

# Тема 1.2. Производство стали



## Содержание учебного материала:

Производство стали в конверторах,  
мартеновских печах.

Производство стали в электропечах.

Сталь – сплав железа с углеродом, с процентным содержанием углерода до 2,14



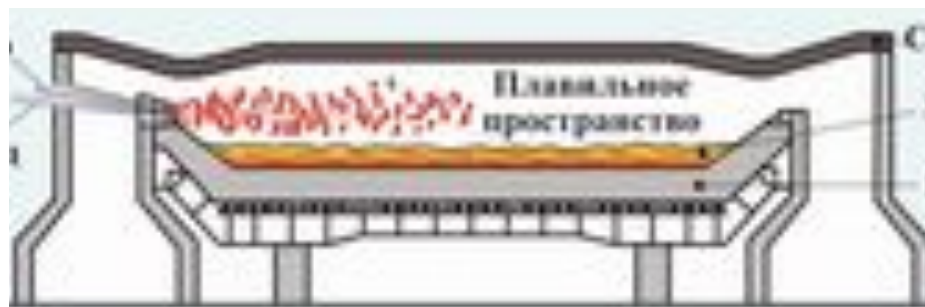
*стали*

# Основные способы производства стали:

1. Конверторный



2. Мартеновский

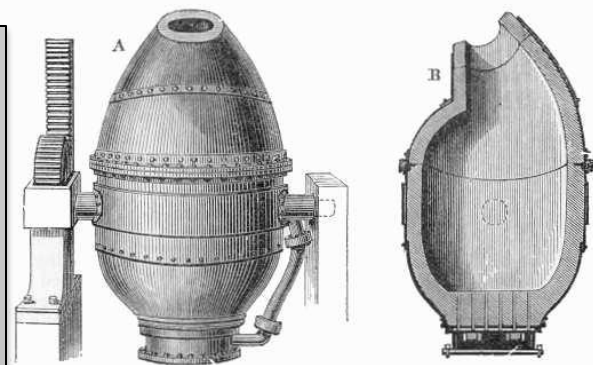


3. Электрический



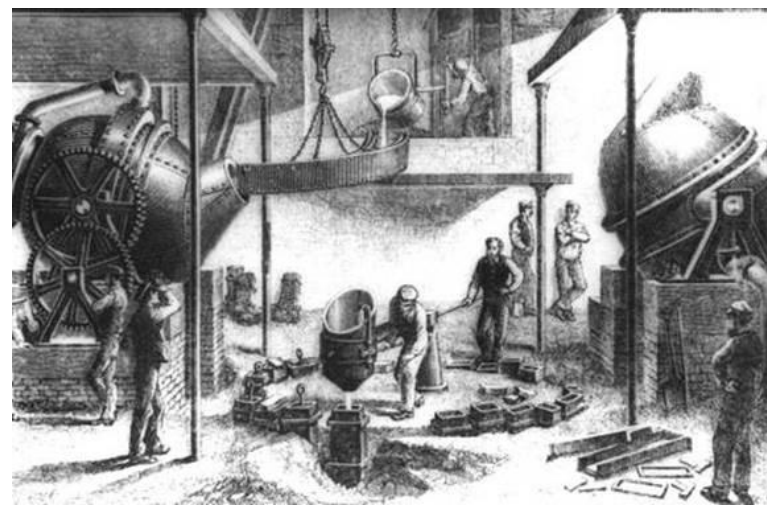


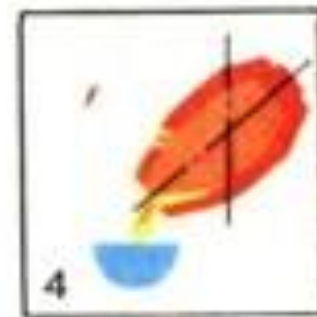
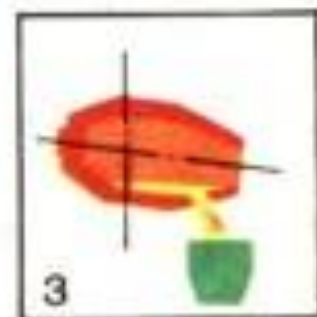
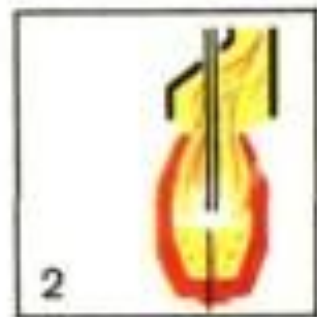
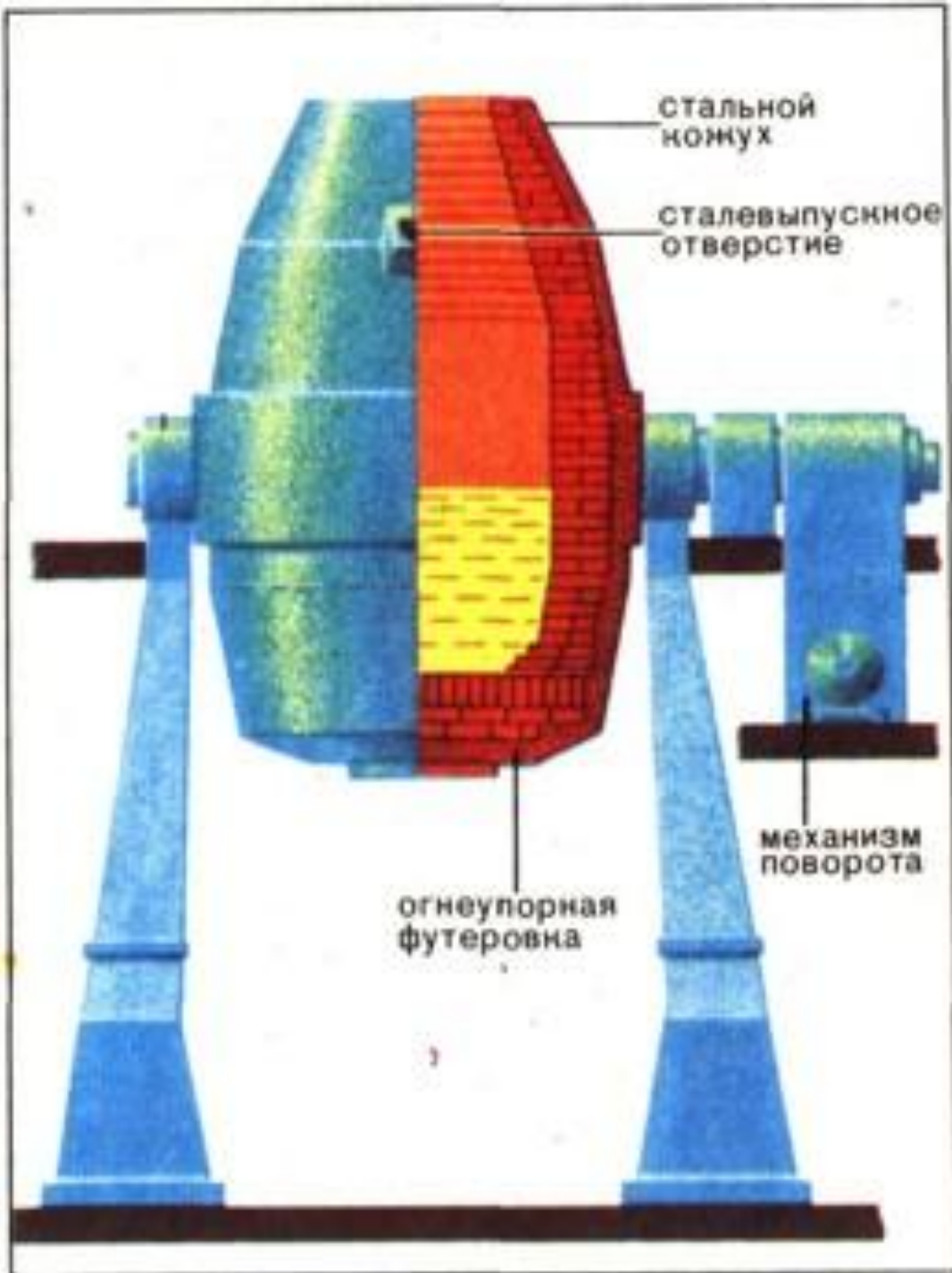
**Изобретателем конвертерного способа считают англичанина Г. Бессемера, впервые осуществившего в 1854—1856 гг. получение стали без расхода топлива, продувкой воздуха через расплавленный чугун.**



