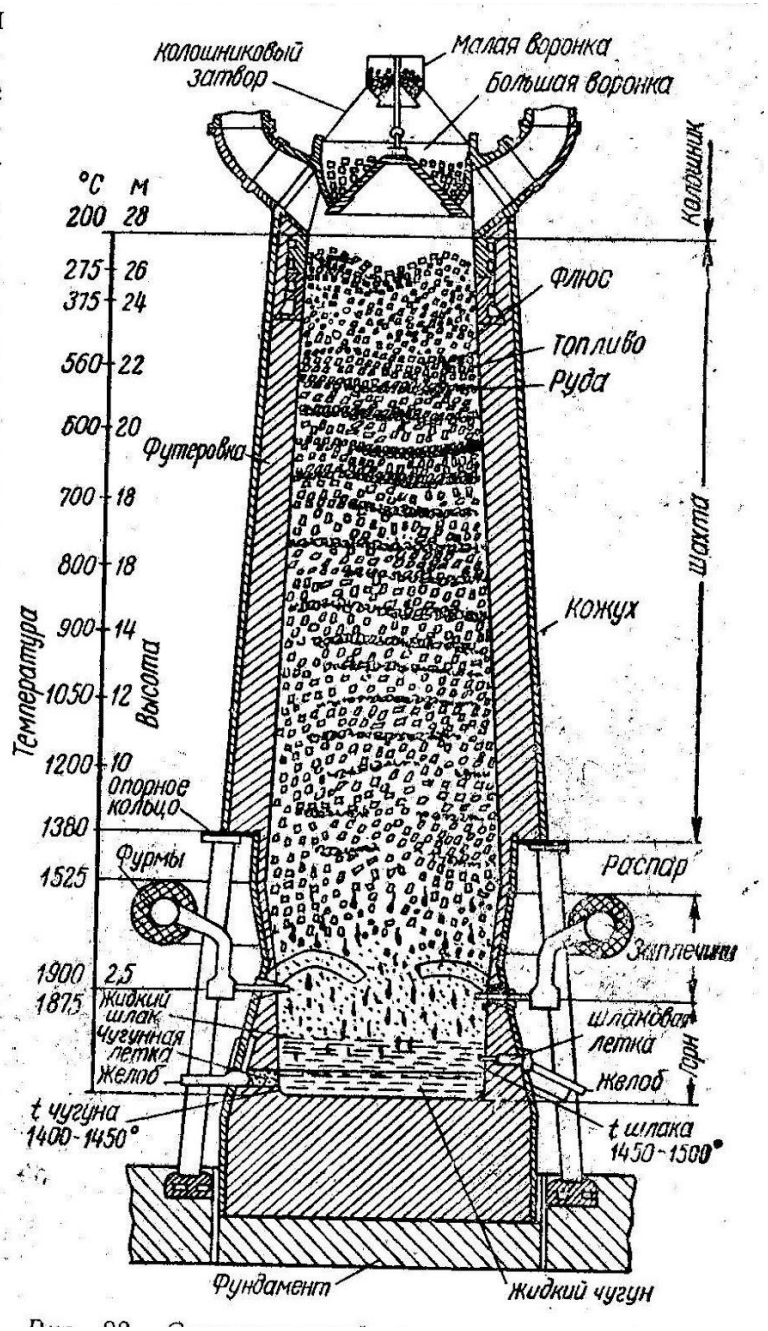
Устройство доменной печи
Доменный процесс
Продукты доменного производства

