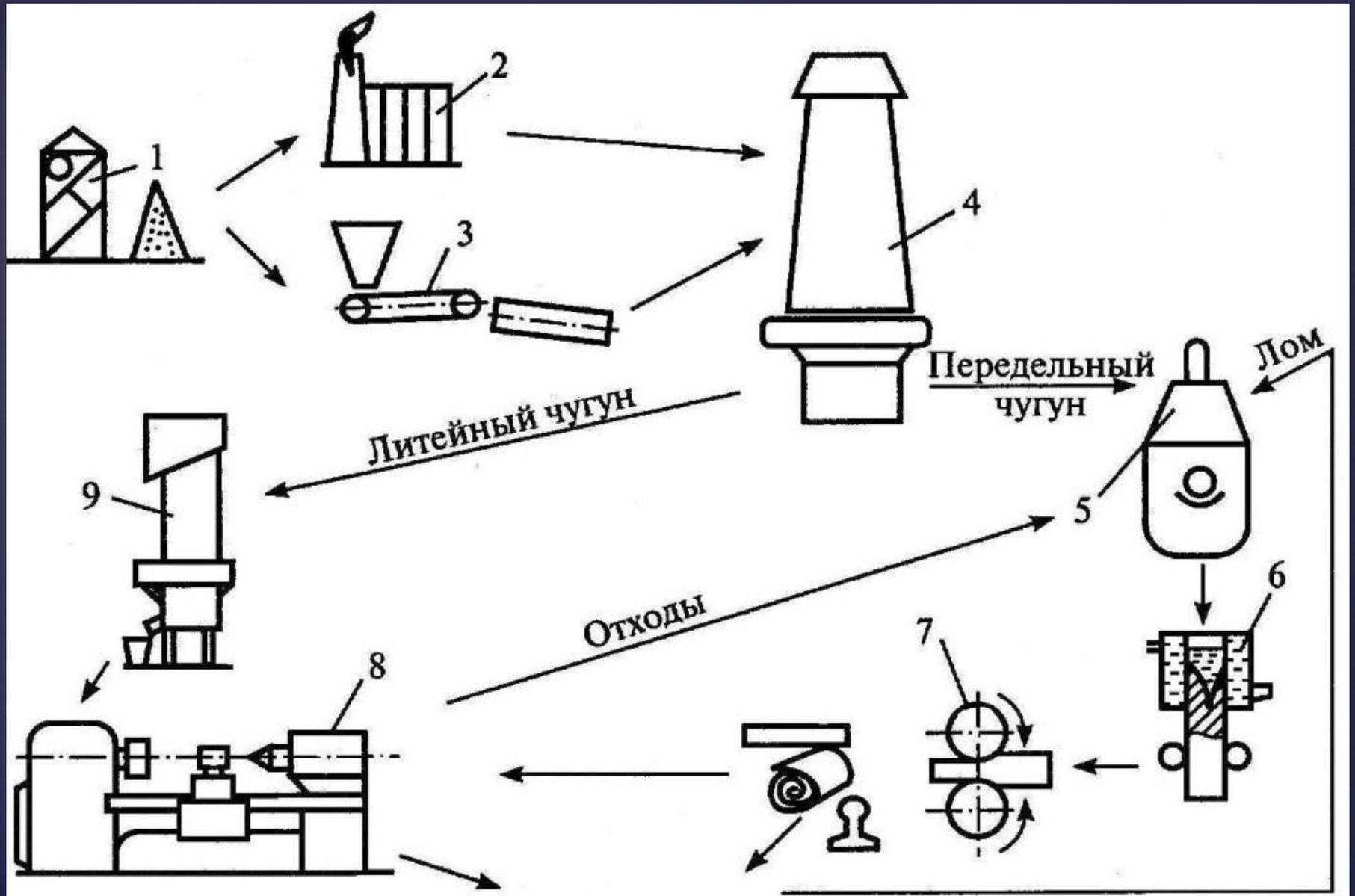


# Производство черных и цветных металлов

Технология конструкционных материалов (ТКМ)- комплексная дисциплина, в которой рассматриваются вопросы способов производства и обработки черных и цветных металлов с целью получения деталей с заданными свойствами и конфигурацией.

