

- Комплекс оборудования, в котором происходит пластическая деформация металла между вращающимися валками.
- Это система машин, выполняющая вспомогательные операции:
- транспортирование исходной заготовки с склада к нагревательным печам и к валкам стана,
- передачу прокатываемого материала от одного калибра к другому,
- кантовку,
- транспортирование металла после прокатки,
- резку на части,
- маркировку или клеймение,
- правку,
- упаковку,
- передачу на склад готовой продукции и др.





# Виды проката



# Экологические проблемы

- Современное сталеплавильное производство характеризуется значительным объемом технологических выбросов.
- На **1 т** выплавленного чугуна выделяется **11–13** кг пыли, **190–200** кг оксида углерода, **0,4** кг диоксида серы, **0,7** кг углеводородов и др.
- Концентрация пыли в отходящих газах составляет **5–20** г/м<sup>3</sup>, размер пыли **35** мкм.
- При литье под действием теплоты жидкого металла из формовочных смесей выделяются бензол, фенол, формальдегид, метанол и другие токсичные вещества.
- При литье под действием теплоты жидкого металла из формовочных смесей выделяются бензол, фенол, формальдегид.



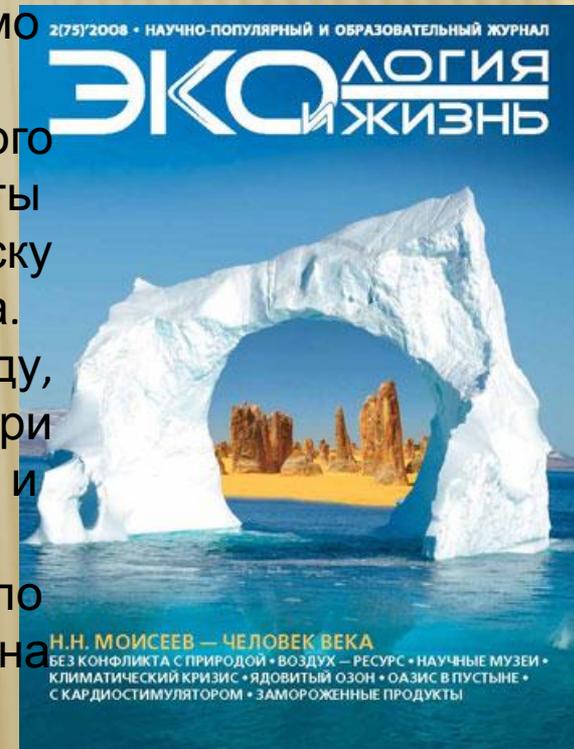


- Общая масса накопленных промышленных отходов составляет около **30** млрд. т.
- Только **15 – 30%** металлургических отходов подвергаются переработке.
- Основная часть отработанных материалов хранится в отвалах (пластах, негодных для выработки), на шламовых полях и т.п.
- По подсчётам экологов, площадь территории России, занимаемая промышленными отходами металлургических предприятий, составляет свыше **1300** кв. км. Зачастую отработанное сырьё складировается на плодородных землях.
- Промышленные отходы изобилуют токсичными веществами, и вещества эти способны мигрировать на огромные дистанции. Поэтому окружающая среда в радиусе **200** км от места захоронения металлургических отходов является загрязнённой.



# Способы решения экологических проблем

- При металлургическом производстве необходимо стремиться к созданию безотходного производства.
- Для этого предприятиях помимо основного производства (чугуна, стали и проката) развиты сопутствующие химические производства по выпуску бензола, аммиака, минеральных удобрений, цемента.
- Так как сернистый газ загрязняет окружающую среду, то на многих современных производствах этот газ при помощи специальных устройств улавливается и используется для производства серной кислоты.
- Котлы-утилизаторы используют физическое тепло нагретых газов для получения пара, который идёт на отопление зданий.
- Пылеулавливающие устройства задерживают пыль.
- Перевод сталеплавильного производства на прогрессивную технологию непрерывной разливки стали позволяет снизить вредные выбросы в атмосферу на **5,3** тыс.т. в год.





# Использование шлаков

Образующиеся шлаки используют в следующих направлениях:

- извлечение металла;
- получение щебня для дорожного и промышленного строительства;
- использование основных шлаков в качестве известковых удобрений (шлаковой муки) для сельского хозяйства;
- использование фосфорсодержащих шлаков для получения удобрений для сельского хозяйства;
- вторичное использование конечных сталеплавильных шлаков.