Производство чугуна

Устройство доменной печи



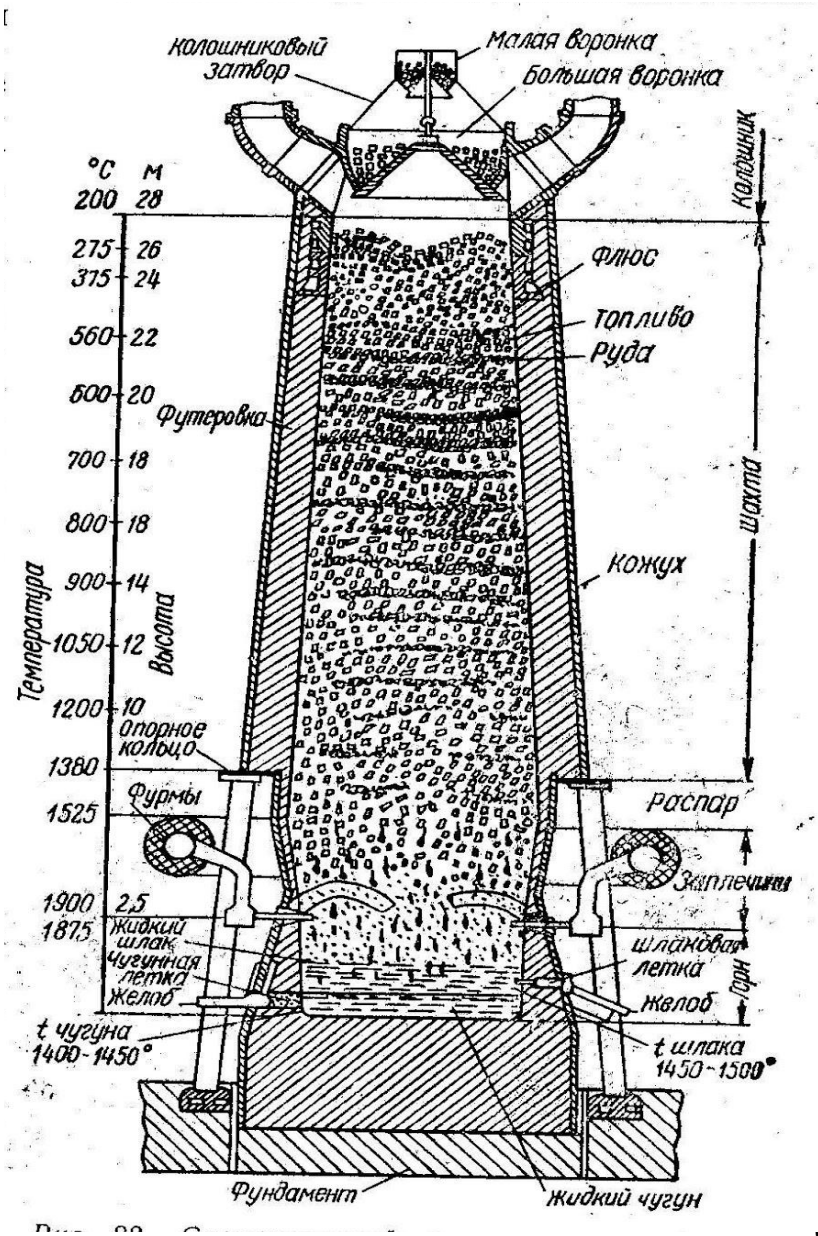
1) Выплавка чугуна из железной руды производится в доменной печи, представляющей шахтную, т. е. вертикальную, печь непрерывного действия. Сверху в нее засыпается шихта, которая по мере плавления опускается книзу. Навстречу шихте вверх поднимаются газы.

2) Доменная печь имеет форму двух усеченных конусов, сложенных своими основаниями.

Верхняя узкая ее часть называется ***колошником.*** Через колошник в печь поступает шихта и из печи отводятся колошниковые газы. Для загрузки шихты здесь имеется автоматически действующее загрузочно - распределительное устройство — ***колошниковый затвор***. Он состоит из двух конусов, закрывающих соответствующие воронки. Сначала шихта поступает в малую воронку и располагается на малом конусе. Когда малый конус опускается, она просыпается на большой конус, прижатый к большой воронке. Затем малый конус поднимается, а большой опускается, и исходные материалы попадают в печь.

Ниже колошника располагается ***шахта.*** Чтобы шихта свободно опускалась в процессе плавки, шахта расширяется книзу. В шахте руда высушивается, выделяется химически связанная вода, идет процесс восстановления окислов.

