

A blurred background image of a steel mill. Two large, glowing orange-red molten metal ladles are visible in the foreground, with bright sparks and light emanating from them. The background shows industrial structures and machinery, all out of focus.

# ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ

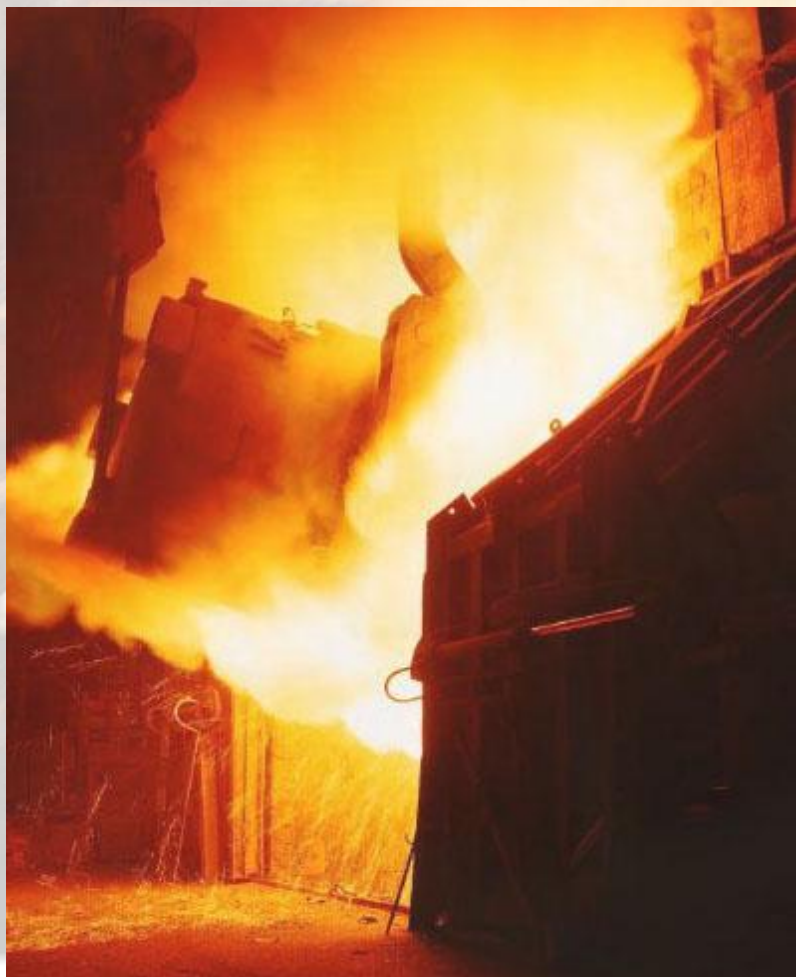
# ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ

Сталью называется сплав железа с углеродом, с содержанием углерода менее 2,14%.

Низкоуглеродистые - до 0,3% С.

Среднеуглеродистые - 0,3...0,5% С.

Высокоуглеродистые - свыше 0,5% С.



# КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛИ

**СТАЛЬ**

**ПО НАЗНАЧЕНИЮ**

-КОНСТРУКЦИОННАЯ,  
-ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ  
,  
-СПЕЦИАЛЬНАЯ.

**ПО КАЧЕСТВУ**

-ОБЫЧНОГО КАЧЕСТВА,  
-КАЧЕСТВЕННАЯ,  
-ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННАЯ,  
-ОСОБОВЫСОКОКАЧЕСТВЕННАЯ.

**ПО ХИМИЧЕСКОМУ  
СОСТАВУ**

**УГЛЕРОДИСТАЯ**

-НИЗКОУГЛЕРОДИСТАЯ  
( $C < 0,25\%$ ),  
-СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТАЯ  
( $0,25\% < C < 0,45\%$ )  
-ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТАЯ  
( $0,45\% < C < 0,75\%$ )

**ЛЕГИРОВАННАЯ**

-НИЗКОЛЕГИРОВАННАЯ  
( $ЛЭ < 2,5\%$ ),  
-СРЕДНЕЛЕГИРОВАННАЯ  
( $2,5\% < ЛЭ < 10\%$ )  
-ВЫСОКОЛЕГИРОВАННАЯ  
( $ЛЭ > 10\%$ )



Сущностью любого металлургического передела чугуна в сталь является снижение содержания углерода и примесей (Si, Mn, P и S) путем их окисления и перевода в шлак и газы в процессе плавки.

Материалы	C	Si	Mn	P	S
Передельный чугун	4...4,4	0,75...1,25	До 1,75	0,15...0,3	До 0,07
Сталь низкоуглеродистая	0,15...0,22	0,12...0,3	0,4...0,65	До 0,05	До 0,05

# Способы производства стали

```
graph TD; A[Способы производства стали] --> B[Прямое восстановление железа из руды]; A --> C[Передел чугуна на сталь]; B --> D[Последующая плавка на сталь в электропечах]; C --> E[Получение стали в кислородных конвертерах]; C --> F[Получение стали в Мартеновских печах]; C --> G[Получение стали в электропечах];
```

Прямое  
восстановление  
железа из руды

Последующая  
плавка на  
сталь в  
электропечах

Передел чугуна на сталь

Получение  
стали в  
кислородных  
конвертерах

Получение  
стали в  
Мартенов-  
ских печах

Получение  
стали в  
электропе-  
чах

# СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ

ПОЛУЧЕНИЕ  
СТАЛИ

МАРТЕНОВСКИЙ  
СПОСОБ

КИСЛОРОДНО-  
КОНВЕРТЕРНЫЙ  
СПОСОБ

ЭЛЕКТРОСТАЛЕ-  
ПЛАВИЛЬНЫЙ  
СПОСОБ



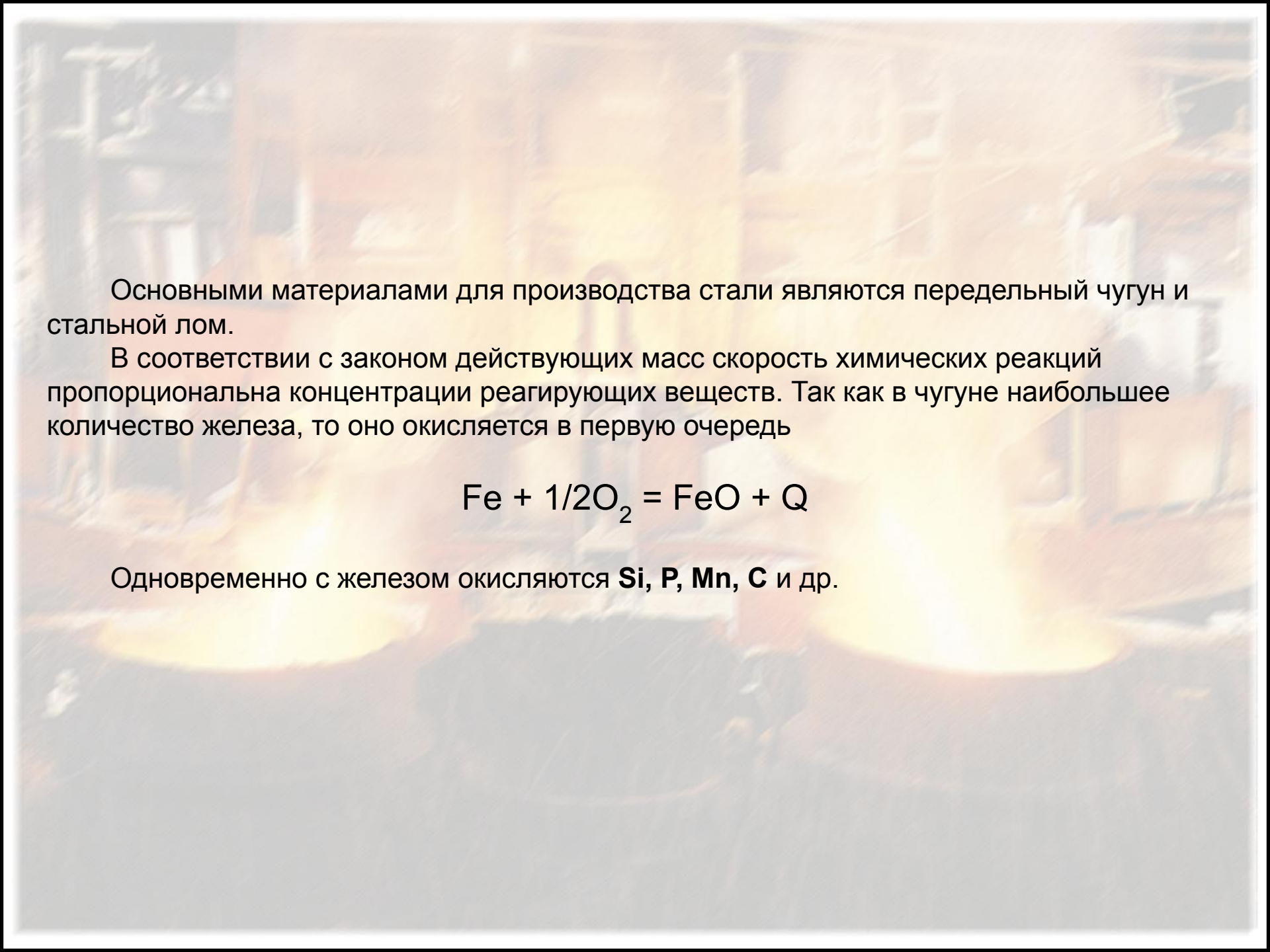
СОВРЕМЕННЫЕ ОБЪЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА

3%

65%

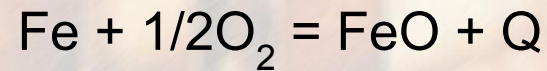
30%





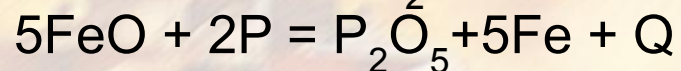
Основными материалами для производства стали являются передельный чугун и стальной лом.

В соответствии с законом действующих масс скорость химических реакций пропорциональна концентрации реагирующих веществ. Так как в чугуне наибольшее количество железа, то оно окисляется в первую очередь



Одновременно с железом окисляются **Si, P, Mn, C** и др.

Образующийся оксид железа при высоких температурах растворяется в железе и отдает свой кислород более активным элементам – примесям в чугуне, окисляя их.