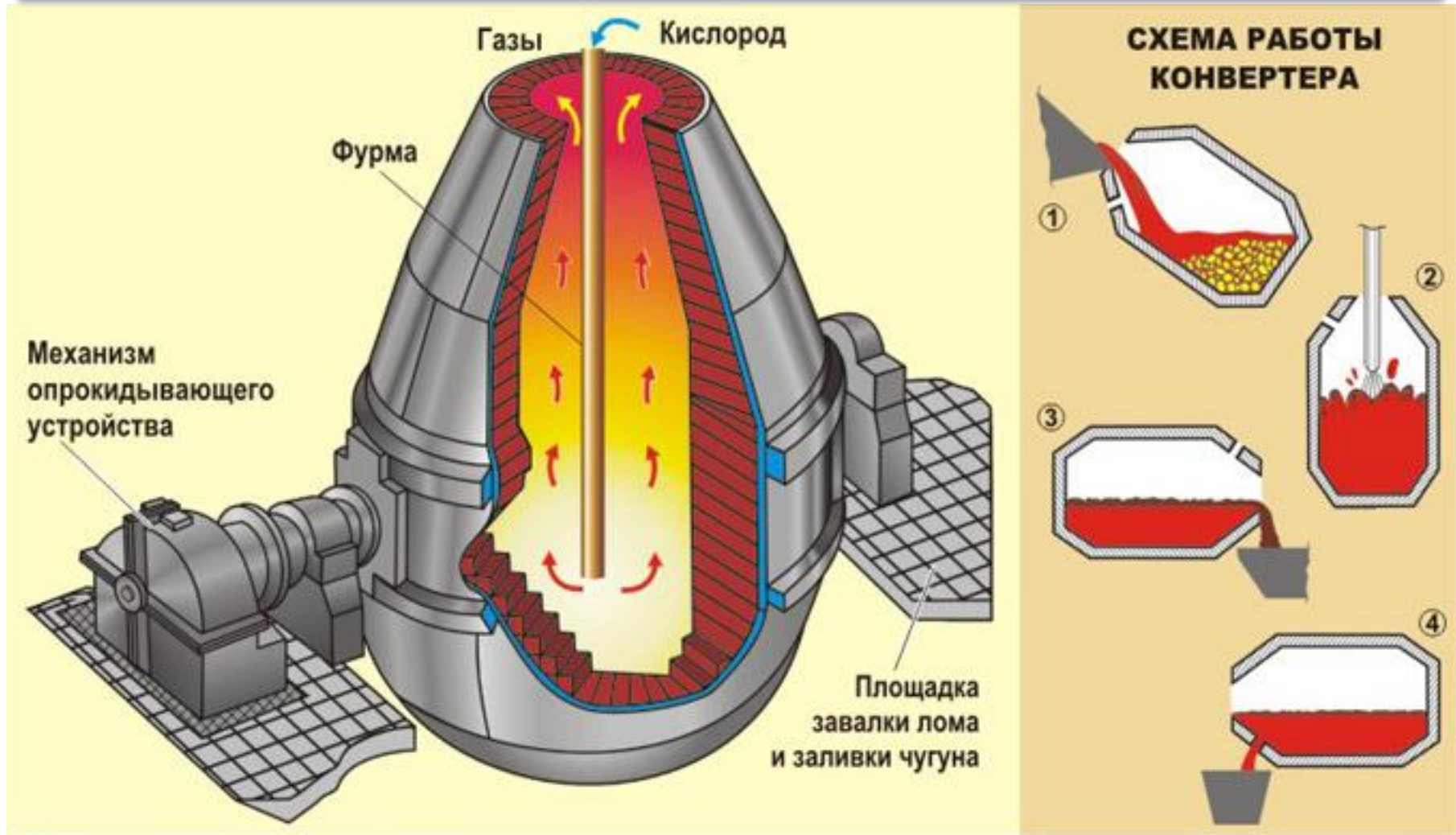
**Перед старыми способами получения стали бессемеровский способ имел два неоспоримых преимущества — очень высокую производительность, отсутствие потребности в топливе. Недостатком бессемеровского процесса является ограниченная гамма чугунов, которые могут перерабатываться этим способом, так как при динасовой футеровке не удастся удалить из металла такие примеси, как серу и фосфор, в том случае, если они содержатся в чугуне.**

**Новым важным этапом, вновь поставившим конвертерные способы на современный уровень и обеспечившим ему повсеместное широкое применение, явилась замена воздушного дутья кислородным.**





# Конвертер с кислородным дутьём

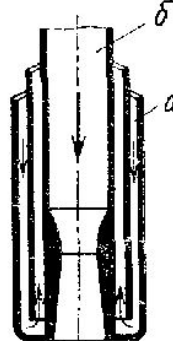
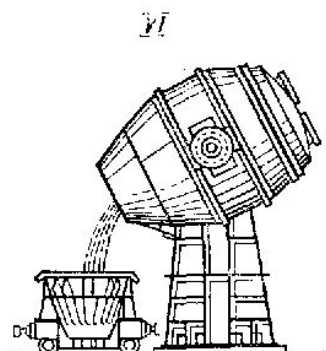
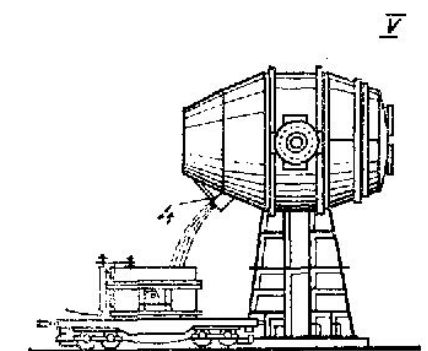
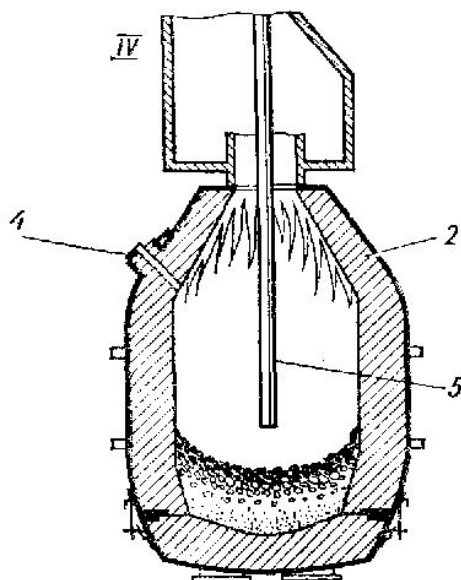
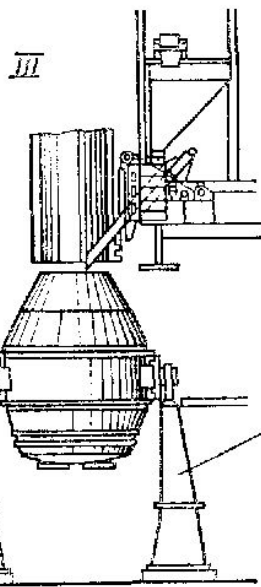
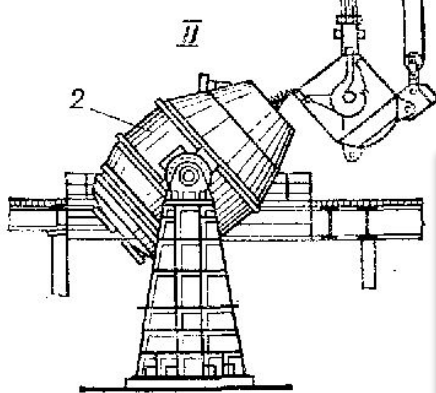
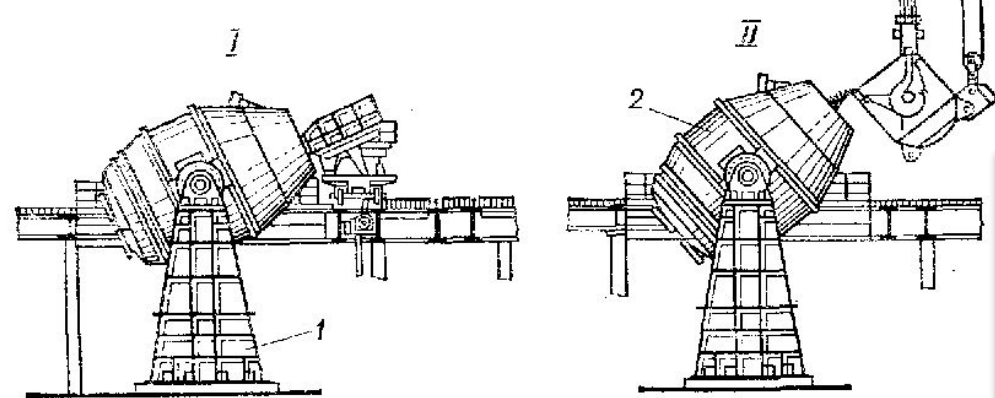


# Конверторный способ

## Получение стали в кислородном конвертере:

- I - завалка лома ~ 3 мин;
- II - заливка чугуна ~ 5 мин;
- III - загрузка извести ~ 1 мин;
- IV - продувка (первый период 16 мин, второй ~ 8 мин);
- V - выпуск стали ~ 5 мин;
- VI - слив шлака (после первой продувки ~ 8 мин, после выпуска стали ~ 3 мин);

- 1 — опорная станина;
- 2 — корпус конвертера;
- 3 — механизм поворота конвертера;
- 4 — выпускное отверстие для стали;
- 5 — водоохлаждаемая фурма для кислорода;
- а — каналы для воды;
- б - канал для кислорода в наконечнике фурмы.