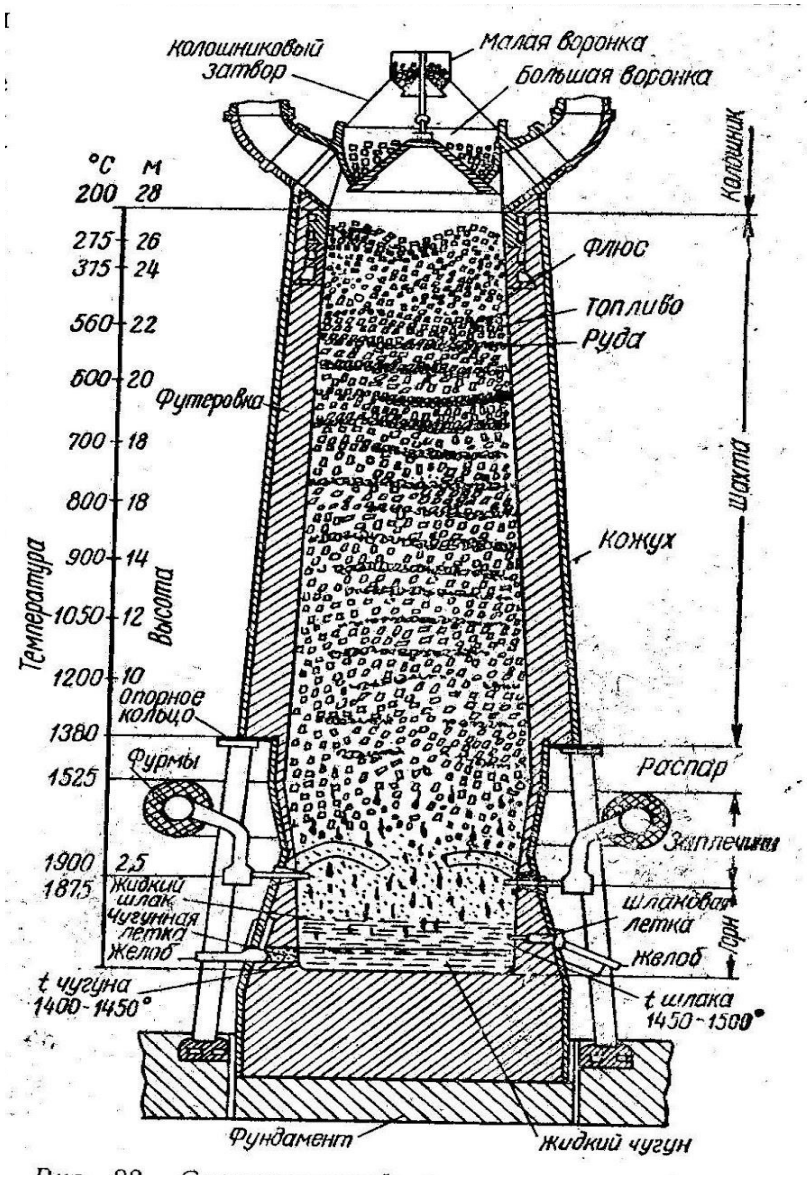
Самая широкая часть печи — ***распар*** — имеет цилиндрическую форму. Здесь начинается шлакообразование и плавление металла.



Нижний усеченный конус, называемый ***заплечиками,*** сужается книзу, для того чтобы удерживать находящуюся в шахте и распаре шихту. В этом поясе продолжается расплавление металла и шлака.

В самой нижней цилиндрической части доменной печи — ***горне*** — идет горение и накапливаются жидкий чугун и шлак. Дно горна называется лещадью. Вблизи заплечиков равномерно по окружности размещаются 12—20 отверстий — фурмы, через которые воздуходувными машинами под давлением подается в печь подогретый до температуры 600—1000° С воздух, обеспечивающий горение топлива, загружаемого в доменную печь.

Часть горна, располагающаяся ниже фурм, называется ***металлоприемником;*** в нем собираются чугун и шлак. В горне, ниже фурм, имеется ***шлаковая летка*** — отверстие для выпуска шлака, а в самой нижней части — одна или, при большом объеме доменной печи, несколько ***чугунных леток*** для выпуска чугуна.



- 3) Внутренняя часть доменной печи выкладывается высококачественным шамотным кирпичом'. Снаружи печь имеет стальной кожух, стягиваемый кольцами. Шахта располагается на опорном кольце, которое опирается на укрепленные в фундаменте колонны. Для охлаждения кладки в нее закладываются металлические трубы — холодильники, по которым циркулирует вода.
- 4) Основными характеристиками доменной печи являются ее полезная высота и полезный объем. ***Полезной высотой*** называется расстояние от оси чугунной летки до уровня опускания нижнего конуса засыпного аппарата. ***Полезным объемом*** называется рабочий объем, заполненный шихтой с продуктами плавки. Есть доменные печи с полезным объемом 1100, 1386, 1513, 1719, 2000, 2300, 2700, 3200 м3. На Криворожском металлургическом заводе введена крупнейшая в мире доменная печь полезным объемом 5000

Тест

1. Что является основной характеристикой доменной печи?

A. Полезная высота
B. Полезный объем
C. Полезная мощность

2. Из каких основных частей состоит доменная печь?

A. Колошник
B. Горн
C. Футеровка
D. Распар

3. Состав шихты?