## Производство чугуна

Сплавы железа с углеродом, содержащие  $>2.14\%C$ , называют чугунами. Их получают путем восстановления железа из оксидов, содержащихся в рудах. По назначению чугуны подразделяются на передельные ( $\sim 80\%$ , предназначен для переработки в сталь) и литейные (для изготовления литых заготовок).



Связь металлургического и машиностроительного

Руду и уголь (1) направляют на подготовку и переработку, которая для кокса сводится к нагреванию в коксовых батареях (2), а для руды – к ее измельчению, обогащению и окускованию (3). Подготовленные материалы поступают в доменную печь (4), где происходит восстановление железа из оксида. При плавке передельного чугуна, он направляется в сталеплавильные печи, где из него получают сталь (5). Сталь разливается в слитки (6), из которых после прокатки (7) получают заготовки для обработки резанием (8) или готовый продукт (рельсы, прокат). Литейный чугун в виде чушек переплавляется в литейных цехах машиностроительных заводов (9). Из этого чугуна получают литые заготовки, которые проходят мех. обработку и в виде готовых изделий идут на сборку.

# Исходные материалы для доменного производства чугуна:

- железная руда;
- топливо ( твердое);
- флюсы.

Эти исходные материалы называются шихтой.

Железная руда- горные породы, содержащие железо, и пустой породы, в состав которой входят оксиды кремния  $SiO_2$  (кремнезем), алюминия  $Al_2O_3$  (глинозем),  $CaO$  и  $MgO$ . Количество руды определяется содержанием в ней железа, легкостью восстановления его из оксидов, составом пустой породы и концентрации вредных примесей (фосфор и мышьяк).

## Примеси руд:

-полезные( Mn, Cr, Ni, V, W, Mo)

-вредные (P- хладноломкость, S- красноломкость)

## Для производства чугуна используют руды:

Магнитный железняк (магнетит)- смесь двух оксидов железа.

$FeO$  и  $Fe_2O_3$  – содержит до 70% Fe.

Название связано с наличием магнитного оксида  $FeO$ .

Руда темного цвета, прочная и плотная; после измельчения легко обогащается методом магнитной сепарации.

**Красный** железняк- ( гематит) содержит до 60% Fe в виде оксида  $Fe_2O_3$  ( безводная окись Fe ).

Менее плотен, чем магнитит, легко измельчается и восстанавливается.

**Бурый** железняк- руда образуется гидратами оксидов  $Fe_2O_3$  и  $H_2O$ , ( безводная окись Fe ) содержит до 50% Fe.

Доменный процесс рационален при доле железа в шихте не <60%.

**Подготовка руд к плавке** – важный этап.

Их дробят, измельчают, сортируют и обогащают.

**Обогащение**- это удаление разными способами пустой породы. Его осуществляют промывкой, обжигом, магнитной сепарацией, флотацией и гравитацией (пропускают струю  $H_2O$  через дно вибрирующего сита, на котором находится руда).

После обогащения концентрат подвергается окускованию.

Цель - ↑ прочности, ↓ расхода топлива, частичное удаление вредных примесей.

**Виды окускования:** 1. Агломерация - итог кусковой пористый офлюсованный материал- агломерат. 2. Окатывание – окатыши, офлюсованные шарики  $d_{10...15}$  мм.