# Видеоэкскурсия на металлургический комбинат

Russian Travel Guide TV - международный познавательный телеканал, посвященный путешествиям по России, её культурному и географическому разнообразию.

Эфир телеканала состоит из эксклюзивных фильмов собственного производства о культуре и искусстве многонациональной страны, её уникальной природе, российских городах, научных достижениях. Телеканал RTG TV был дважды награжден как лучший познавательный телеканал.

Ссылка на фильм в YouTube

<http://www.youtube.com/watch?v=XJH1VJ1v5As>



**RTG**  
**TV** RUSSIAN  
TRAVEL  
GUIDE



# Задачи производственного характера

## Задача N°1

Сколько чугуна, содержащего 94% Fe, можно получить из 1000т оксида

Fe(III), содержащего 20% пустой породы?

Дано:

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ с прим.}) = 1000 \text{ кг}$$

$$\omega(\text{пуст. пор.}) = 20\% =$$

$$\omega(\text{Fe}) = 94\% = 0,94$$

$$m(\text{чугуна}) = ?$$

Решение:

$$1) m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 1000 \cdot (1 - 0,2) = 1000 \cdot 0,8 = 800 \text{ т (800000 кг)}$$

$$2) n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 800000 / 160 =$$

$$5000 \text{ кмоль} \quad 10000 \text{ кмоль}$$



2 кмоль

4 кмоль

$$4) m(\text{Fe}) = 56 \cdot 10000 = 560000 \text{ кг (560 т)}$$

$$5) m(\text{чугуна}) = 560 / 0,94 = 595,74 \text{ т}$$

Ответ: масса чугуна 595,74т



## Задача №2

Какая масса магнетита  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , содержащая 10% примесей, требуется для

данного получения 4т Fe?

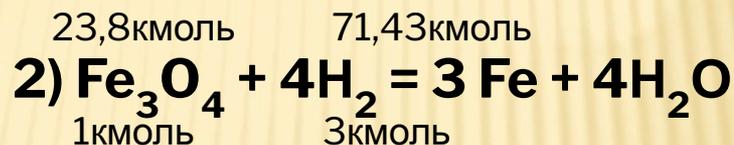
$$m(\text{Fe}) = 4\text{т} = 4000\text{кг}$$

$$\omega(\text{прим.}) = 10\% = 0,1$$

$$m(\text{магнетита}) = ?$$

Решение:

$$1) n(\text{Fe}) = 4000/56 = 71,43 \text{ кмоль}$$



$$3) m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 23,8 \cdot 232 = 5521,6\text{кг} (5,52\text{т})$$

$$4) \omega(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 1 - 0,1 = 0,9$$

$$m(\text{магнетита}) = 5,52/0,9 = 6,14\text{т}$$

Ответ: масса магнетита 6,14т



### Задача N°3

Сплав железа с углеродом массой 5,83г растворили в соляной кислоте. При этом выделилось 2,24л (н.у.) водорода. Определите массовую долю углерода

**Дано:**  $m(\text{сплава}) = 5,83\text{г}$ ,  $V(\text{H}_2) = 2,24\text{л (н.у.)}$ . Что представляет собой сплав: чугун или сталь?

$m(\text{сплава}) = 5,83\text{г}$   
 $V(\text{H}_2) = 2,24\text{л (н.у.)}$

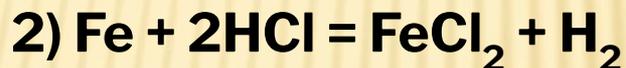
$\omega(\text{C}) = ?$   
 Чугун или сталь?

**Решение:**

$$1) n(\text{H}_2) = 2,24 / 22,4 = 0,1 \text{ моль}$$

0,1 моль

0,1 моль



1 моль

1 моль

$$3) m(\text{Fe}) = 0,1 \cdot 56 = 5,6\text{г}$$

$$m(\text{C}) = 5,83 - 5,6 =$$

$$4) \omega(\text{C}) = 0,23 / 5,83 = 0,039$$

(3,9%)

Ответ: массовая доля углерода 3,9%; это чугун.