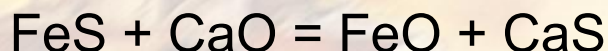


*Чем больше оксида железа содержится в жидком металле, тем активнее окисляются примеси. Для ускорения окисления примесей в сталеплавильную печь добавляют железную руду, окалину, содержащую много оксидов железа.*

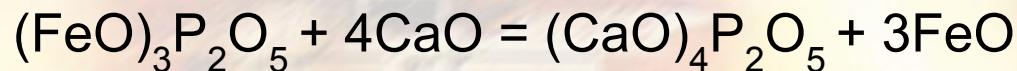


После расплавления шихты в сталеплавильной печи образуется две несмешивающиеся среды: жидкий металл и шлак. Металл и шлак разделяются из-за различных плотностей. Убирая шлак с поверхности металла и наводя новый путем подачи флюса требуемого состава, можно удалять вредные примеси (серу, фосфор) из металла.

Удаление серы:



Удаление фосфора:

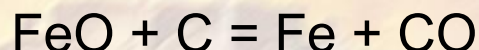


Поэтому **регулирование состава шлака с помощью флюсов** является одним из основных путей **управления металлургическими процессами**.

В зависимости от степени раскисления выплавляют **спокойные, кипящие и полуспокойные стали.**

**Спокойная сталь** получается при полном раскислении в печи и ковше.

**Кипящая сталь** раскислена в печи не полностью и ее раскисление продолжается в изложнице при затвердевании слитка, благодаря взаимодействию FeO и углерода, содержащихся в металле. Образующийся при реакции оксид углерода выделяется из стали:



Кипящая сталь практически не содержит неметаллических включений – продуктов раскисления, поэтому обладает хорошей пластичностью.

Полуспокойная сталь имеет промежуточную раскисляемость между спокойной и кипящей.

Легирование стали осуществляют введением ферросплавов или чистых металлов в необходимом количестве в расплав.

***Чугун переделывают в сталь в различных металлургических агрегатах: мартеновских печах, кислородных конвертерах, дуговых электропечах.***

# ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ В МАРТЕНОВСКИХ ПЕЧАХ

При плавке в мартеновских печах в качестве исходных сырых материалов используют: стальной лом (скрап), жидкий и твердый передельный чугун, флюс. Топливом служит: мазут и природный газ, а также смесь коксового и доменного газов.

Мартеновская печь имеет рабочее (плавильное) пространство и две пары регенераторов (воздушный и газовый) для подогрева воздуха и газа. Газы и воздух проходят через нагретую до  $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$  огнеупорную насадку соответствующих регенераторов и нагреваются до  $1000\text{...}1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Затем по вертикальным каналам направляются в печь, смешиваются и сгорают, в результате чего температура в печи достигает  $1700\text{...}1750\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Когда огнеупорная насадка правой пары регенераторов остынет так, что не сможет нагревать проходящие через него газы и воздух до  $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , левая пара регенераторов нагревается отходящими газами до  $1200\text{...}1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В этот момент переключают направление движения поступающих в печь газов и воздуха.



# Виды мартеновской плавки

Рудный процесс

Скрап - рудный процесс

Скрап процесс

Шихта:  
-жидкий чугун,  
-флюс

Шихта:  
-жидкий чугун,  
-железная руда,  
-скрап, флюс

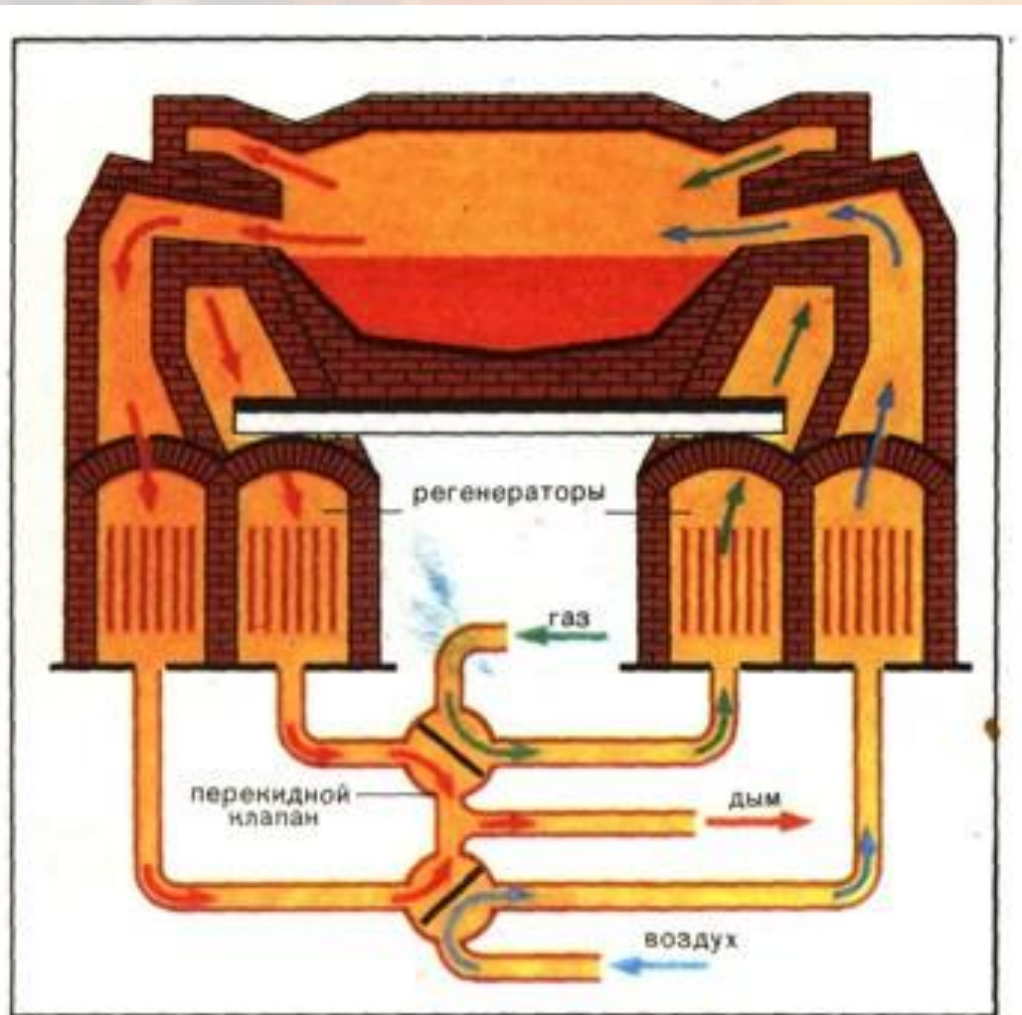
Шихта:  
-чушковый чугун,  
-скрап,  
-флюс

Химические особенности процесса

Кислый

Основной

# СХЕМА МАРТЕНОВСКОЙ ПЕЧИ

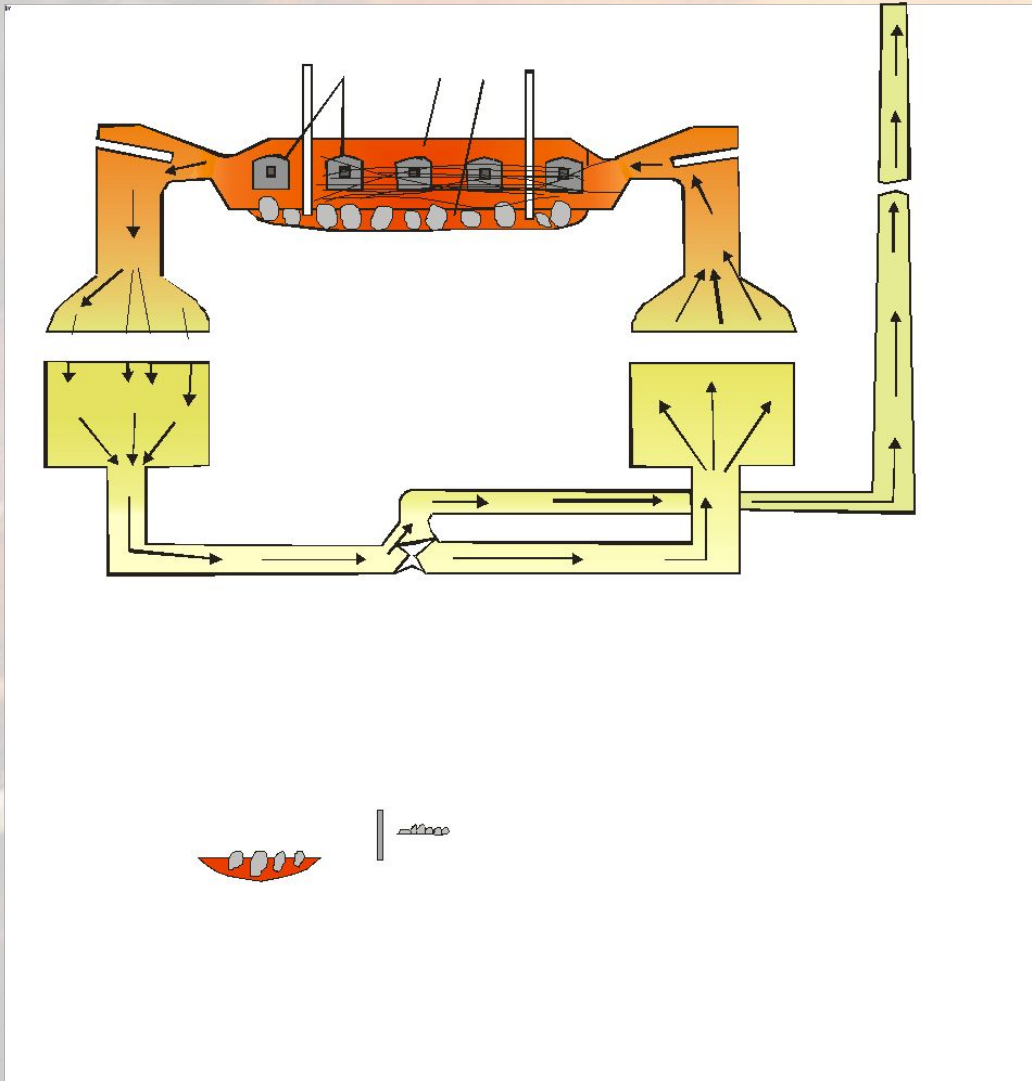


В зависимости от состава шихты, используемой при плавке, различают разновидности мартеновского процесса:

- 1) **Скрап-процесс**, при котором шихта состоит из стального лома (скрапа) и 30...45% чушкового передельного чугуна;
- 2) **Скрап-рудный процесс**, при котором шихта состоит из жидкого чугуна (55...75%), скрапа и железной руды. Наибольшее количество стали производится скрап-рудным процессом в мартеновских печах с основной футеровкой.