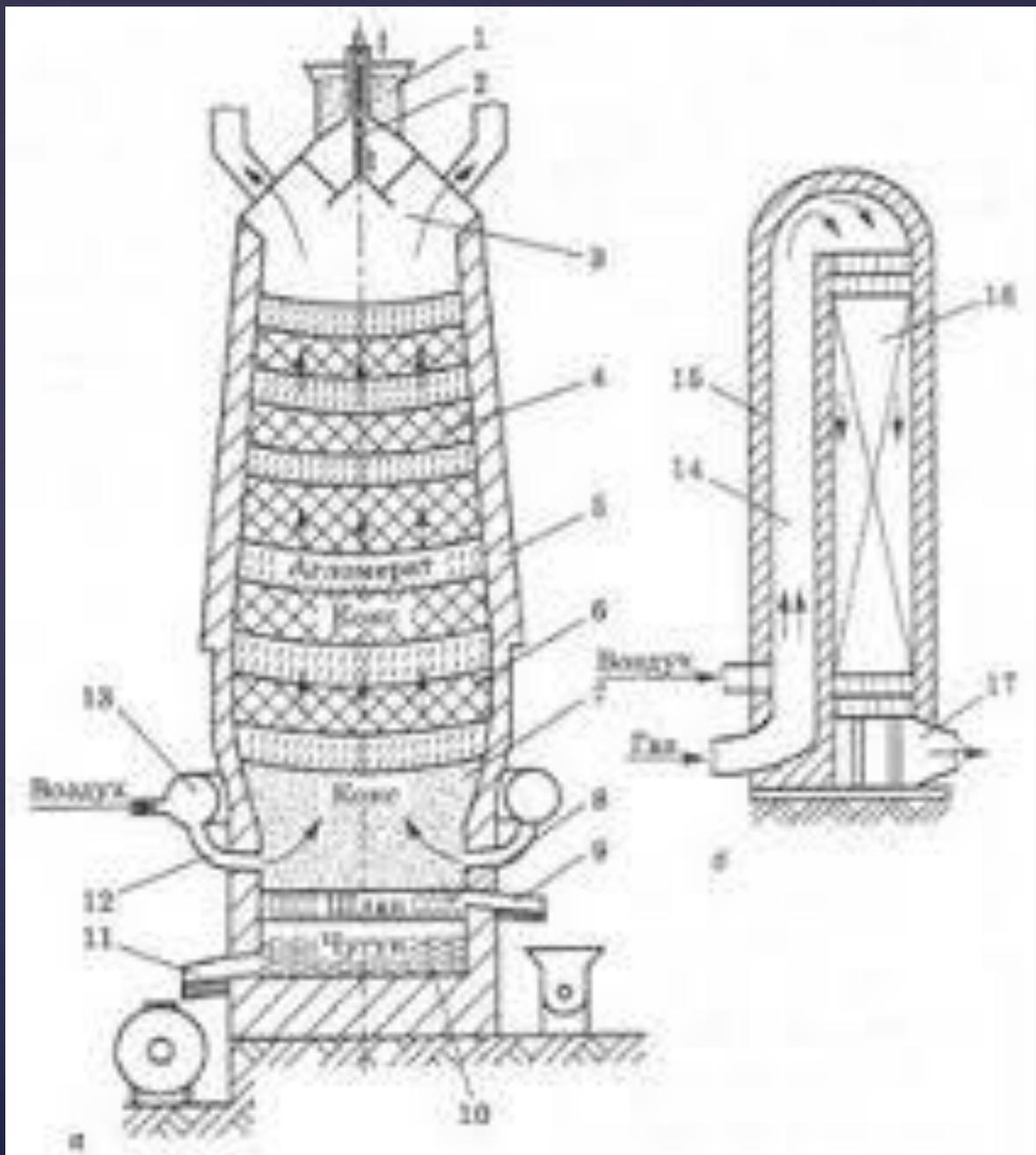
Основным топливом для доменной плавки служит **КОКС** – продукт сухой перегонки каменного угля при  $t = 900^{\circ} \div 1100^{\circ}\text{C}$  без доступа воздуха. Как частичные заменители кокса могут быть использованы природный газ, мазут или пылевидное топливо. Перед коксованием уголь измельчается в дробилках до частиц размером 2-3мм и обогащается. В процессе выдержки при высоких температурах в течении 20 часов происходит удаление летучих веществ и спекание угля в пористую массу размером 20-200мм и пористостью  $\approx 50\%$ . С ↑ пористости ↑ поверхность контакта топлива с кислородом, таким образом активируются процессы горения и возврат  $t^{\circ}$  в рабочем пространстве печи.