Вспомогательные устройства доменной печи

- *Газоочистители*

  в них колошниковые газы очищаются от рудной пыли частичек кокса для того, чтобы затем их можно было использовать в качестве топлива.

- *Воздухонагреватели (кауперы)*

  для более полного сжигания топлива в печь подается воздух, который предварительно нагревают до температуры 850-1000^0 (1350 ^{0} в новых печах).

- *Подъемные и загрузочные приспособления*

Доменный процесс

- 1. Новая или прошедшая капитальный ремонт доменная печь медленно просушивается, после чего задувается — пускается в ход. Горн и заплечики до фурм загружаются коксом, шахта наполняется задувочной шихтой, содержащей уменьшенное против нормы количество железной руды. Подается горячее дутье и разжигается кокс. По мере выгорания его шихта опускается, печь пополняется новыми порциями шихты. Количество руды в ней увеличивается. Постепенно состав шихты доводится до нормального. Процесс задувки продолжается несколько дней.
- По окончании задувки доменной печи загрузка ее идет по мере опускания шихты, и плавка продолжается до тех пор, пока не потребуется капитальный ремонт печи.

- 2.В основе производства чугуна лежит *процесс восстановления* железа из его окислов (в железных рудах железо может быть в виде окислов $Fe_2 03$, $Fe_3 0_4$ и FeO). Восстановителями являются образующиеся в ходе доменного процесса окислы углерода, сажистый углерод и водород. В результате протекающих в доменной печи химических процессов железная руда отдает свой кислород; выделяющееся, при высокой температуре железо обладает способностью поглощать углерод. В итоге вместо соединения железа с кислородом (железной руды) образуется сплав железа с углеродом (чугун).
- Таким образом, доменный процесс состоит из ***восстановления железа*** из его окислов, ***науглероживания железа*** и превращения его в чугун и ***образования шлаков*** из пустой породы.

- 3. В современной доменной печи механизированы и автоматизированы все процессы приготовления и подачи шихты, ее загрузка. Автоматически регулируется температура и влажность дутья, его состав. Ход плавки контролируется измерительными приборами, регистрирующими состав колошникового газа, температуру кладки печи в различных зонах. Внедряется комплексная автоматизация доменного процесса с управлением электронно-вычислительными машинами.

- 4. Образующийся в доменной печи чугун накапливается в горне. Он выпускается периодически 6—8 раз в сутки через чугунную летку. Для этого в летке специальными сверлилками и пневматическим молотом пробивается отверстие, и чугун сильной струей по желобу, выложенному огнеупорным материалом, направляется в чугуновозные ковши. Ковши транспортируют его либо в хранилище, если чугун идет для переделки в сталь, либо в разливочную машину, где отливаются чугунные чушки массой до 50 кг. Чушки направляются на машиностроительные заводы, где переплавляются в вагранках для получения фасонных чугунных отливок.
- Когда чугун из горна выпущен, чугунная летка заделывается огнеупорной глиной.
- Шлак располагается в горне поверх чугуна. Он удаляется через шлаковую летку чаще, чем чугун, направляется по желобу в шлаковозные ковши, а из них на переработку или в отвал.

- 5. В современной доменной печи механизированы и автоматизированы все процессы приготовления и подачи шихты, ее загрузка. Автоматически регулируется температура и влажность дутья, его состав. Ход плавки контролируется измерительными приборами, регистрирующими состав колошникового газа, температуру кладки печи в различных зонах. Внедряется комплексная автоматизация доменного процесса с управлением электронно-вычислительными машинами.

- **Контрольный вопрос**
- Как протекает доменный процесс?

- **Вспомогательные вопросы**
- В чем заключается процесс задувки доменной печи? В чем состоит сущность доменного процесса?
- * Из каких окислов восстанавливается железо в доменной печи? Каким рудам соответствует каждый из них?
- Почему шлаки располагаются в горне выше чугуна?
- Какие химические реакции называются восстановительными? Что происходит в ходе этих реакций? Какие химические элементы и соединения являются восстановителями в доменном процессе?