Общая продолжительность плавки зависит от емкости печи и условий производства. Например, для печей емкостью 200 тонн – 8...9 часов, а для печей емкостью 400...500 тонн – 12 часов.

# СХЕМА МАРТЕНОВСКОЙ ПЕЧИ



- 1 - регенератор
- 2 - головка печи (служит для смешивания топлива с воздухом)
- 3 - трубка с кислородом
- 4 - загрузочное окно
- 5 - передняя стенка
- 6 - шихта
- 7 - факел
- 8 - дымовая труба
- 9 - желоб для выпуска стали
- 10 - задняя стенка
- 11 - свод печи
- 12 - подина





**Мартеновский цех**



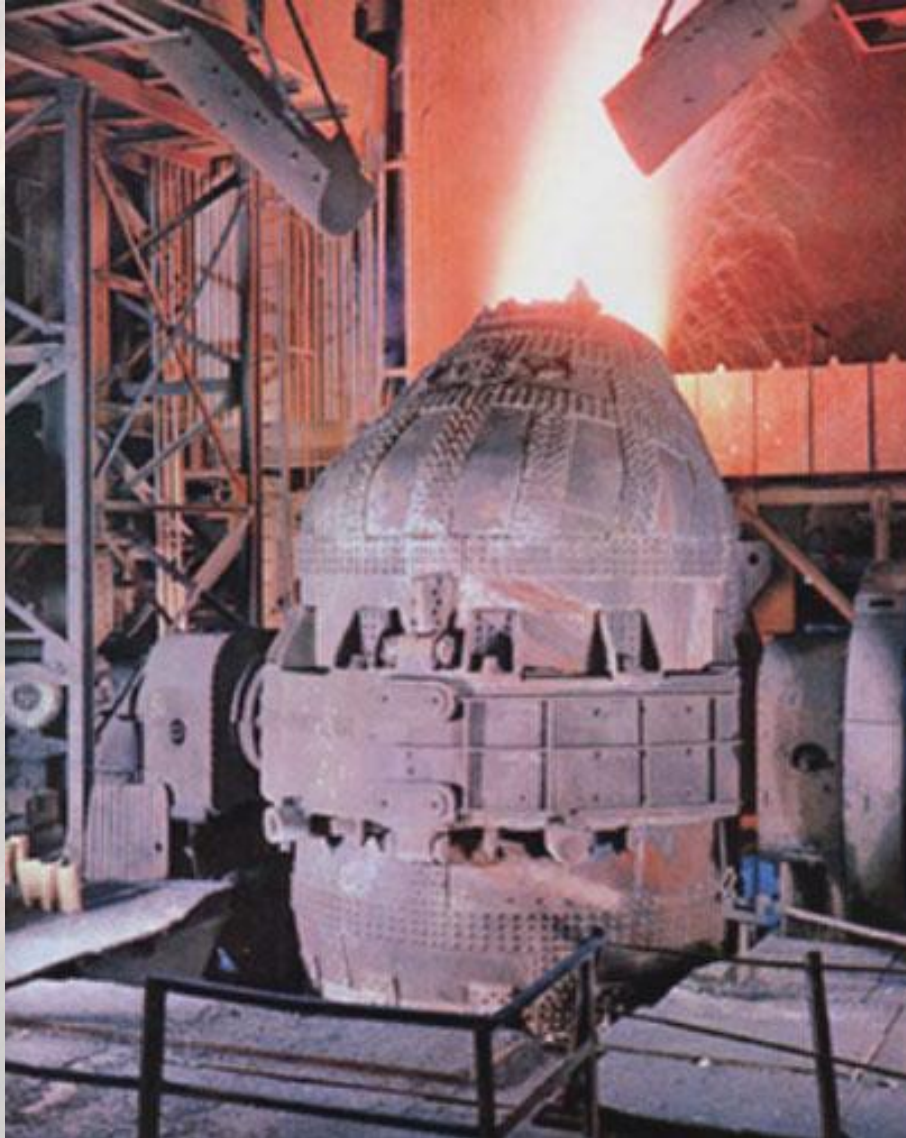
После взятия контрольных проб сталь выпускают из печи через выпускное отверстие, расположенное в самой низкой части печи, и через желоб выливают в разливочный ковш.



**Взятие контрольных проб по химическому составу**



# ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ В КИСЛОРОДНОМ КОНВЕРТЕРАХ

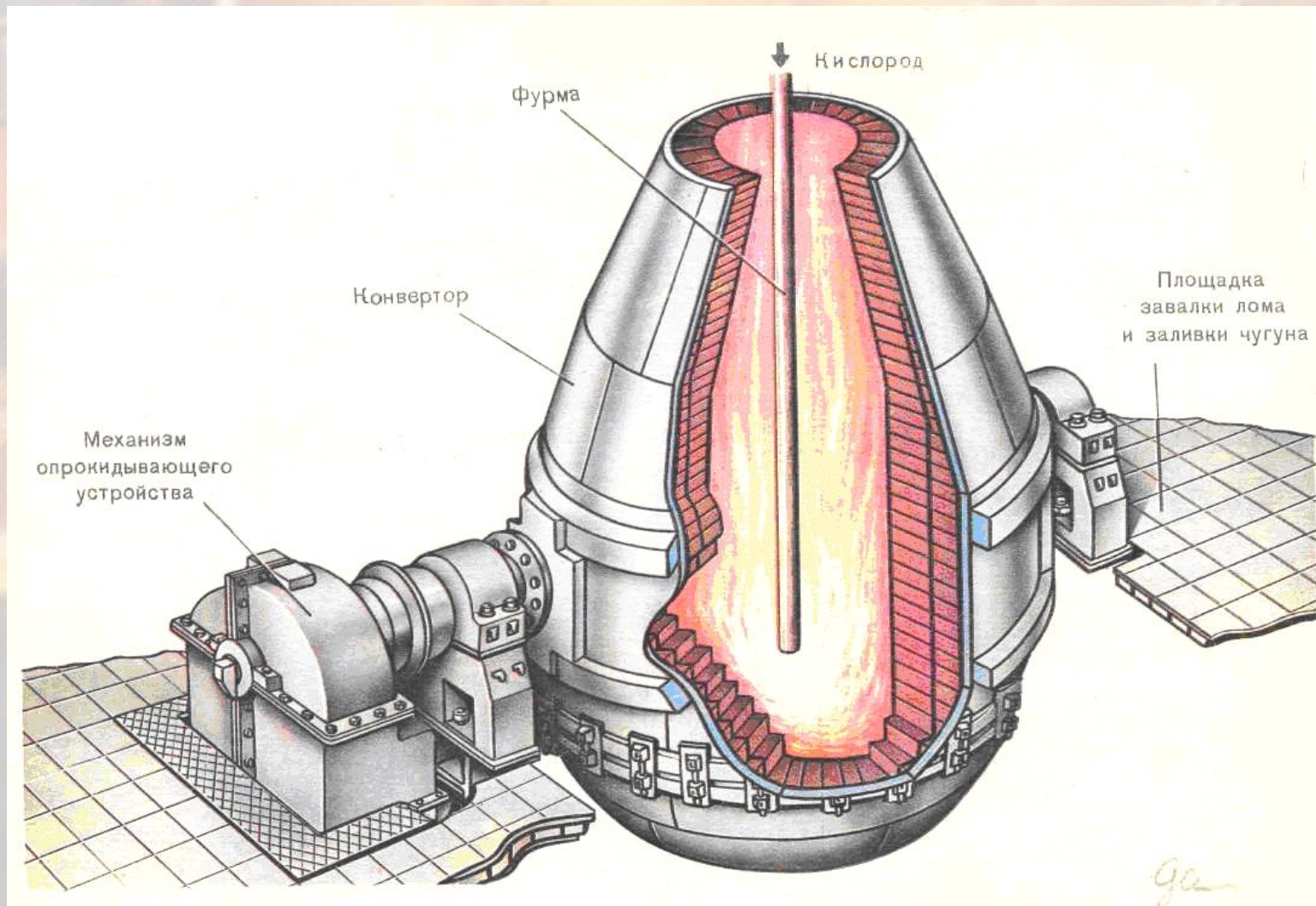


**Кислородно-конвертерный процесс** – это выплавка стали из жидкого чугуна в конвертере и продувкой кислородом через водоохлаждаемую фурму. Шихтовыми материалами кислородно-конвертерного процесса являются жидкий передельный чугун, стальной лом (не более 30%), известь (как флюс) для наведения шлака, железная руда, а также боксит ( $Al_2O_3$ ), плавиковый шпат ( $CaF_2$ ), которые применяют для разжижения шлака.

Наиболее производительным способом получения стали является конвертерный процесс.



**Кислородный конвертер** – это сосуд грушевидной формы из стального листа, футерованный основным кирпичом. Емкость конвертера 130...150 тонн жидкого чугуна. В процессе работы конвертер может поворачиваться на цапфах вокруг горизонтальной оси на  $360^{\circ}$  для завалки скрапа, заливки чугуна, слива стали и шлака.



**Технология плавки.** Перед плавкой конвертер наклоняют, через горловину с помощью завалочных машин загружают скрап, заливают чугун при температуре 1250...1400 °С. После этого конвертер поворачивают в вертикальное рабочее положение, внутрь его вводят водоохлаждаемую фурму и через нее подают кислород под давлением 0,9...1,4 МПа. Одновременно с началом продувки в конвертер загружают известь (CaO), боксит (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), железную руду. Благодаря интенсивному окислению примесей чугуна при взаимодействии с кислородом в зоне под фурмой развивается температура до 2400 °С.