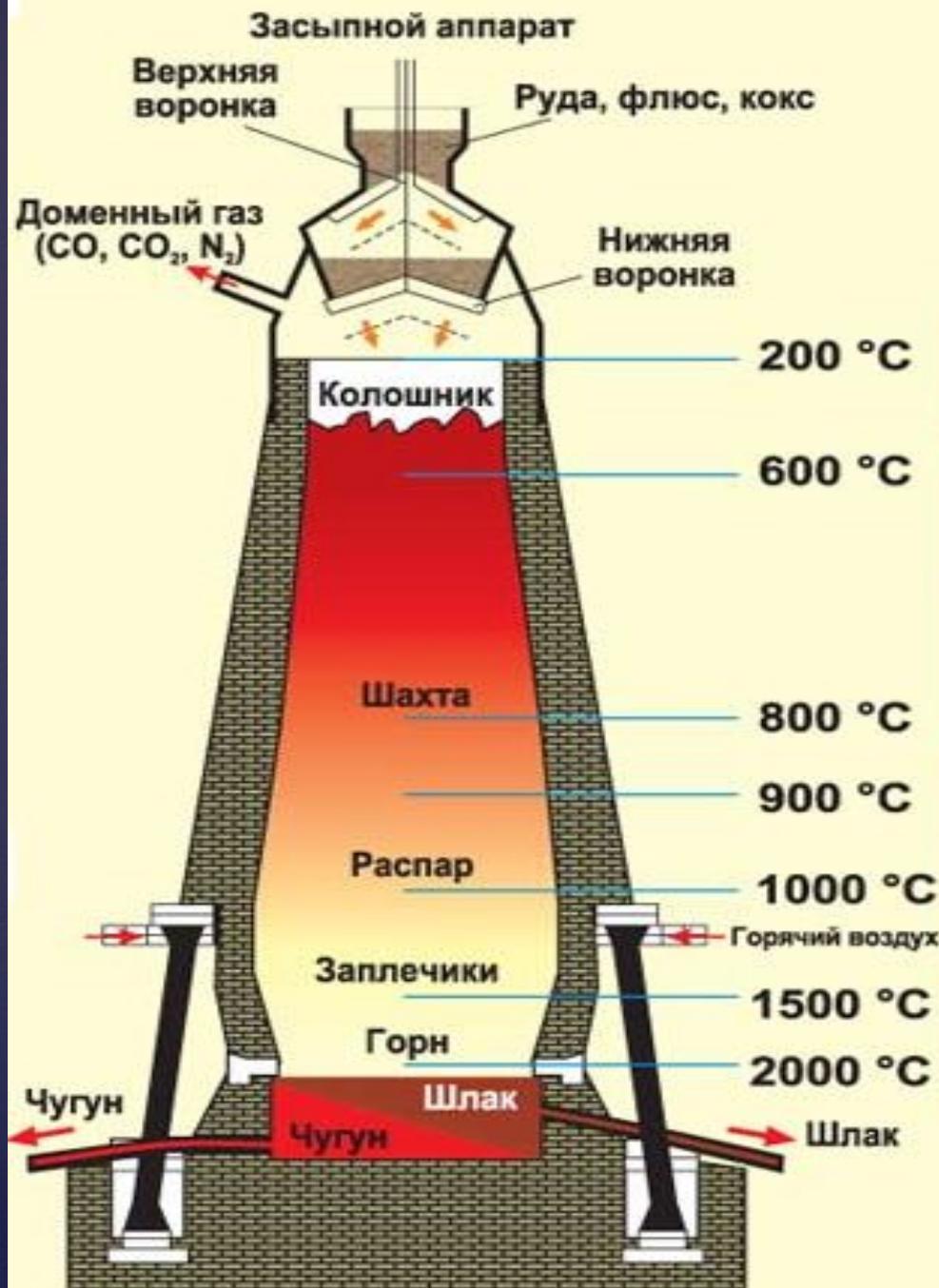
Кокс должен содержать  $\geq 80\%$  углерода и возможно меньше серы (2%), золы (12%), влаги (5%).