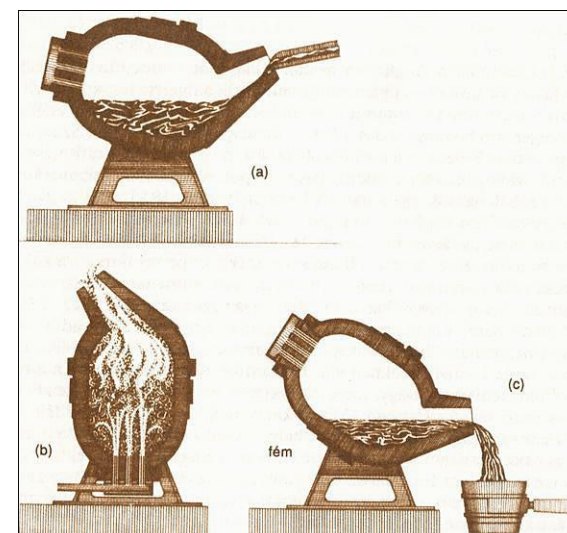
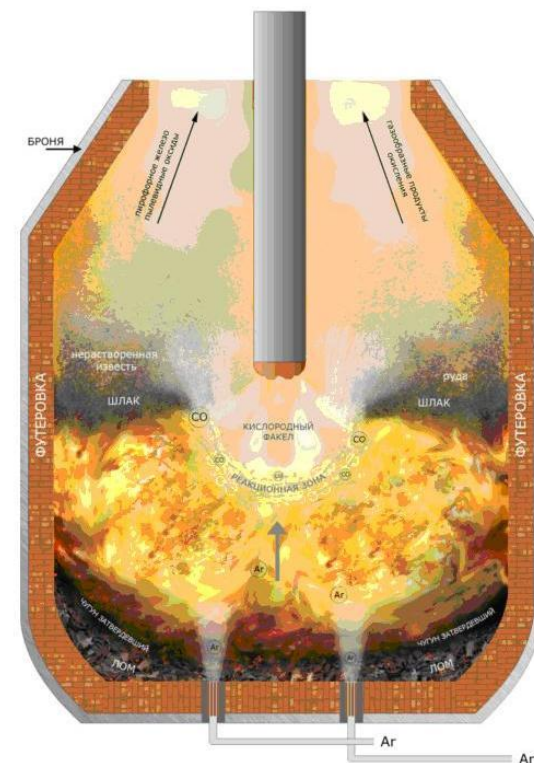
Кислород вдувают в конвертер вертикальной трубчатой водоохлаждаемой фурмой, опускаемой в горловину конвертера, но не достигающей до уровня металла на 1200—2000 мм. Таким образом, кислород не продувается через слой металла (как воздух в старых конвертерных процессах), а подается на поверхность залитого в конвертер металла. Однако и при таком способе подвода кислорода процесс идет очень горячо, что дает возможность перерабатывать чугуны с различным содержанием примесей, а также не только вводить в конвертер жидкий металл, но и добавлять к нему для охлаждения скрап или железную руду (количество скрапа на некоторых заводах доводят до 30 % массы металла).

Конвертор установлен на станине и имеет механизм вращения.

Вначале отделяют кремний, марганец, фосфор, который переходит в шлак, его сливают. Затем вводят известь для отшлакования серы.

Одновременно выгорает углерод. Процесс идет с бурным выделением тепла, поэтому топлива не требуется. Температура достигает 2500°C.

В конце плавки сталь раскисляют, то есть отнимают кислород.





## Преимущества кислородно конверторного способа:

- 1. Не требует больших капитальных затрат.**
- 2. Высокая производительность.**
- 3. Порядка 45 % стали выплавляется этим способом.**



# Мартеновский способ

**Мартеновские печи, предназначенные в основном для выплавки высококачественной стали, строят разной вместимости и производительности (10—500—900 т). В первых печах, предложенных французом П. Мартеном, под, стены и свод выкладывали из диасового огнеупорного кирпича. В 1880 г. в России была построена первая мартеновская печь с подом и стенами из доломитового кирпича, которые затем получили широкое распространение. В современном сталеплавильном производстве для кладки стен и пода печей применяют и кислые, и основные огнеупоры (этим отличается устройство основных и кислых мартеновских печей), а своды делают из термостойкого хромомагнезитового кирпича. Ванна печи, удерживающая расплавленные материалы, имеет сферическую форму, и ее длину и ширину обычно определяют на уровне порогов садочных окон, через которые и производят загрузку в печь твердых материалов. Современная 500-тонная печь имеет ванну длиной 16,4 м, шириной 5,9 м и глубиной более 1 м. Производство этой длины на ширину принято считать условной площадью пода мартеновской печи.**



**МАРТЕН (Martin) Пьер (1824-1915)  
французский металлург**

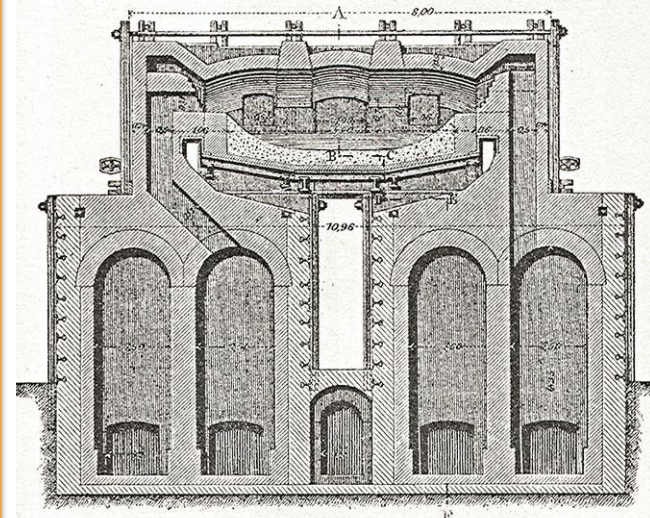
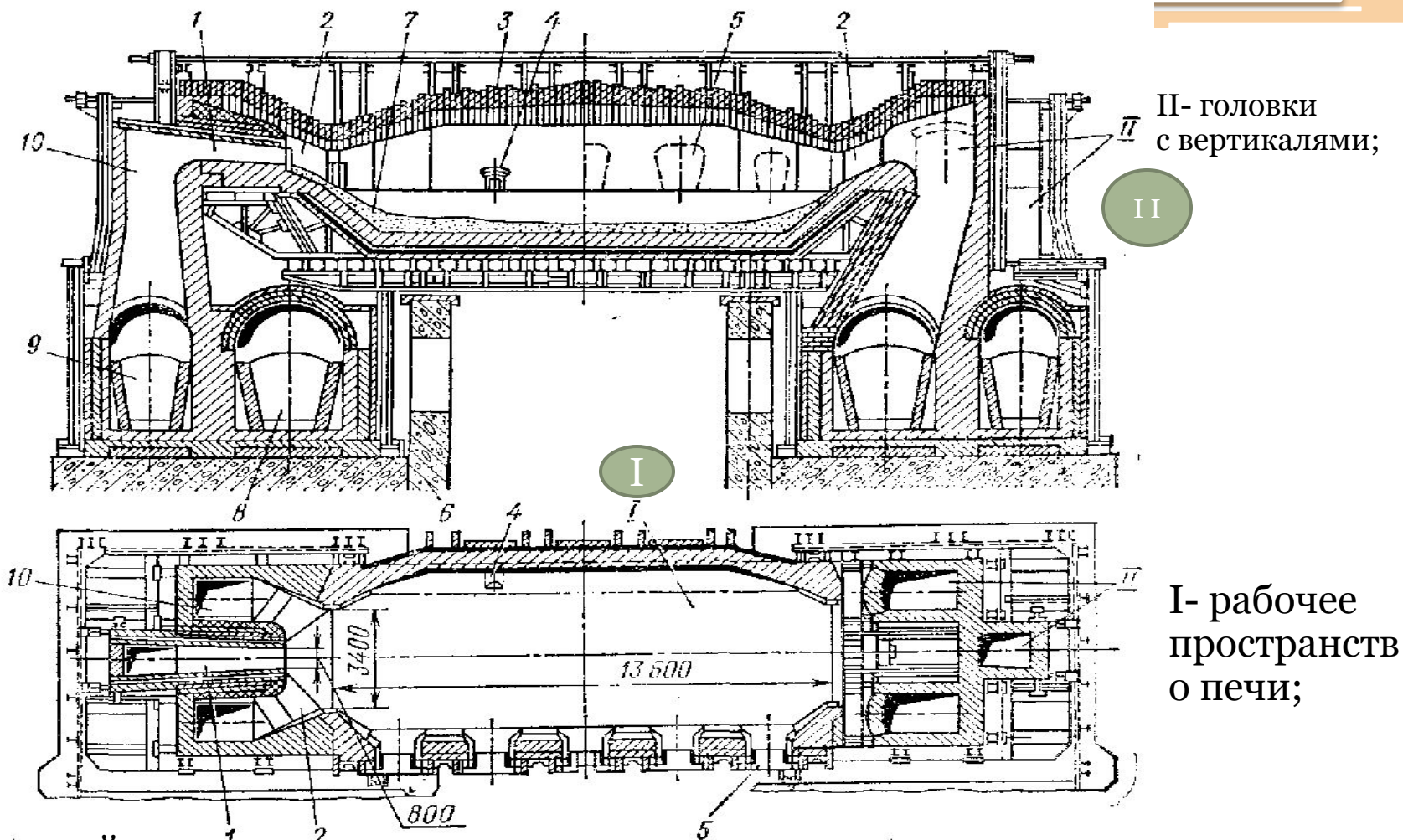