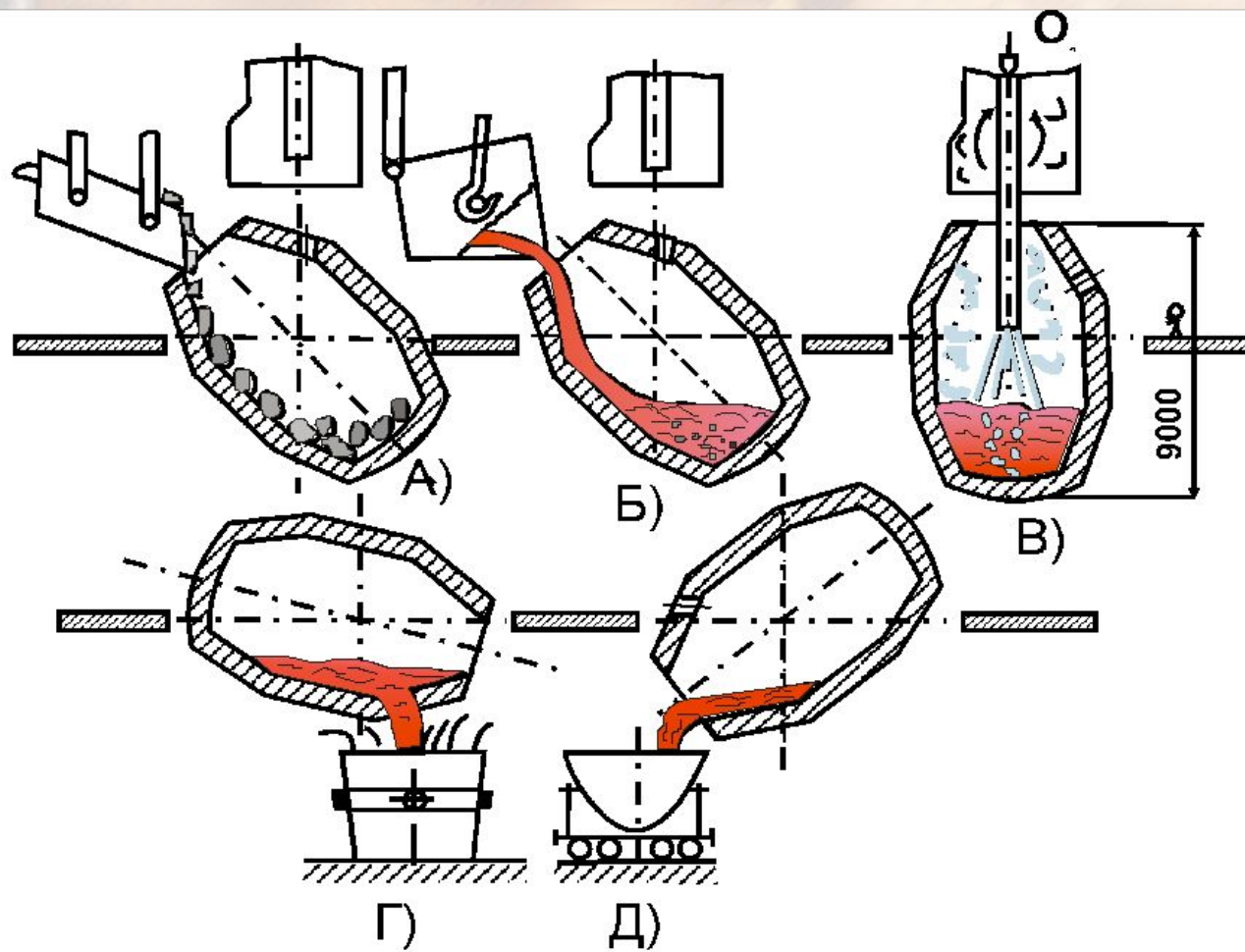
В зоне контакта кислородной струи с чугуном в первую очередь окисляется железо, так как его концентрации во много раз выше, чем примесей.

Подачу кислорода заканчивают, когда содержание углерода в металле соответствует заданному составу. После этого конвертер поворачивают и выпускают сталь в ковш.

При выпуске стали из конвертера ее раскисляют в ковше осаждающим методом ферромарганцем, затем из конвертера сливают шлак.

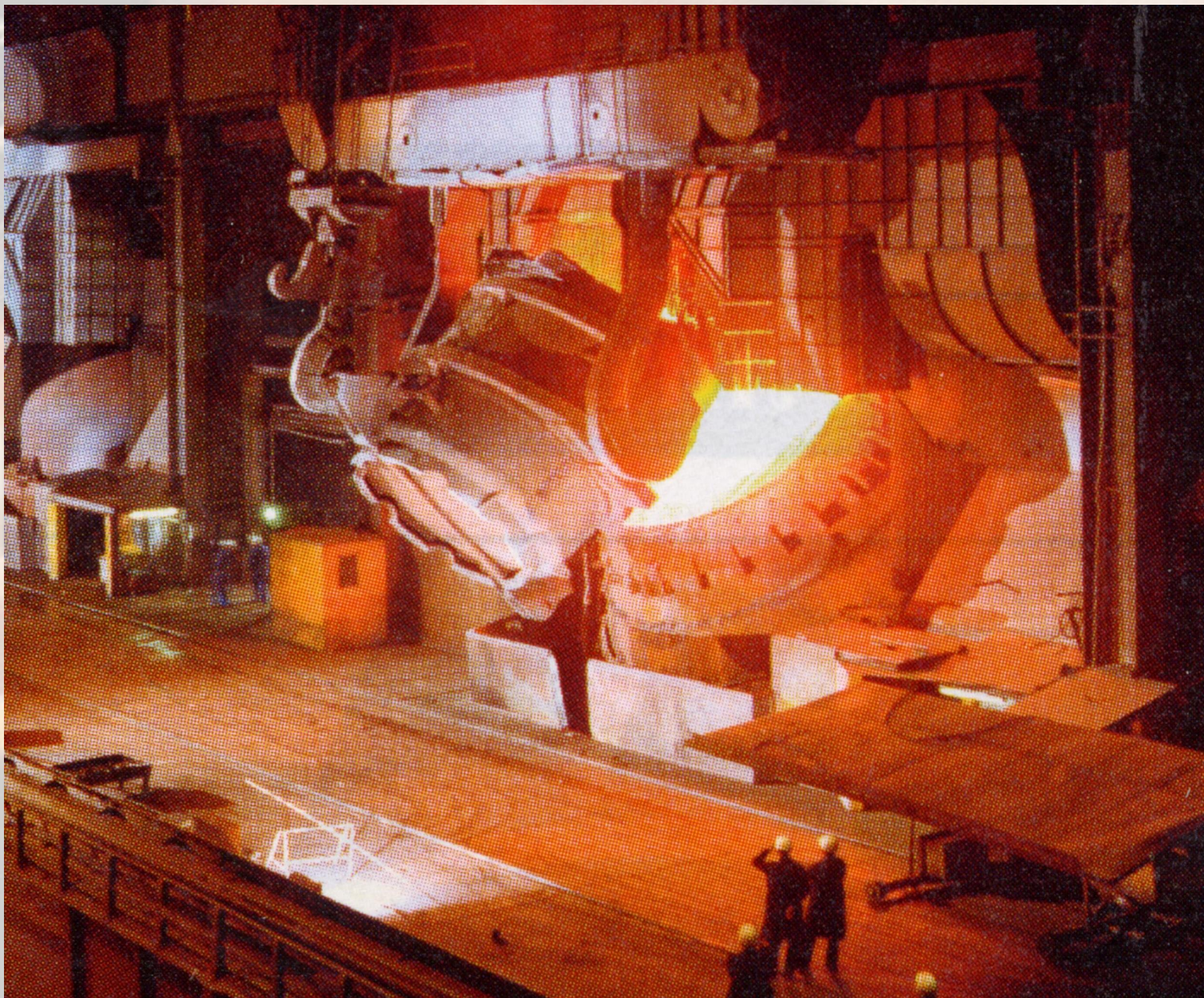
Продолжительность плавки в конвертере емкостью 130 т – 30 мин. Производительность кислородного конвертера емкостью 50т больше чем производительность мартеновской печи емкостью 500 т.





Последовательность технологических операций при плавке стали в кислородных конвертерах





**Заливка жидкого чугуна в кислородный конвертер**

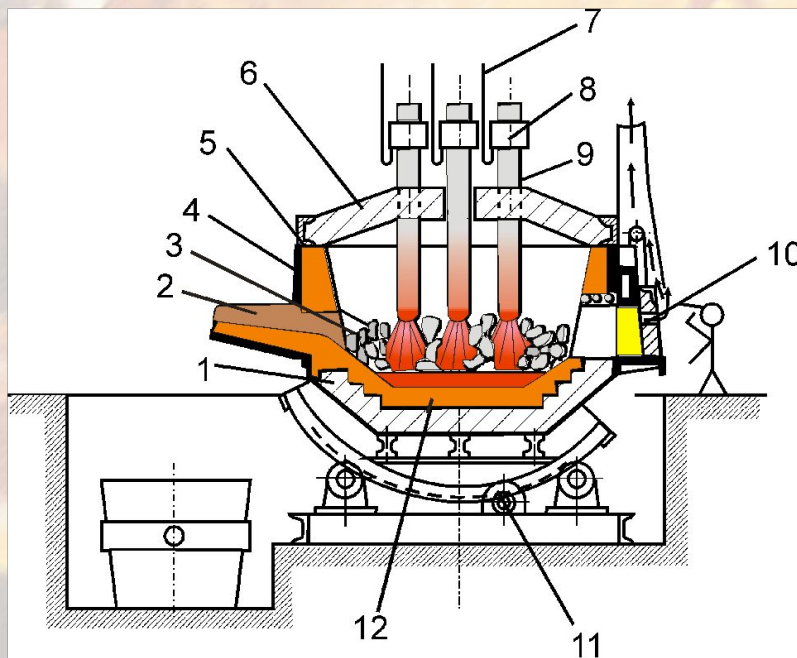


# ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ В ЭЛЕКТРОПЕЧАХ



Плавильные электропечи имеют преимущества по сравнению с другими плавильными агрегатами, так как в них можно получать высокую температуру (до  $2500^{\circ}\text{C}$ ) металла, создавать окислительную, восстановительную, нейтральную атмосферу и вакуум, что позволяет выплавлять сталь любого состава, раскислять металл с образованием минимального количества неметаллических включений – продуктов раскисления. Поэтому электропечи используют для выплавки конструкционных высоколегированных, инструментальных, специальных сталей и сплавов.