**Флюсы** -это специально вводимые в доменную печь материалы, снижающие  $t$  плавления пустой породы и отшлаковывающие золу кокса. Пустая порода вместе с флюсами образует жидкий шлак, чем обеспечивается заданный режим работы печи и очистка чугуна от серы. В качестве флюса используют известняк,  $\text{CaCO}_3$ .

Доменная печь представляет собой шахтную печь круглого сечения объемом  $2000 \text{ м}^3$ . Высота до 35 метров.

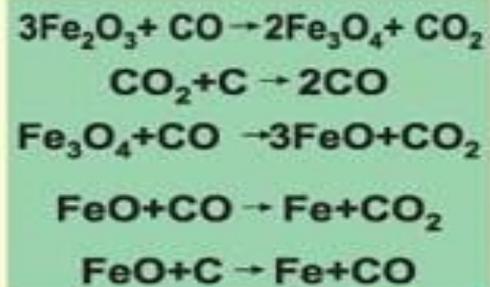
Физико- химические процессы, протекающие в доменной печи, отличаются сложностью. В ней одновременно происходит горение топлива, разложение карбонатов, удаление влаги, восстановление оксидов, образование шлака, науглероживание железа и т.д.





НАГРЕВАНИЕ ШИХТЫ.  
НАЧАЛО ВОССТАНОВЛЕНИЯ  

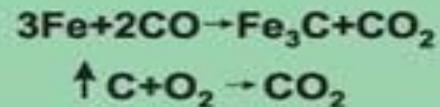
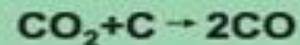
$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{CO}} \text{Fe}_3\text{O}_4 \xrightarrow{\text{CO}} \text{FeO}$$



ШЛАКООБРАЗОВАНИЕ  

$$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$$

$$\text{CaO} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaSiO}_3$$



Работает по принципу противотока . Шихта (руда, кокс+ флюс) подается сверху и по мере плавления руды и выгорания кокса опускается вниз. Воздух, наоборот, вдувается в нижнюю часть печи и перемещается вверх, навстречу шихте.

Стальной корпус изнутри выполнен огнеупорным материалом толщиной=1м ( 5). Шихта 1 подается в загрузочное устройство 2 с двумя прикрепленными камерами и запирающими корпусами, открывающихся попеременно, что исключает прорыв доменных газов в атмосферу. Под загрузочным устройством располагается колошник 3 цилиндрической формы для загрузки печи шахты, доменной ( колошниковой) газ удаляется через газоотводы. Горячий газ нагревая шихту, охлаждается и в районе колошника имеет  $t^{\circ}$  всего 300-400 $^{\circ}$ C.

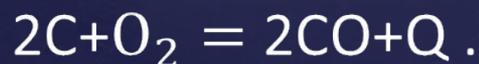
Агломерат, известняк и кокс подаются на колошник через загрузочное устройство (2). Шахта печи представляет собой расширяющуюся книзу конус, что обеспечивает свободное перемещение шихты сверху вниз по мере ее расплавления. В распаре шихта плавится и объем ее уменьшается, в заплечиках образуется губчатое железо. Заплечики, имеющие форму усеченного конуса, сужаются книзу. Губчатое железо стекает в горн, в процессе перемещения оно насыщается углеродом.