Fig. 295. — Four Martin de 15 t., échelle de 1/120. (Coupe longitudinale.)

# Мартеновский способ



1- газовый канал  
головки;  
2- воздушный канал;  
3-свод печи;  
4-лётка;  
5- загрузочные окна;

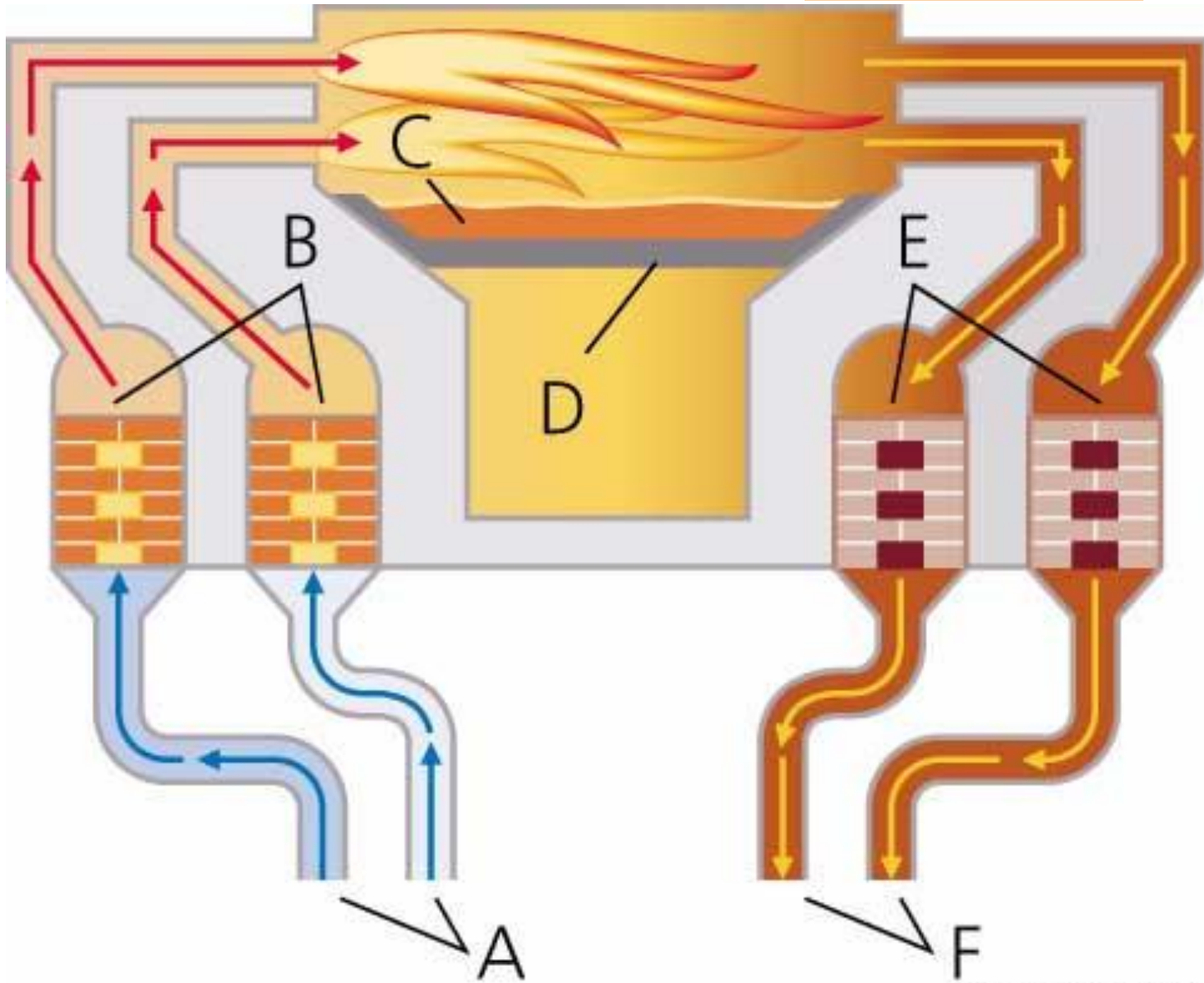
6- бетонные опоры;  
7- откос пода;  
8- шлаковики воздушного регенератора;  
9- шлаковики газового регенератора;  
10- вертикальные каналы.

II- головки  
с вертикалями;

I- рабочее  
пространств  
о печи;













# Мартеновский процесс состоит:

1. Плавление
2. Кипение
3. Раскисление

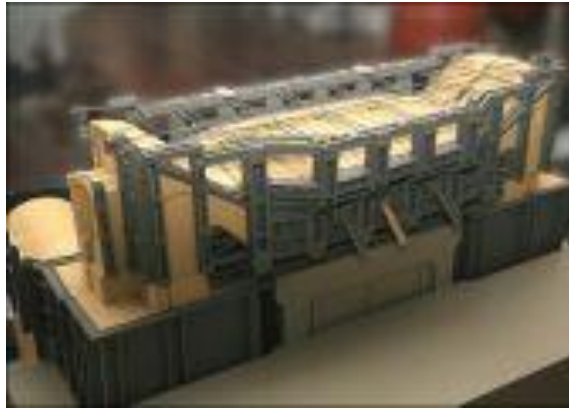
Во время **плавления** окисляются кремний (Si), марганец (Mn), сера (S), фосфор (P). Окислы соединившись с флюсами переходят в шлак.

Затем выгорает углерод и происходит **кипение** металла.

В процессе кипения добиваются нужного химического состава.

В конце плавки сталь **раскисляют**, то есть отнимают кислород от железа.

**Если в мартеновской печи выплавляют легированную сталь, после раскисления в нее вводят легирующие элементы: ферротитан, феррохром, ферросилициум и др. Для получения никелевой стали вводят чистый никель.**



**Мартеновский способ** получил широкое применение благодаря возможности использования **различного сырья** и **разнообразного топлива**.

Различают **скрап-процесс**, если его шихта состоит из стального лома (60—70 %) и твердого чушкового чугуна (30—40 %). Эта разновидность процесса применяется на заводах, не имеющих доменного производства и жидкого чугуна.

**Скрап-рудный процесс**, характерный тем, что его шихта состоит из 20—50 % скрапа и 80—50 % жидкого чугуна. Процесс называют скрап-рудным потому, что для ускорения окисления примесей чугуна в печь загружают богатую железную руду в количестве 15—30 % массы металлической части шихты.

Вводят флюсы, главным образом известняк.