## Задача №4

Феррохром содержит 65% хрома и 35% железа. Определите массовую долю

хрома в стали, полученной при прибавлении к 100кг стали 2кг феррохрома

Дано:  
(3кг феррохрома).

$$\omega(\text{Fe}) = 35\% =$$

$$0,35$$

$$\omega(\text{Cr}) = 65\% =$$

$$0,65$$

$$m(\text{стали}) = 100\text{кг}$$

$$m(\text{Fe - Cr}) = 2\text{кг}$$

$$(3\text{кг})$$

$$\omega(\text{Cr в стали}) = ?$$

Решение:

$$1) m_1(\text{Cr}) = 2000 \cdot 0,65 = 1300\text{г} (1,3\text{кг})$$

$$m_2(\text{Cr}) = 3000 \cdot 0,65 = 1950\text{г} (1,95\text{кг})$$

$$2) m_1(\text{хромовой стали}) = 100 + 1,3 = 101,3\text{кг}$$

$$m_2(\text{хромовой стали}) = 100 + 1,95 = 101,95\text{кг}$$

$$3) \omega_1(\text{Cr в стали}) = 1,3/101,3 = 0,013$$

$$(1,3\%)$$

$$\omega_2(\text{Cr в стали}) = 1,95/101,95 = 0,019$$

$$(1,9\%)$$

Ответ: массовые доли хрома 1,3% (1,9%)



## Задача №5

Железная руда содержит **85%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$** , **10%  $\text{SiO}_2$**  и **5% других примесей**, не содержащих железо или кремний. Определите массу железа и хрома в

**Дано:** 1000 кг железной руды.

$$\omega(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 85\% (0,85)$$

$$\omega(\text{SiO}_2) = 10\% (0,1)$$

$$\omega(\text{других прим.}) = 5\% (0,05)$$

$$m(\text{руды}) = 1000 \text{ кг}$$

$$m(\text{Fe}) = ?$$

$$m(\text{Si}) = ?$$

**Решение:**

$$1) m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 1000 \cdot 0,85 = 850 \text{ кг}$$

$$m(\text{SiO}_2) = 1000 \cdot 0,1 =$$

$$100 \text{ кг}$$

$$M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 56 \cdot 2 + 48 =$$

$$160 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{SiO}_2) = 28 + 16 \cdot 2 =$$

$$60 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{Fe}) = (112 \cdot 850) / 160 = 595 \text{ кг}$$

$$m(\text{Si}) = (28 \cdot 100) / 60 = 46,67 \text{ кг}$$

**Ответ:** масса железа **595 кг**, масса кремния **46,67 кг**



## Задача №6

Определите объём (н.у.) оксида углерода (II), необходимый для восстановления железа из **1000 кг  $\text{Fe}_2\text{O}_3$**  и массу угля, который надо сжечь

для получения требуемого объёма оксида углерода (II).

Дано:

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 1000 \text{ кг}$$

$$V(\text{CO})_{(\text{н.у.})} = ?$$

$$m(\text{C}) = ?$$

Решение:

$$1) n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 1000 / 160 = 6,25 \text{ кмоль}$$

$$6,25 \text{ кмоль} \quad 18,75 \text{ кмоль}$$



$$1 \text{ кмоль} \quad 3 \text{ кмоль}$$

$$3) V(\text{CO})_{(\text{н.у.})} = 18,75 \cdot 22,4 = 420 \text{ м}^3$$

$$18,75 \text{ кмоль} \quad 18,75 \text{ кмоль}$$



$$2 \text{ кмоль} \quad 2 \text{ кмоль}$$

$$5) m(\text{C}) = 18,75 \cdot 12 = 225 \text{ кг}$$

Ответ: объём угарного газа  **$420 \text{ м}^3$** , масса угля **225 кг**.

# Источники информации

- А.А.Карцова, А.Н.Лёвкин Химия 11 класс. Профильный уровень., М., «Вентана-Граф», 2012
- М.А.Рябов. Сборник задач и упражнений по химии. 9 класс. М., «Экзамен», 2013.
- Metallurgical combine  
<http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1829545>
- Basics of metallurgical production  
<http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-170427.html>
- Photographs <http://www.google.ru/imghp?hl=ru&tab=ii>  
<http://loveopium.ru/tehnologiya/stalevary.html>
- Revolution of technologies  
[http://lon-live-metal.narod.ru/Revolution\\_2\\_Me.htm](http://lon-live-metal.narod.ru/Revolution_2_Me.htm)
- Metal searchers  
[http://www.epr-magazine.ru/industrial\\_history/technologies/metallse/arch/](http://www.epr-magazine.ru/industrial_history/technologies/metallse/arch/)
- How was steel hardened <http://fishki.net/comment.php?id=90823>
- Metallurgical waste  
<http://www.dishisvobodno.ru/iron-and-steel-waste.html>