Цилиндрический горн состоит из двух частей:

-в верхней установлены формы, через которые подается горячий воздух (дутье) и топливо (жидкое, пыле или газообразное)  $t^{\circ}$  здесь достигает  $2000^{\circ}$ ;

-в нижней зоне собирается жидкий чугун и расплавленный шлак, которые впускают через чугунную 11 и шлаковую 9 летку в ковши.

При сжигании топлива в доменной печи первым процессом является сгорание углерода раскаленного кокса в небольших объемах вблизи фурм, при этом образуется диоксид углерода  $CO_2$  ( он не устойчив), в результате возникает конечный продукт горения кокса – оксид углерода CO



Второй процесс характеризуется восстановлением Fe, H<sub>2</sub>, Si, P и S. Восстановителями является CO, H<sub>2</sub> (образуется в результате взаимодействия углерода на влагу дутья в виде водяного пара) и твердый углерод C. Восстановление оксидов Fe газами используется косвенным, а твердым углеродом -прямым. Восстановленное в доменной печи Fe активно поглощает углерод, что приводит к образованию чугуна:  $3Fe+2CO=Fe_3C+CO_2+Q$

Жидкий чугун стекает вниз и собирается в горне. Пустая порода, известняк и кокс при опускании вниз попадают в зону более высоких температур и на уровне распара расплавляются и образуют жидкий шлак. В получаемом чугуне кроме Fe содержатся полезные Mn, Si и вредные P, S примеси.

Mn восстанавливается твердым углеродом по реакции  $MnO+C=Mn+CO-Q$ .

Восстановление Si осуществляется по реакции:  $SiO_2+2C=Si+2CO-Q$ .

Часть Si и Mn растворяется в чугунах, а часть остается в шлаке. Фосфор, как и Fe, полностью восстанавливается в доменной печи и переходит в металл. В доменном процессе удалению S из металла придается большое значение. Сера вносится в печь коксом (основная доля) и железорудными материалами. Часть S удаляется в виде газов, а большая часть входит в состав шлака CaS и FeS.

FeS растворяется в чугунах.

Главный продукцией доменного производства являются чугуны.

Чугуны делятся на:

-передельные

-литейные

-специальные (ферросплавы)

1.Передельные чугуны выпускаются 3х видов:

- Для сталеплавильного производства (П1 и П2)и литейного производства (ПЛ1 и ПЛ2);

-фосфористый (ПФ 1,ПФ2 и ПФ3);

-высококачественный (ПВК 1,ПВК 2 и ПВК);

Доля углерода в них  $\approx 4\%$

2.Литейные чушковые чугуны- для производства фасонных отливок

-обычные(маркировка Л)

- рафинирование магнием (ЛР)

3.Специальные чугуны (или ферросплавы) применяются для раскисления сталей и легирования. Это сплавы Fe, Si и Mn- ферросилиций и ферромарганец.

Побочными продуктами доменной плавки является: шлак и колошниковый газ.

Из доменного шлака изготавливают шлаковые блоки, цемент, кирпичи, шлаковату и др., для чего его подвергают мокрой грануляции (быстрому охлаждению в  $H_2O$ ).

Колошниковый газ используется в качестве газообразного топлива для нагрева воздухонагревательных доменных печей, водяных и паровых котлов, для отопления мартеновских и нагревательных печей.