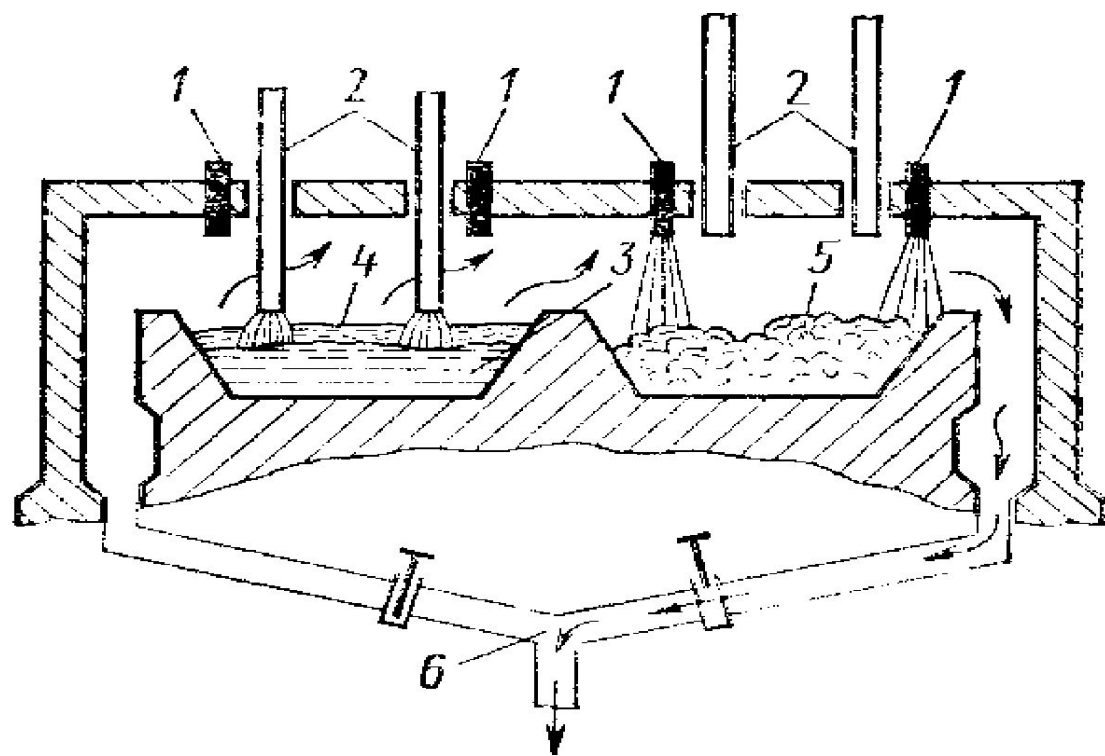
Топливом служат газы: доменный, коксовальный, природный, а так же мазут и нефть.

Скрап-рудный процесс в кислой и основной мартеновских печах проходит различно (меняется состав флюсов и некоторых других шихтовых материалов, по-разному идет окисление примесей). Поэтому различают кислый и основной мартеновские процессы.

**Главное преимущество мартеновского способа** - его универсальность как в возможности выплавки широкого сортамента углеродистых и легированных сталей, так и в использовании исходных материалов. Мартеновские печи разной мощности принято сравнивать по суточной производительности, отнесенной к площади пода печи, т. е. суточному съему стали с 1 м<sup>2</sup> условной площади пода. В настоящее время эта цифра достигает 11—12 т, а с применением кислорода она еще выше. Общая продолжительность плавки 220—260 т стали составляет 7—10 ч при расходе условного топлива 130—150 кг на 1 т стали.

**Основными недостатками мартеновского процесса** следует считать большую продолжительность процесса и значительный расход топлива. Поэтому важна автоматизация мартеновских печей, особенно их теплового режима. Эти меры приводят к уменьшению расхода топлива, особенно его дорогих компонентов. Совершенствованию и ускорению мартеновского процесса способствует применение кислорода.

В последнее время начали применять двухванновые мартеновские печи. В печь над обеими ваннами устанавливают газовые горелки и опускающиеся через свод водоохлаждаемые фурмы для продувки кислорода.



### Схема работы двухванновой мартеновской печи:

- 1 - газовые форсунки;
- 2 - кислородные  
фурмы;
- 3 - расплавленный  
металл;
- 4 - шлак;
- 5 - твердая шихта;
- 6 - дымоход

Двухванновые 500-тонные печи Магнитки за час производят ~ 200 т стали и расходуют 64 м<sup>3</sup>/т кислорода и 14 кг/т условного топлива; таким образом, двухванновые мартеновские печи по своей производительности близки к мощным кислородным конвертерам.

# Плавка в электрических печах

**Электроплавка** важнейший способ получения стали высокого качества. **Электроплавка** имеет ряд преимуществ перед мартеновским и конверторным способами.

## Преимущества:

1. Высокая температура позволяет вводить большое количество флюсов, что обеспечивает более полное удаление серы и фосфора.
2. Отсутствие окислительной атмосферы уменьшает содержание окислов железа в стали.
3. В электропечи можно получить сталь легированную тугоплавкими элементами.

Электроплавка проводится в дуговых и индукционных печах.

Сталь выплавляется из металлического лома при добавлении чугуна для науглероживания, железной руды для окисления примесей.

Флюсом служит известняк.

## Процесс плавки состоит в следующем:

**1. После загрузки печи к электродам подводят ток, возникает электрическая дуга с температурой 3500 °С.**

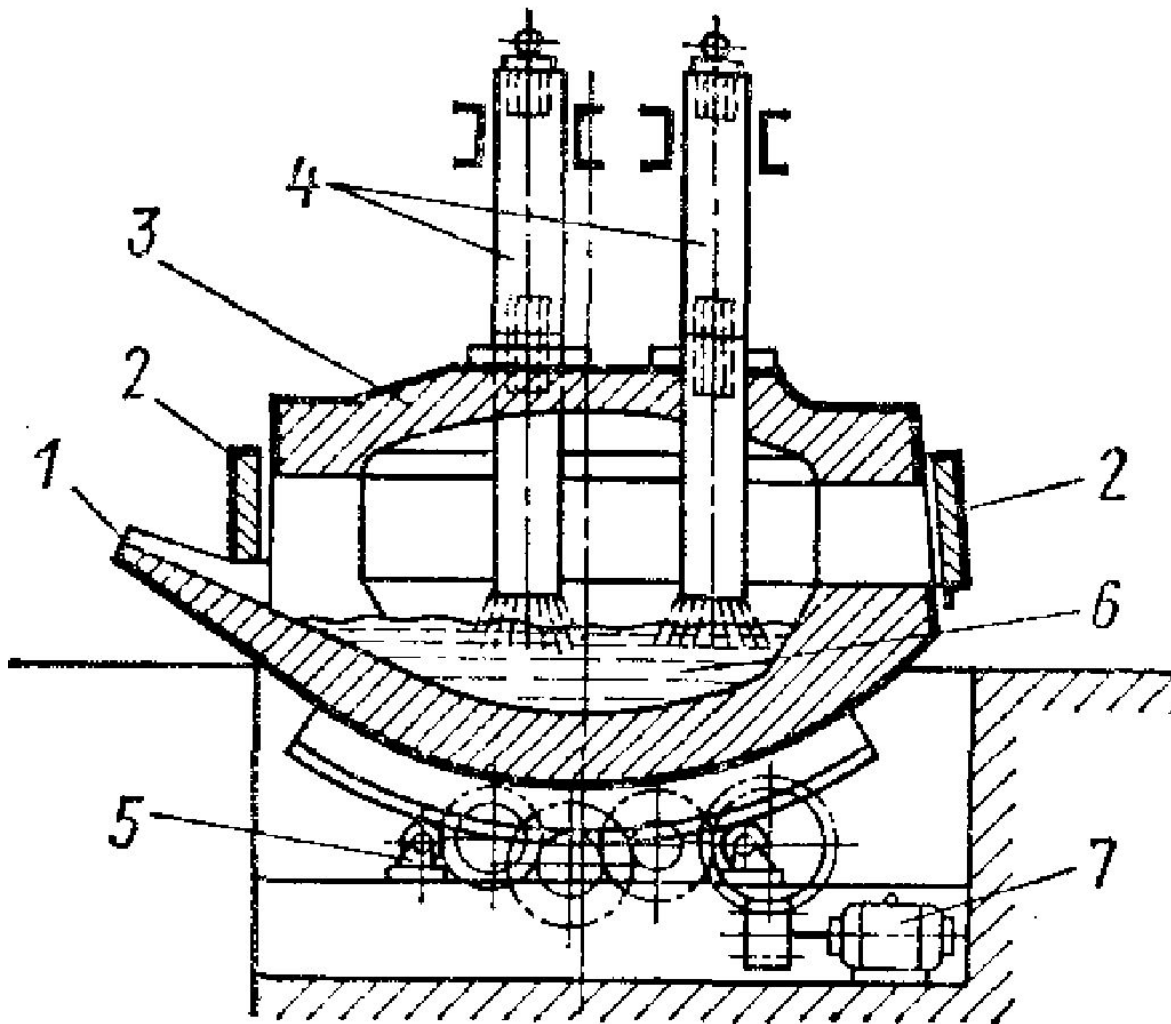
**2. Начинается плавление металла. Окисляются кремний (Si), марганец (Mn), фосфор (P).**