печи

- В доменной печи в ходе плавки наблюдаются два потока: сверху вниз перемещаются руда, топливо и флюсы; снизу вверх — продукты горения. Шихтовые материалы встречаются с газовым потоком, при этом изменяются их химический состав и свойства.
- Снизу в печь через фурмы из кауперов поступает нагретый воздух. Кислород воздуха взаимодействует с углеродом кокса, обеспечивая полное сгорание кокса по реакции
- $C+O_2=CO_2$.
- Реакция идет с выделением большого количества тепла, и на уровне фурм температура достигает 1700—2000° С.
- Поднимаясь выше, углекислый газ (двуокись углерода) вступает в реакцию с новыми слоями раскаленного кокса, в результате образуется окись углерода:
- $C0_2 + C = 2CO$.
- Часть окиси углерода в процессе движения к колошнику разлагается и снова образует углекислый газ и сажистый углерод ($2CO = C0_2 + Ccaж$), который оседает в трещинах и порах шихтовых материалов. Большая же часть окиси углерода идет на восстановление окислов железа, кремния, марганца и других химических элементов.
- Одновременно происходит реакция взаимодействия влаги воздуха или специально увлажненного дутья с углеродом. Выделяющийся при этом водород также является восстановителем железа, однако существенного влияния на доменный процесс он не оказывает.

- 3) Загруженная в доменную печь шихта попадает сначала в подготовительный пояс (колошник и верхняя часть шахты, имеющий сравнительно невысокую температуру. Она здесь высушивается, теряет химически связанную с рудой влагу, растрескивается, разрыхляется, становится более пористой, что облегчает ее восстановление.
- Опускаясь ниже, шихта попадает в зоны более высоких температур — восстановительный пояс, где идет процесс восстановления железа. Легче всего восстанавливается железо из окисла Fe_2O_3, труднее — из Fe_3O_4 и FeO.
- Процесс восстановления железа окисью углерода (косвенное восстановление) проходит ряд стадий. Сначала окись железа восстанавливается до закиси-окиси железа:
- $3Fe_2O_3 + CO = 2Fe_3O_4 + CO_2$.

- Далее закись-окись железа восстанавливается в закись железа:
- $Fe_3 04 + CO = 3FeO + C0_2$
- Наконец, из закиси восстанавливается железо:
- $FeO + CO = Fe + C0_2$.
- Восстановление железа из руды может происходить также за счет сажистого углерода (прямое восстановление) при температуре 950—1000° С:
- $FeO + Ccaж = Fe + CO$.
- Таким образом, по мере движения железной руды к горну идет постепенное восстановление железа. Чем ниже опускается шихта, тем выше температура в печи и тем активнее идет этот процесс. На уровне распара уже почти все железо восстановлено.

- 4) Восстановленное железо, соприкасаясь с окисью углерода, при температуре 820—850° С науглероживается, растворяя в себе углерод:
- $3Fe + 2CO = Fe_3C + C0_2$.
- При более высоких температурах (выше 900° С) науглероживание может идти и за счет сажистого углерода, проникающего внутрь губчатой железной массы:
- $3Fe + Ccаж = Fe_3C$.
- Образующийся в нижней части шахты и в распаре карбид железа
  Fe_3C способствует науглероживанию железа, растворяясь в нем с образованием чугуна, и тем самым понижает температуру плавления железа.
- Дальнейшее насыщение железа углеродом происходит, когда железо уже находится в расплавленном состоянии. Железо обычно растворяет до 3,5—4% углерода. Сплав железа, содержащий свыше 2% углерода, называется чугуном. В зоне плавки чугун плавится, стекая крупными каплями в горн.

Контрольный вопрос

- Какие физико-химические процессы протекают в доменной печи?

Вспомогательные вопросы

- Что является восстановителем железа в доменной печи?
- В результате каких процессов образуются окись углерода, водород и сажистый углерод?

  * Какие пояса различаются в доменной печи в процессе плавки? Примерные температуры в этих поясах. Какие процессы происходят в каждом поясе?
- Как протекают процессы прямого и косвенного восстановления железа?

  * Для чего часто увлажняется воздух, поступающий в доменную печь?
- При каких температурах и за счет чего идет процесс науглероживания железа? Что образуется при этом?
- Почему температура плавления чугуна ниже температуры плавления железа?

Процессы восстановления других окислов и шлакообразования в доменной печи

1) Наряду с окислами железа в шихте обычно имеются окислы марганца, кремния, фосфора и соединения серы.
В ходе доменного процесса эти соединения вступают в химическое
взаимодействие с углеродом. Реакции эти идут с поглощением тепла, а потому восстановление указанных примесей железной руды происходит при температуре 1000—1200° С.
Восстановленные марганец, кремний, сера и фосфор переходят в чугун.