# СХЕМА ДУГОВОЙ ПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ



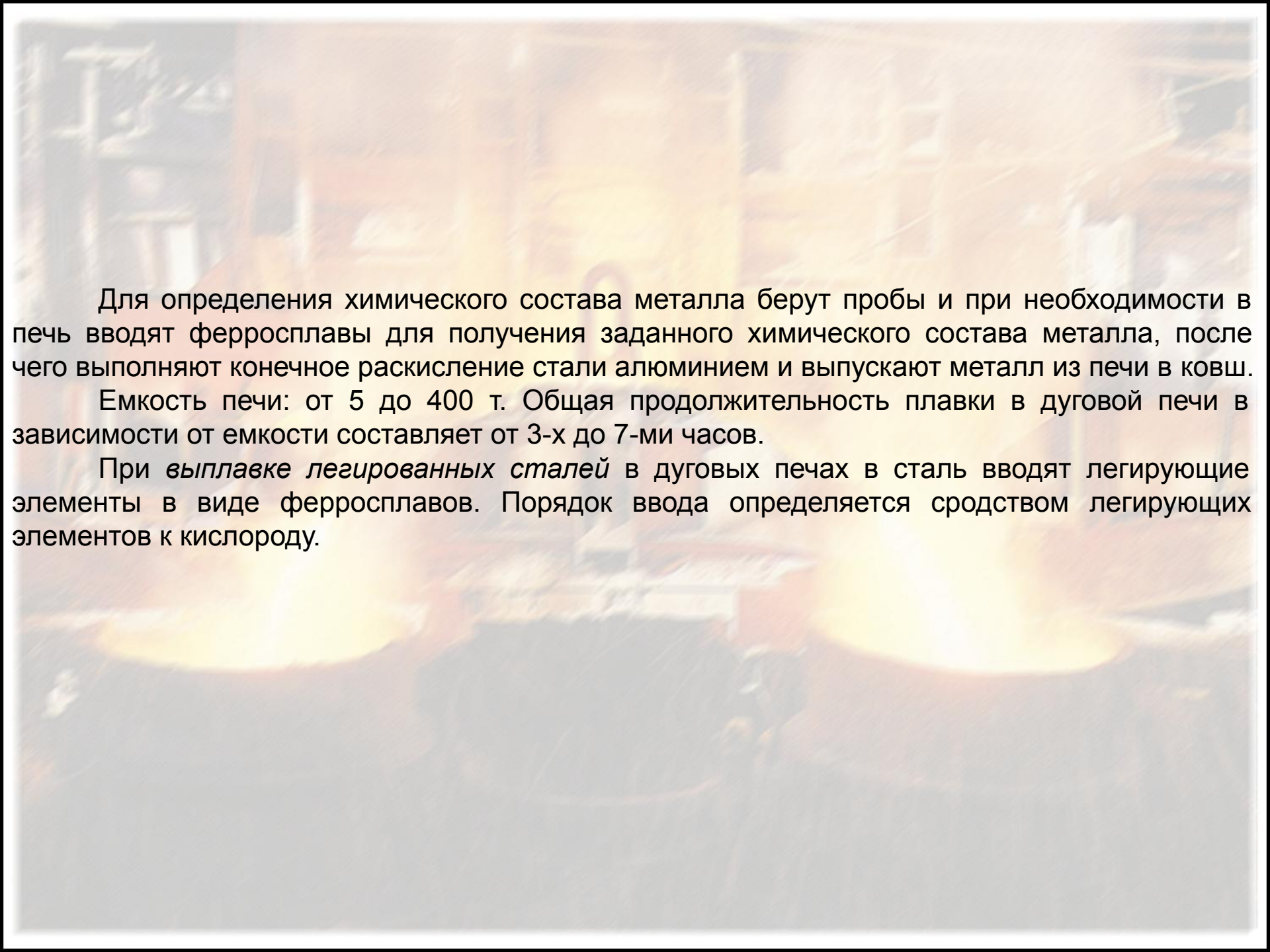
- 1 - поддон печи
- 2 - желоб для выпуска стали
- 3 - металлическая шихта
- 4 - корпус печи (стальной лист и огнеупорный материал)
- 5 - наклонные стенки печи
- 6 - свод печи
- 7 - кабель (от источника тока)
- 8 - электрододержатель
- 9 - графитовый электрод
- 10 - рабочее окно (для управления ходом плавки)
- 11 - механизм наклона печи
- 12 - подина печи



Дуговая плавильная электропечь питается трехфазным переменным током и имеет три цилиндрических электрода из графитизированной массы. Электрический ток от трансформатора кабелями подводится к электродержателям, а через них - к электродам и ванне металла. Между электродами и металлической шихтой возникает электрическая дуга, электроэнергия превращается в теплоту, которая передается металлу и шлаку излучением. Рабочее напряжение 150...600 В, сила тока 1...10 кА. Во время работы печи длина дуги регулируется автоматически путем перемещения электродов.

В печь загружают шихту при снятом своде. Стальной лом (до 90%), чушковый предельный чугун (до 10%), кокс (2...3%) для науглероживания металла и известь (CaO). Затем электроды опускают и включают ток; шихта под действием электрода плавится, металл накапливается на подине печи.

После нагрева металла и шлака до температуры 1500°C в печь загружают руду и известь и проводят период «кипения» металла; происходит дальнейшее окисление углерода. Когда содержание углерода будет меньше заданного на 0,1%, кипение прекращают и удаляют из печи шлак. Раскисление производят с помощью подачи силикомарганца и силикокальция.

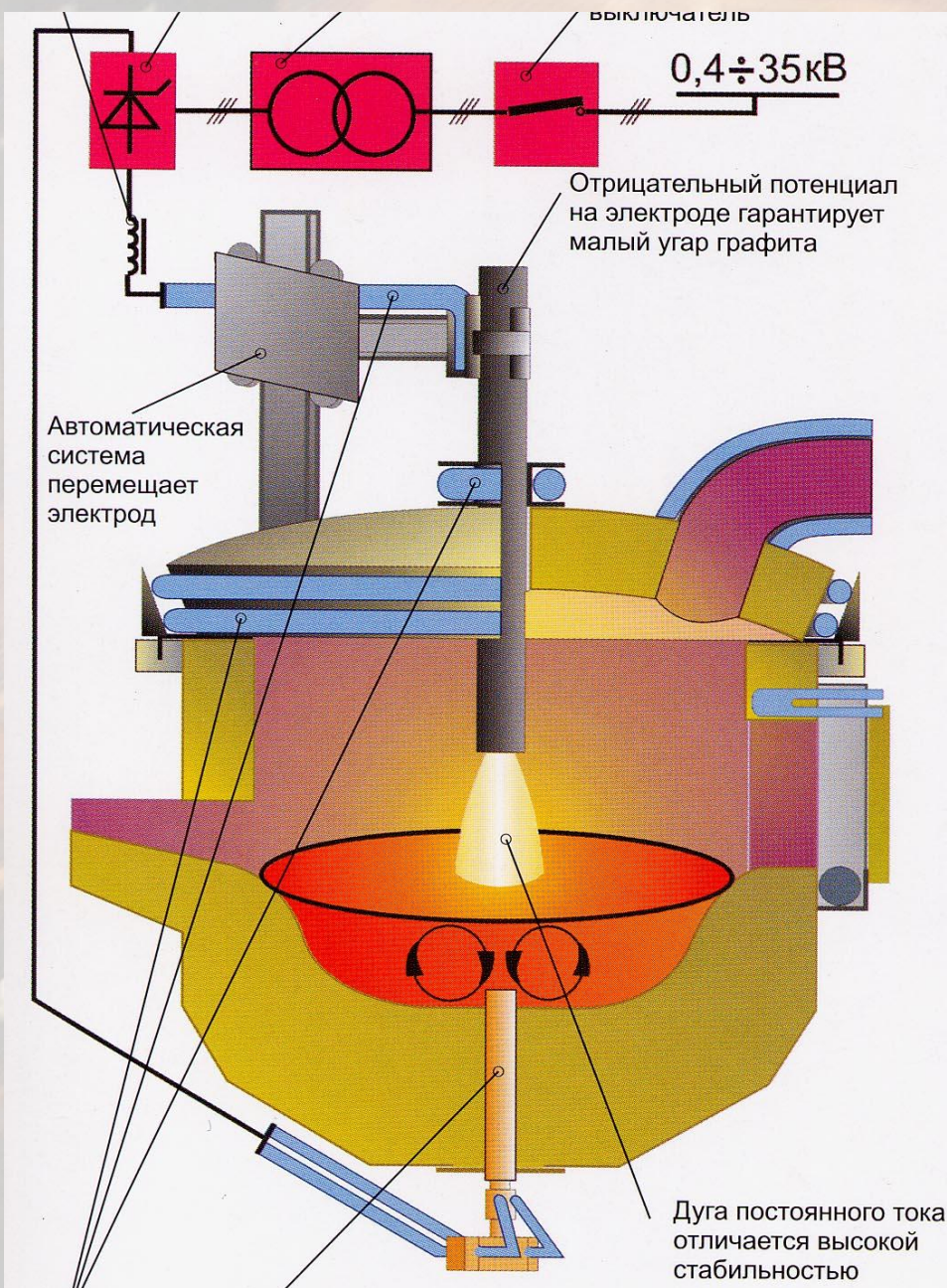


Для определения химического состава металла берут пробы и при необходимости в печь вводят ферросплавы для получения заданного химического состава металла, после чего выполняют конечное раскисление стали алюминием и выпускают металл из печи в ковш.

Емкость печи: от 5 до 400 т. Общая продолжительность плавки в дуговой печи в зависимости от емкости составляет от 3-х до 7-ми часов.

При *выплавке легированных сталей* в дуговых печах в сталь вводят легирующие элементы в виде ферросплавов. Порядок ввода определяется сродством легирующих элементов к кислороду.





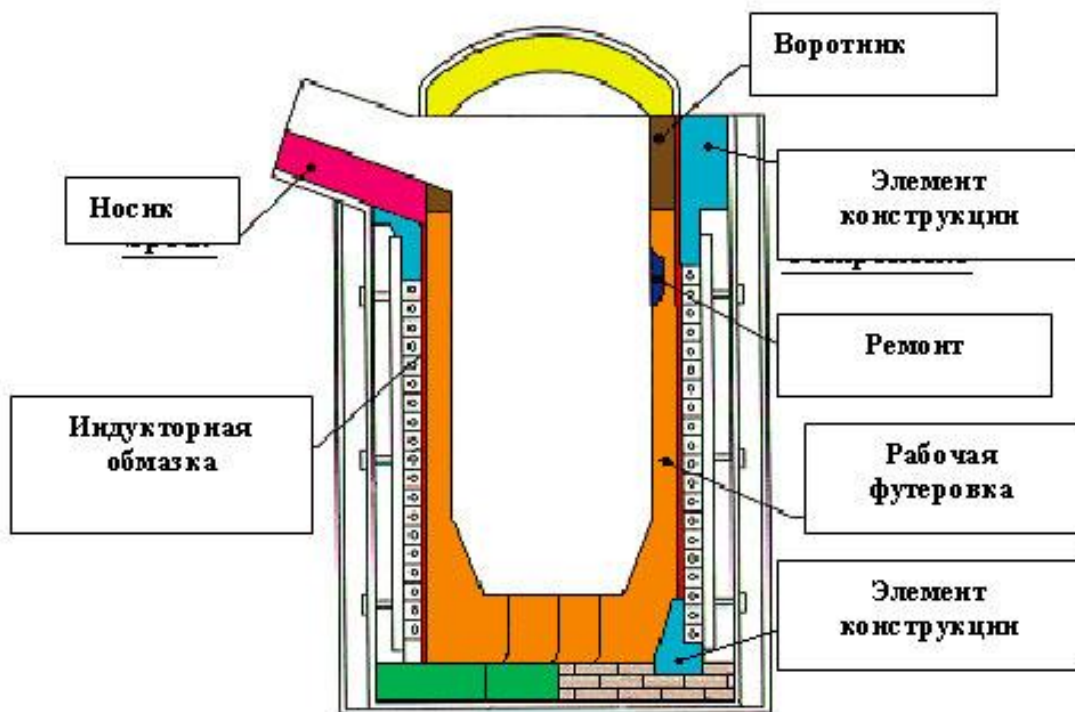
**Электродная печь на постоянном токе**

# ИНДУКЦИОННЫЕ ПЕЧИ

В индукционных печах металл нагревается токами, возбуждаемыми в переменном поле индуктора. В индукционных печах электрическая энергия превращается сначала в электромагнитную, затем снова в электрическую и, наконец, в тепловую.