**3. Происходит науглероживание металла и его раскисление. Затем удаляют серу.**

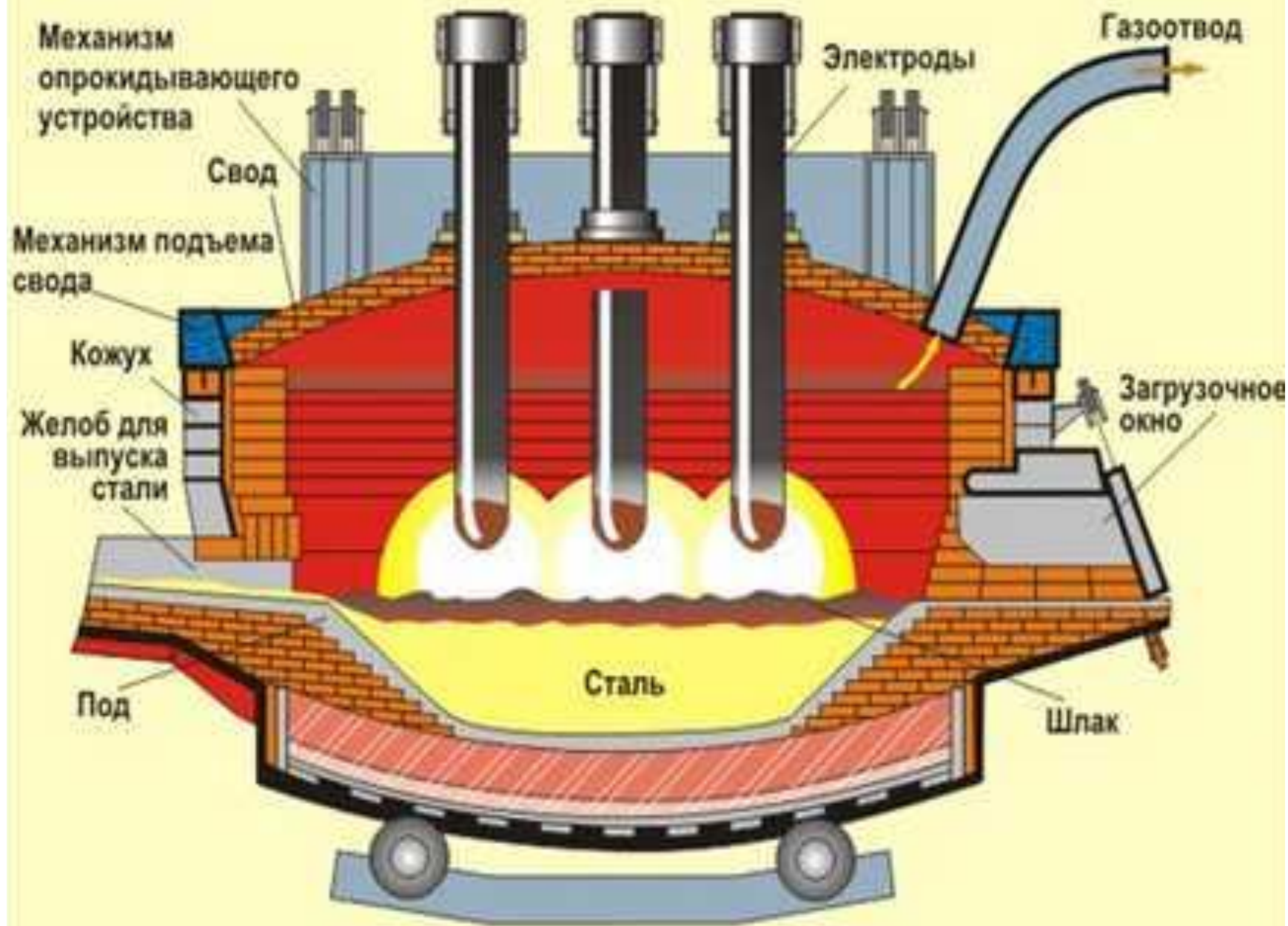
**4. В конце плавки сталь окончательно раскисляют и доводят до получения нужного состава.**

*При плавке легированной стали в печь вводят специальные ферросплавы: ферротитан, феррохром, ферросилициум и др. Для получения никелевой стали вводят чистый никель.*

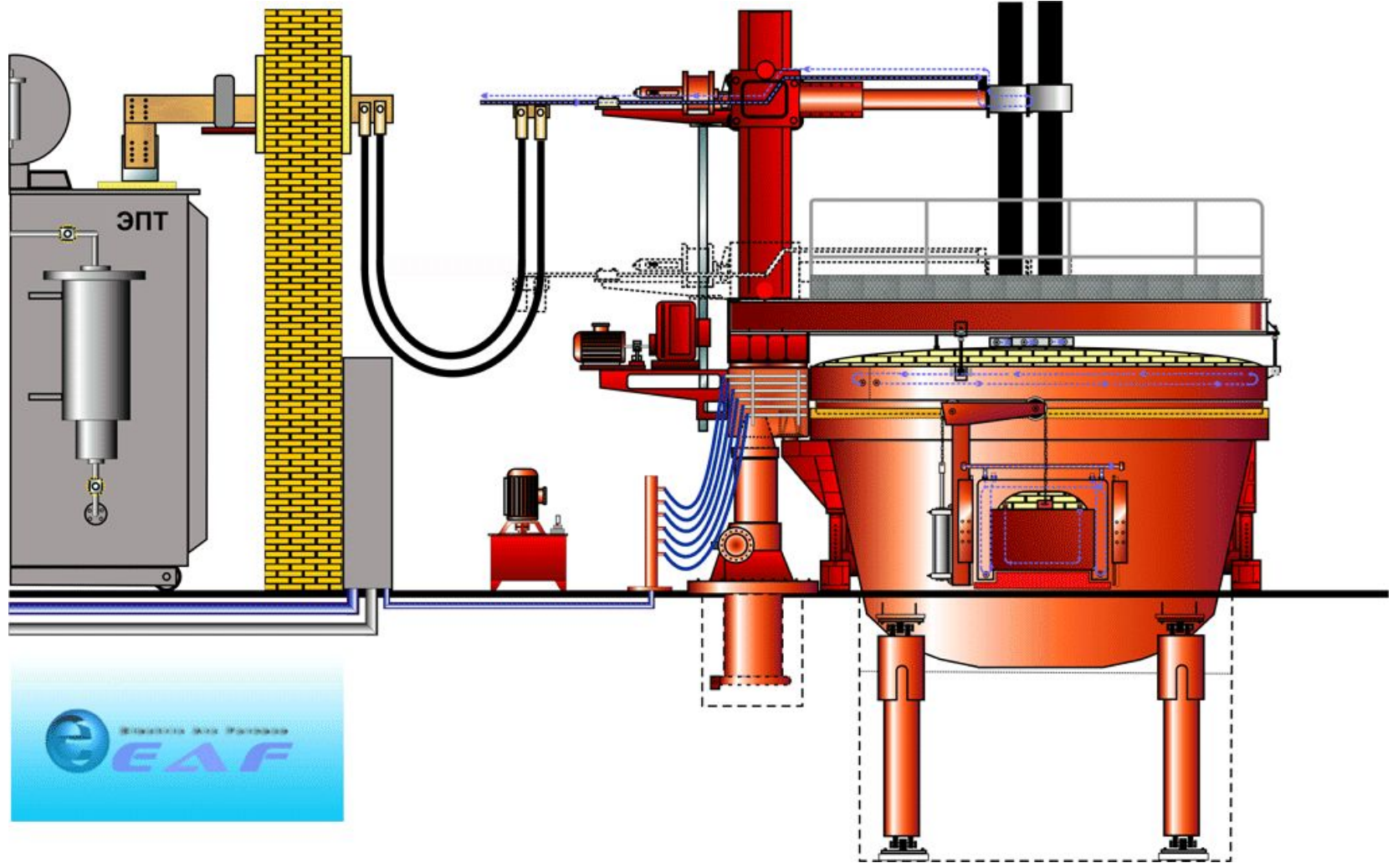
## Схема дуговой электропечи:

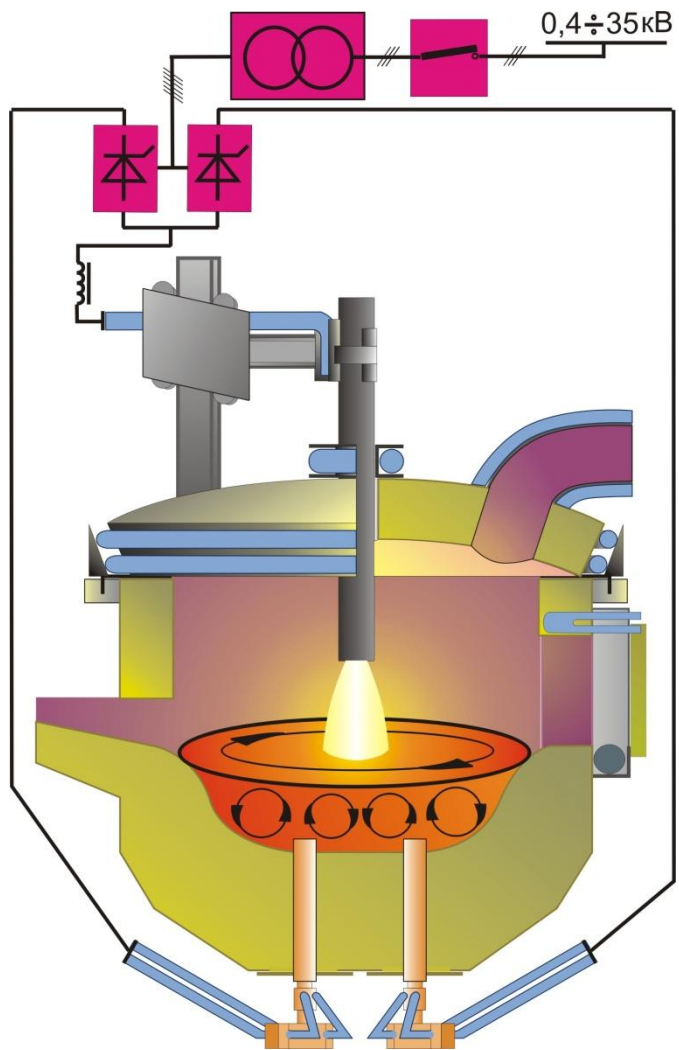


- 1 - выпускной желоб;
- 2 - дверка;
- 3 - свод;
- 4 - три электрода;
- 5 - опорные ролики;
- 6 - металл;
- 7 - электродвигатель для наклона печи









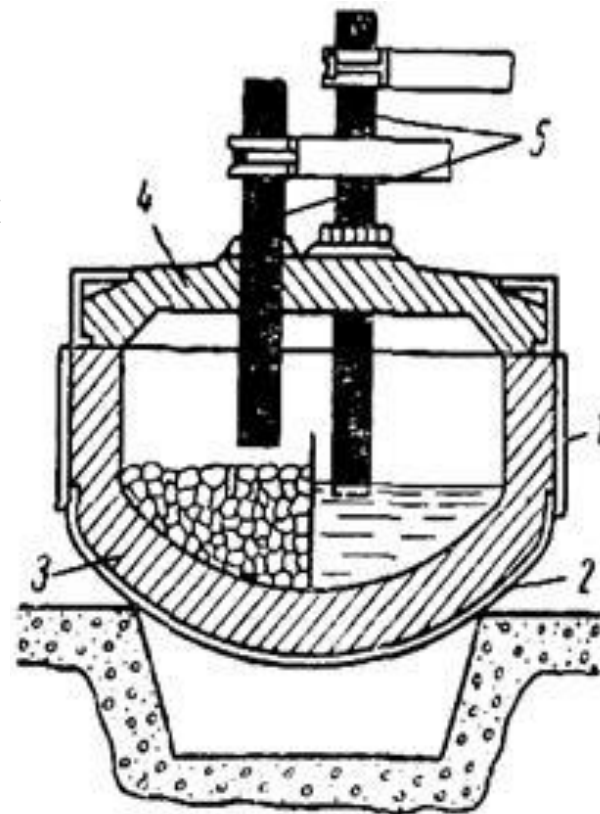




Дуговая электропечь одета стальным кожухом **2** и выложена огнеупорным кирпичом **3**. Рабочее пространство печи сверху ограничено сводом **4**, снизу — подом. Свод печи съемный. Через него пропущены электроды **5**. Современные электропечи работают на трехфазном переменном токе и потому имеют три электрода.

Применяют угольные или графитовые электроды диаметром 200—500 мм. В передней стенке печи находится завалочное окно **1**, которое служит для завалки шихты и наблюдения за ходом плавки. Для выпуска металла в задней стенке имеется отверстие с желобом **1**. Для наклона печи служит механизм.

Кладку электросталеплавильных печей делают либо основной— при выплавке главным образом высококачественных и легированных сталей для производства слитков, либо кислой — при выплавке углеродистых и низколегированных сталей для фасонного литья.