- Таким образом, выплавленный в доменной печи чугун, кроме железа и углерода, будет включать кремний, марганец, серу и фосфор.
- Если в руде имеются соединения хрома, никеля, титана, они также восстановятся при доменной плавке. Восстановленные хром, никель, титан попадут в чугун и улучшат его механические свойства.
- 2) При нормальном ходе плавки после восстановления и расплавления железа в области распара или верхней части заплечиков начинается образование шлака из пустой породы, золы и серы, кокса и примесей руды.
- Известняк, вводимый в шихту в качестве флюса, при высокой температуре разлагается на окись кальция (CaO) и углекислый газ (CO_2). Окись кальция реагирует с пустой породой (окисями кремния, алюминия и т. п.,) и другими примесями, образуя шлак.

- 3) Регулируя состав получающегося шлака, можно тем самым
регулировать также и состав получающегося чугуна. Если, например, нужно, чтобы в чугуне был высокий процент кремния, процесс ведут так, чтобы в шлак переходило меньшее количество кремнезема.

  Количество образующихся в доменной печи шлаков составляет примерно 50—60% от объема выплавляемого чугуна. Поэтому производительность доменной печи зависит в значительной степени от состава и свойств шлаков.
- **Контрольный вопрос**

  Почему в состав чугуна, кроме железа и углерода, входят кремний, марганец, сера и фосфор?
- **Вспомогательные вопросы**

1. Как идет процесс восстановления различных окислов в доменном процессе? В какой области печи он происходит?
2. Что называется пустой породой? Состав ее.
3. Какие вещества применяются в качестве флюсов? Каков механизм действия флюсов?
4. Какое влияние оказывает состав образующихся шлаков на состав чугуна?

Продукты доменного производства

Продуктами доменного производства являются чугун, шлак и доменный (колошниковый) газ;

1) Основным продуктом доменной плавки является чугун — сложный сплав железа с углеродом и другими химическими элементами. Он используется для изготовления изделий путем отливки (литейный чугун) или для переплавки в сталь (передельный чугун).

2) Полезным побочным продуктом является шлак. В состав шлака входят невосстановившиеся окислы: SiO_2, Al_2O_3 и CaO (они составляют 90—95% шлака), а также MgO, FeO, MnO, CaS. Шлаки бывают основные, состоящие преимущественно из основных окислов (CaO, MgO и др.), и кислые, с преимущественным содержанием кислых окислов (SiO_2, Al_2O_3 и др.).

Кислые шлаки отличаются высокой прочностью. При продувке их воздухом получается шлаковая вата, являющаяся хорошим изоляционным материалом.

Основные шлаки идут на изготовление строительных материалов: цемента, шлаковых кирпичей, гравия.

3) Побочным продуктом является также доменный газ. Примерный состав его при выплавке чугуна на каменноугольном коксе: 12— 20% CO_2, 20—30% CO, 1—4% H_2, 55—58% N_2. Температура уходящих из доменной печи газов 150—300° С. Колошниковый газ является высококалорийным топливом. После очистки он используется в качестве топлива в кауперах, металлургических печах, коксовых батареях. Доменный газ широко

4) Для выплавки 1 т чугуна расходуется около 2—2,2 т железной руды, 0,7—1,1 т кокса, 0,25—0,5 т флюса и около 5 т воздуха. При этом получается, кроме чугуна, 0,6 т шлака, 6—6,5 т (4000— 5000 м3) доменного газа.

5) Производительность доменной печи характеризуется коэффициентом использования полезного объема k — отношением полезного объема доменной печи V (м3) к суточному выпуску чугуна T (т.):

$$k = V / T$$

Чем меньше значение k, тем выше производительность печи, поскольку при одном и том же полезном объеме печи будет получено за сутки большее количество чугуна.

За счет рационализации процессов плавки новаторы довели коэффициент использования полезного объема до 0,6 и даже до 0,4.

6) Значительно повышает производительность доменной печи применение дутья, обогащенного кислородом. Добавление в дутье 25% кислорода увеличивает производительность на 15—20%.

Контрольный вопрос

Какие продукты получаются а доменной печи? Как они используются?

Вспомогательные вопросы

1. Где используются основные и кислые шлаки? Что входит в состав доменного газа? Почему доменный газ требует очистки? Как она производится?
2. * Какое количество сырья и воздуха потребуется для производства 500 т чугуна? Что, кроме чугуна, получится при этом и в каком количестве?
3. Что называется полезным объемом доменной печи?
4. Какие химические элементы входят в состав чугуна?