Преимущества:

- Передача энергии с помощью электромагнитного поля *исключает загрязнение металла материалом электродов;*
- Процесс легко поддается *регулированию температурного режима;*
- Естественное перемешивание жидкого металла под действием электромагнитных сил способствует *выравниванию температуры и химического состава металла* и ускоряет протекание металлургических процессов.





# ИНДУКЦИОННЫЕ ПЕЧИ



Недостатки:

- Нагрев шлака в них происходит главным образом за счет тепла, выделяющегося в металле. Поэтому *температура шлака ниже*.
- Температуры металла, и холодные вязкие шлаки затрудняют удаление из металла фосфора и серы.
- Рассеивание магнитного потока в зазоре между индуктором и металлом вынуждает *уменьшать толщину футеровки тигля*. Малая же толщина футеровки и трудность ремонта вертикальных стенок тигля служат причиной низкой стойкости футеровки.

Наименование способа	Исходные шихтовые материалы	Топливо	Время плавки	Емкость печей	Технико-экономические показатели	Перспективы развития
Кислородно-конвертерный	Жидкий чугун; немного: - лом; - руда; - флюсы	Используется тепло хим. реакций	30-45 мин.	130-350 т	~ 500 т/ч	Расширение производства до 60%
Мартеновский	Лом; флюс; руда; чугун (жидкий, твердый)	Мазут, природный газ	6-8 часов	До 900 т	~ 100 т/ч	Сокращение производства
В электропечах	Лом (90%), отходы литейного производства, чугун, руда, окалина, флюс (известь)	Электроэнергия	3-7 часов	До 400 т.	~ 70 т/ч 500 кВт·ч на 1 тонну металла	Расширение производства



# МЕТОД ПРЯМОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА ИЗ РУДЫ

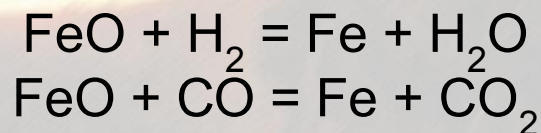
В настоящее время с выплавкой чугуна в доменных печах все более широко используют процессы прямого восстановления железа из руд, с последующей его плавкой в электропечах для получения стали.

Этот процесс состоит из двух этапов:

- Получение из руды твердого губчатого железа;
- Получение стали из губчатого железа в электропечах.

Добытую в карьерах руду обогащают и получают окатыши.

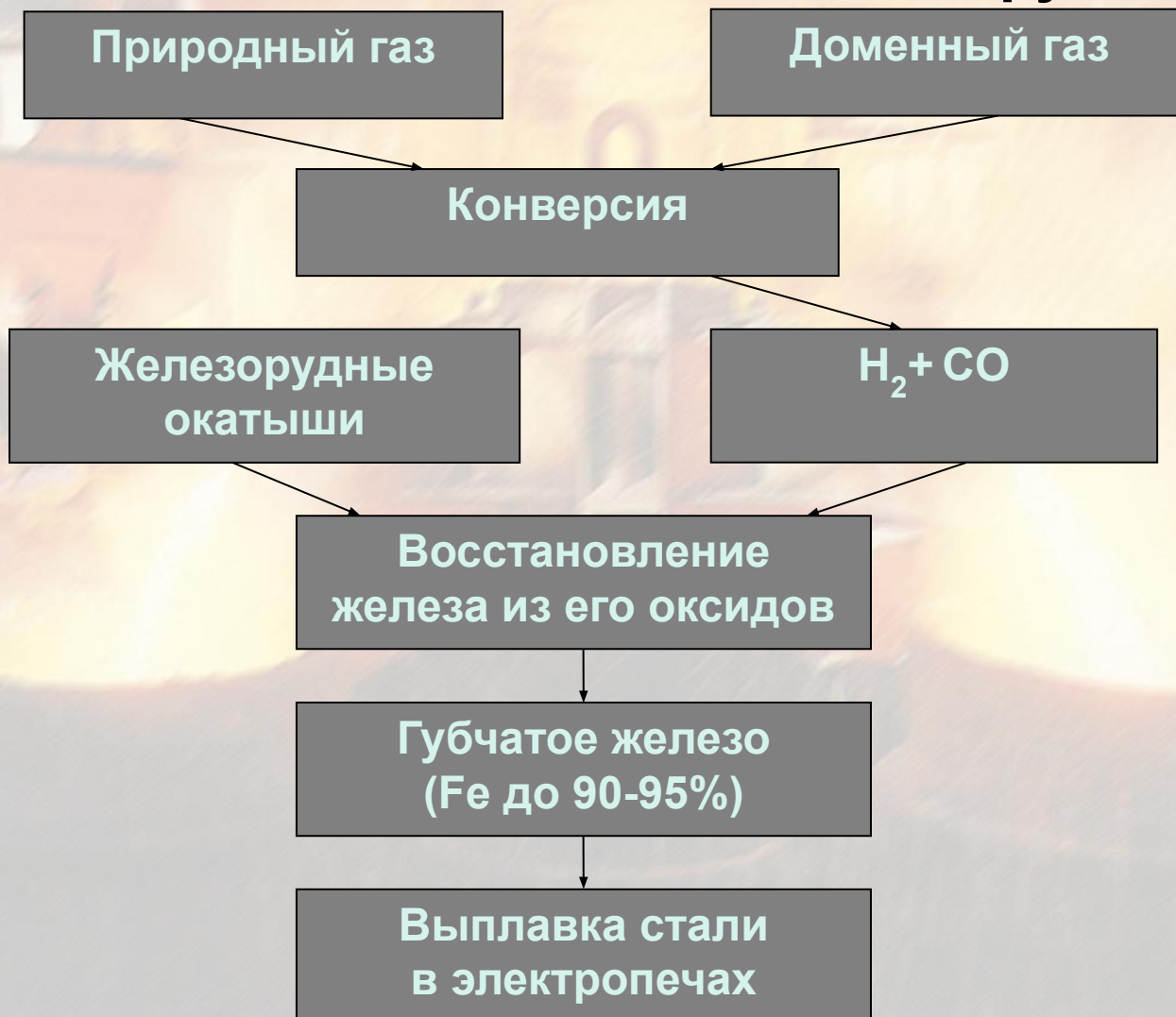
Для восстановления железа из окатышей в печи образуется смесь природного и доменного газов. В печи башенного или шахтного типа смесь разлагается на водород и оксид углерода (CO). В восстановленной печи создается температура газов 1000...1100 °С, при которой водород и оксид углерода восстанавливают железо в окатышах до **твердого губчатого железа**.



В результате содержание железа в окатышах достигает 90...95%. Далее окатыши поступают на выплавку стали в электропечах.