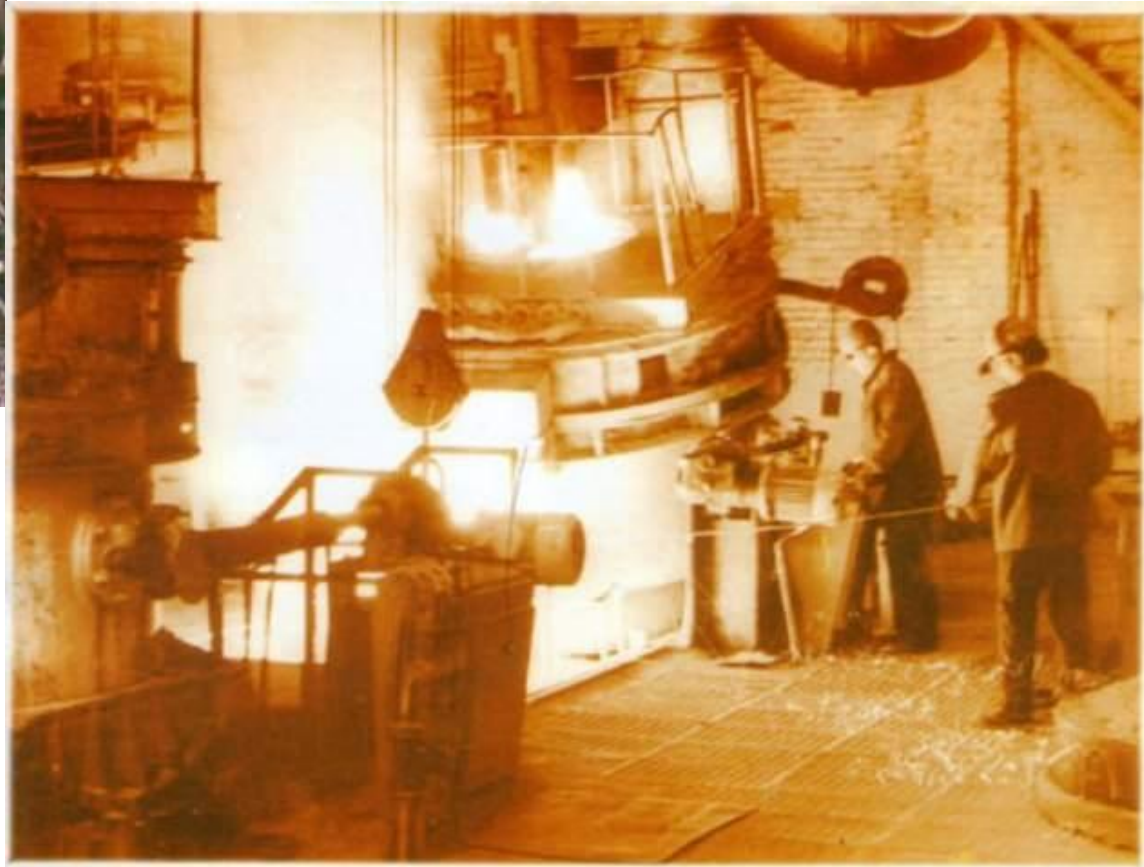


Дуговая сталеплавильная электропечь ДСП-30



Дуговая сталеплавильная электропечь ДСП-100

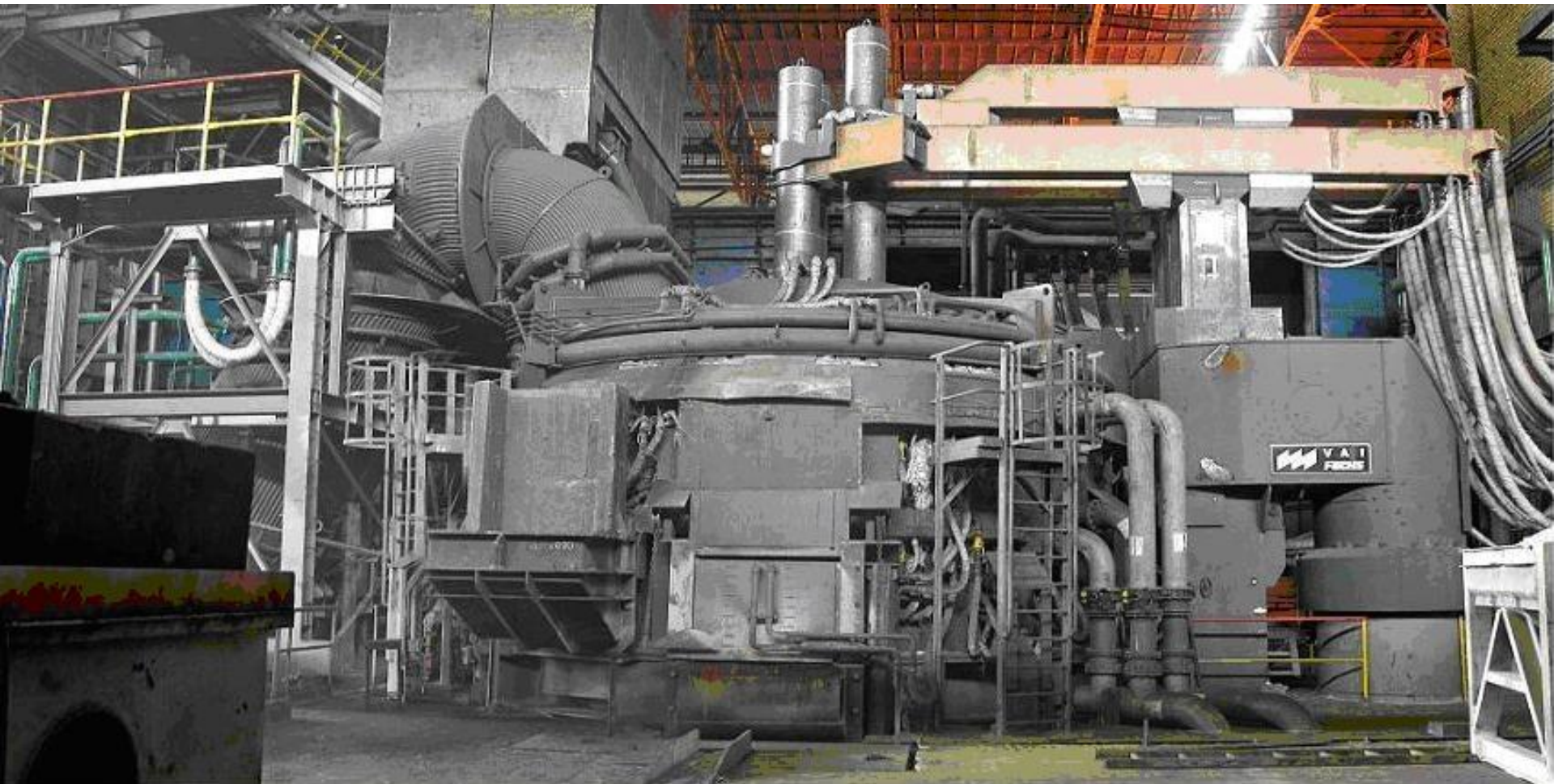




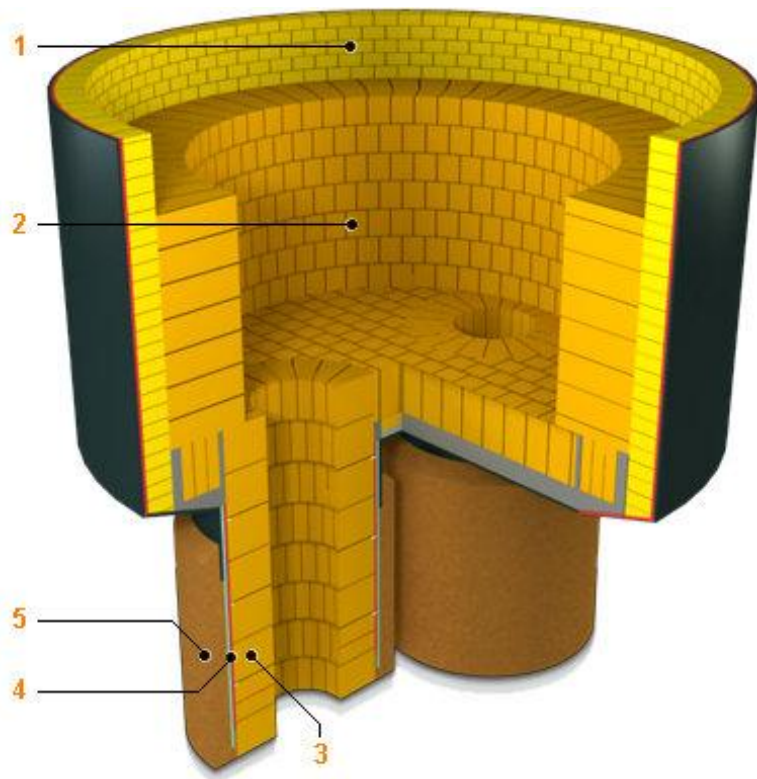




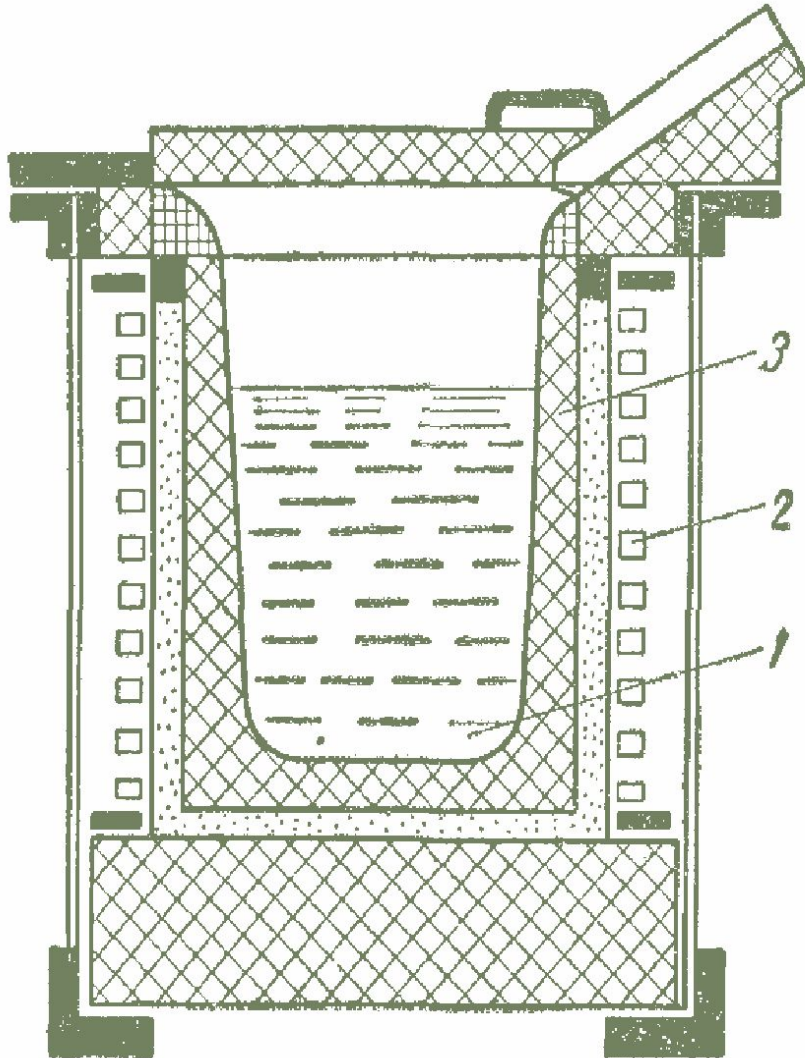




# Вакууматор для улучшения свойств стали



## Схема индукционной электропечи:



**Индукционные печи** применяют для выплавки высоколегированных сталей и сплавов с низким содержанием углерода, а также для производства тонкостенного фасонного литья специальными методами (по выплавляемым моделям, под давлением и т. п.). Принцип действия индукционной печи заключается в том, что под действием переменного тока, подводимого к первичной катушке (индуктору) 2, во вторичном кольце (расплавляемый металл 1, находящийся в тигле 3) индуцируется ток, энергия которого создает высокую температуру. Благодаря этому шихта расплавляется быстро и процесс плавки ускоряется.

## ПРОВЕРКА УСВОЕНИЯ

1. Дайте определение стали.
2. Какие способы производства стали вы знаете?
3. Расскажите технологию выплавки стали в конверторе.
4. В чем отличие конверторного способа от кислородноконверторного?
5. Перечислите достоинства кислородно конверторного способа производства стали?

## ПРОВЕРКА УСВОЕНИЯ

1. Расскажите технологию выплавки стали в мартене.
2. Что такое скрап процесс и скрап - рудный процесс?
3. Расскажите технологию выплавки стали в дуговой электропечи.
4. В чем преимущество электроплавки?
5. Перечислите достоинства мартеновского способа производства стали?

## **Задание на дом**

- 1. Остапенко «Технология металлов» § 25-27, стр.62-74;**
- 2. Кузьмин «Технология металлов и конструкционные материалы» Глава V § 1-3 стр. 39-52.**