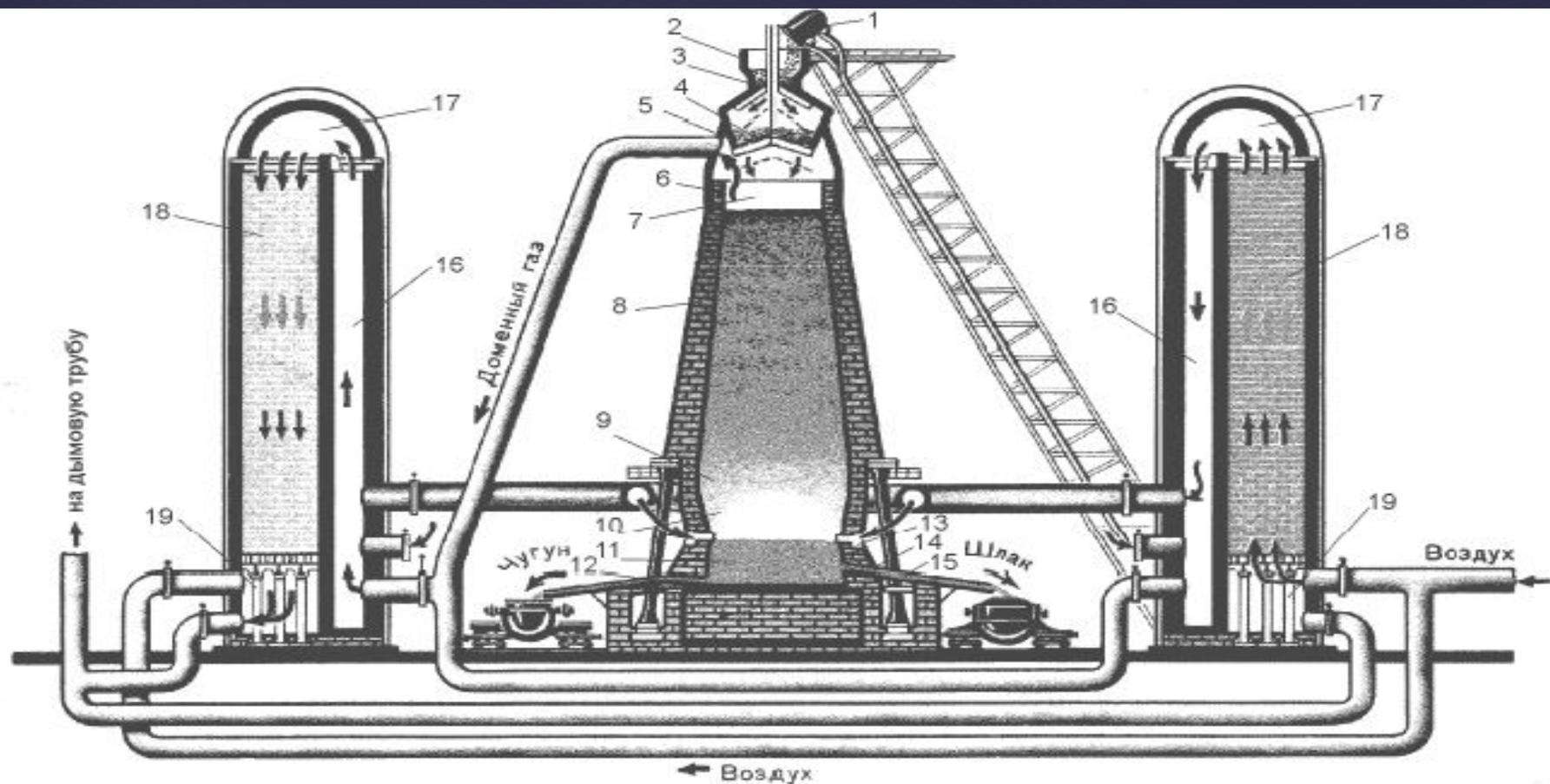


Схема доменной печи:

1 - скип; 2 - приёмная воронка; 3 - малый конус; 4 - большой конус; 5 - воронка большого конуса; 6 - защитные сегменты; 7 - колошник; 8 - шахта; 9 - распар; 10 - заплечики; 11 - горн; 12 - чугунная лётка; 13 - фурма; 14 - шлаковая лётка; 15 - лещадь; 16 - камера горения каупера; 17 - подкупольное пространство; 18 - огнеупорная насадка каупера; 19 - поднасадочное пространство