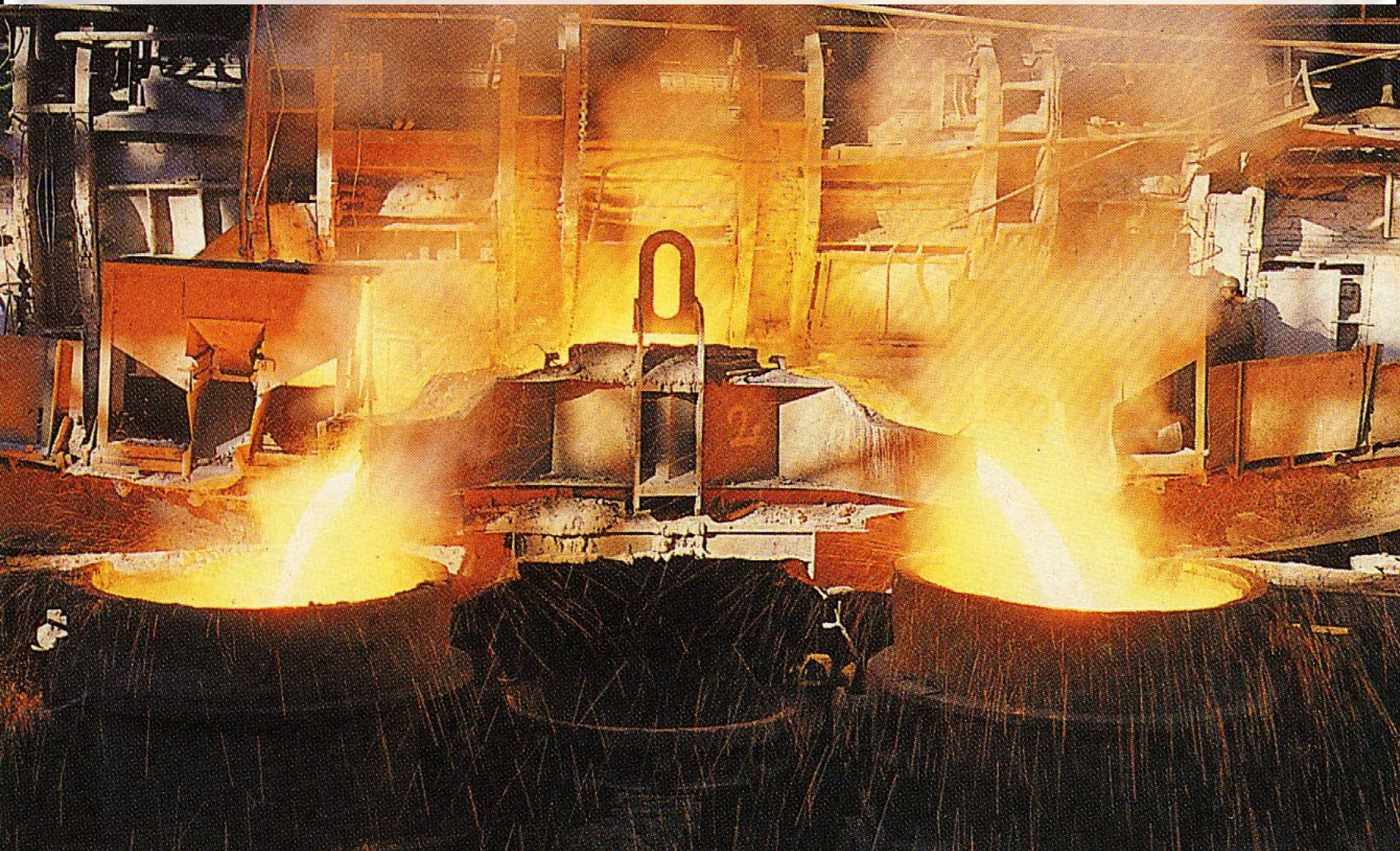


# Принципиальная схема технологического процесса производства стали методом прямого восстановления железа из руды





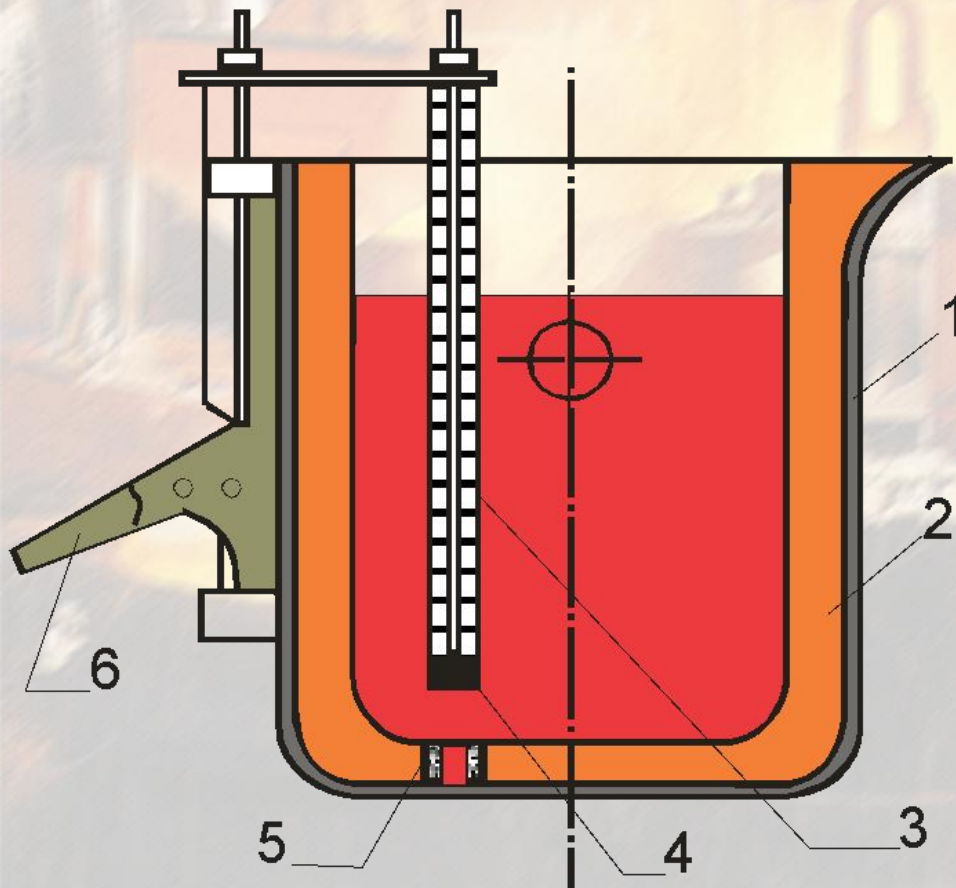
# РАЗЛИВКА СТАЛИ





## 1.4. Разливка стали

Выплавленную сталь выпускают из плавильной печи в разливочный ковш, из которого ее разливают в изложницы или кристаллизаторы **машины для непрерывного литья заготовок (МНЛЗ)**. В изложницах или кристаллизаторах сталь затвердевает, и получаются слитки, которые подвергают прокатке, ковке.



- 1- корпус из стального листа
- 2-огнеупорный кирпич (футеровка)
- 3-стопорное устройство
- 4-сменная пробка из огнеупорного материала
- 5-керамический стакан с отверстием (для выпуска стали)
- 6-рычажный механизм

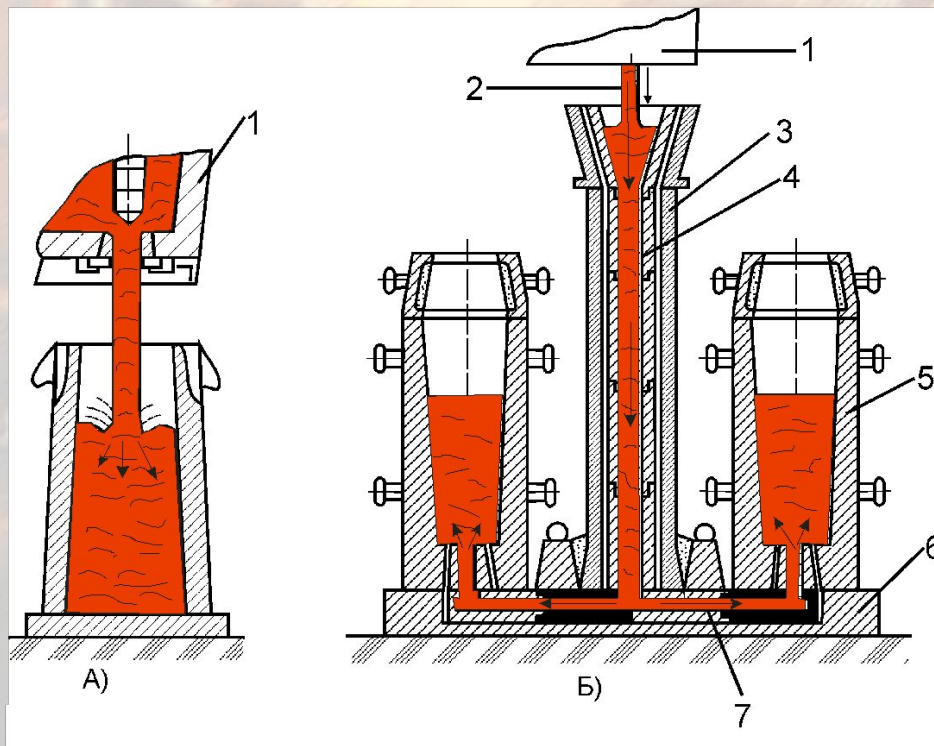
Сталеразливочный ковш



**Изложницы** – чугунные формы для изготовления слитков. Изложницы выполняют с квадратным, прямоугольным, круглым и многогранным поперечными сечениями. В сталеплавильных цехах получают слитки массой от 0,1 до 250 т. Сталь разливают в изложницы сверху, снизу (сифоном) и на машинах непрерывного литья. В изложницу сверху сталь разливают непосредственно из ковша.

**При сифонной разливке** сталью заполняют одновременно несколько изложниц (4...60). Изложницы устанавливают на поддоне 6, в центре которого располагается центральный литник 3, футерованный огнеупорными трубками 4, соединенной каналами с изложницами. Жидкая сталь 2 из ковша 1 поступает в центральный литник и снизу плавно без разбрызгивания заполняет изложницу 5.

Для обычных углеродистых сталей используют разливку сверху, а для легированных и высококачественных - разливку сифоном.



- 1 - сталеразливочный ковш
- 2 - жидкая сталь
- 3 - центральный литник
- 4 - огнеупорная трубка
- 5 - изложница
- 6 - поддон
- 7 - канал



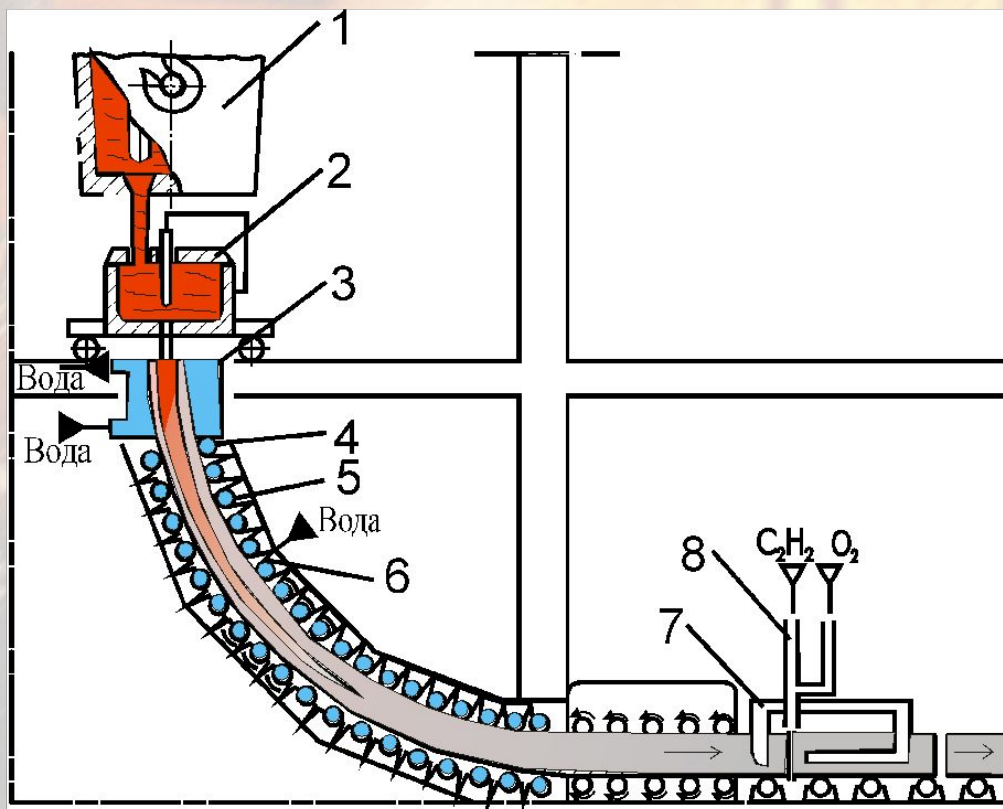


**Сифонная  
разливка  
стали**



**Непрерывная разливка** стали состоит в том, что жидкую сталь из ковша 1 через промежуточное разливочное устройство 2 непрерывно подают в водоохлаждаемую изложницу без дна – кристаллизатор 3, из нижней части которого вытягивается затвердевающий слиток 4. Скорость вытекания слитка из кристаллизатора зависит от сечения. Например, скорость вытягивания слитков с сечением 150 x 500 мм около 1 метра в минуту.

Вследствие направленного затвердевания при непрерывной разливке слиток имеет плотное строение и мелкозернистую структуру, в них отсутствуют усадочные раковины.



- 1 - сталеразливочный ковш
- 2 - промежуточное устройство
- 3 - кристаллизатор  
(водоохлаждаемый)
- 4 - затвердевший металл
- 5 - тянущие валки
- 6 - форсунки для охлаждения  
слитка
- 7 - зона резания
- 8 - ацетиленокислородный резак

## Строение стального слитка (на примере спокойной стали)

Сталь, затвердевая в изложнице, кристаллизуется, образуя кристаллические зерна. В зависимости от скорости охлаждения зерна имеют разную форму и величину. Наружный слой слитка формируется из большого количества мелких кристаллов А, так как скорость охлаждения в этом слое очень большая ( $T$  заливки =  $1550\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T$  изложницы =  $30\text{...}50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). За ним образуется слой вытянутых к центру слитка столбчатых кристаллов Б, так как скорость охлаждения в этом слое резко падает, но направление отдачи тепла остается (от центра к внутренней поверхности изложницы). В средней части слитка расположены беспорядочно ориентированные кристаллы В, так как внутренняя часть слитка охлаждается медленно и отдача тепла происходит равномерно в разных направлениях.

Полученная при полном раскислении в печи спокойная сталь после разливки в изложницы затвердевает, образуя плотный слиток, в верхней части которого формируется усадочная раковина 1, а в нижней части - усадочная осевая рыхлость Г.

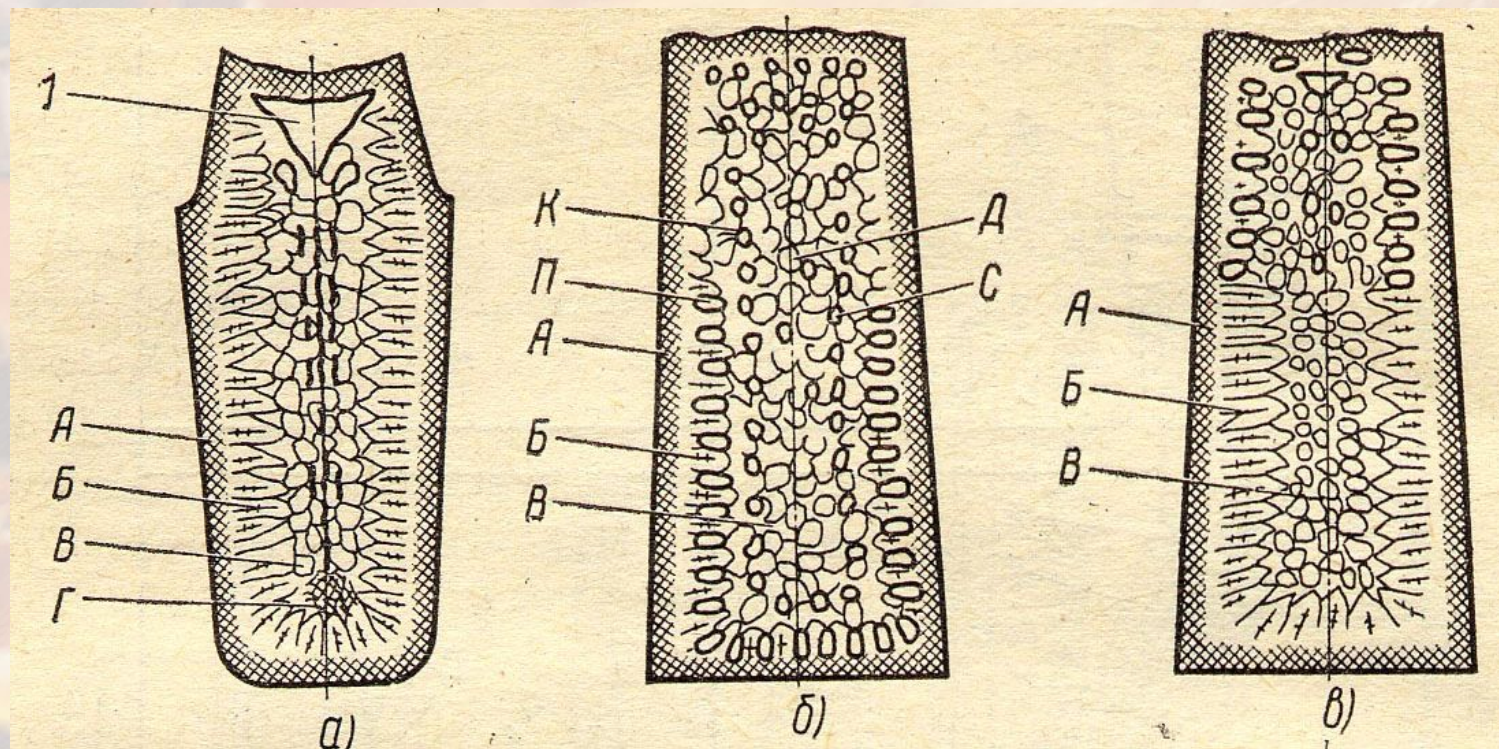
Чтобы избежать дефектов в готовой стали слиток отливают с прибыльной частью, которая составляет  $14\text{...}20\%$  веса металла и отрезается после прокатки слитка. Отрезается также  $1\text{...}3\%$  металла с противоположной стороны слитка, где могут находиться неметаллические включения и другие дефекты.



Спокойная сталь(а),

кипящая сталь(б),

полуспокойная сталь(в):



1 – усадочная раковина; А – корка; Б – столбчатые кристаллы (дендриты); В – неориентированные кристаллы; Г – усадочная рыхлость; Д – средняя зона с отдельными пузырьками; К – зона вторичных крупных пузырьков; П – зона сотовых пузырьков; С – зона промежуточных кристаллов.

# СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СТАЛЬНОГО СЛИТКА

Обработка  
синтетическими  
шлаками

Вакуумная  
дегазация

Переплавы  
слитков

Электро-  
шлаковый  
переплав

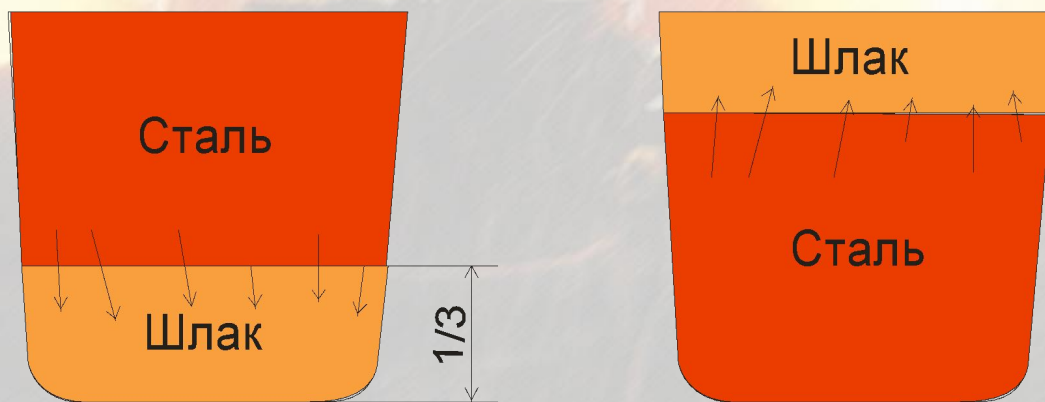
Вакуумно-  
дуговой  
переплав

Электронно-  
лучевой  
переплав



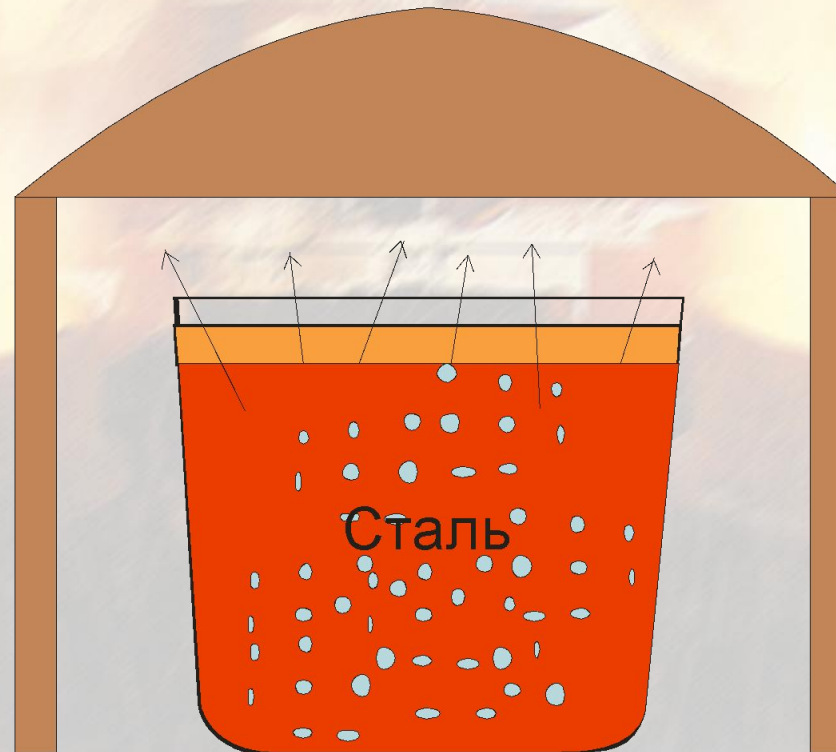
# ОБРАБОТКА МЕТАЛЛА СИНТЕТИЧЕСКИМ ШЛАКОМ

Сущность процесса заключается в ускорении взаимодействия между сталью и шлаком за счет интенсивного их перемешивания при заполнении сталью ковша. Процесс осуществляется так: синтетический шлак, состоящий из 55% CaO, 40% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 5% SiO<sub>2</sub>, MgO, выплавляют в специальных электропечах и заливают в ковш на 1/3. В этот же ковш затем заливают сталь. В результате перемешивания стали и шлака (плотность стали больше, чем плотность синтетического шлака) поверхность их взаимодействия резко возрастает, и металлургические реакции между металлом и шлаком протекают в сотни раз быстрее, чем в обычной плавильной печи. Обработанная таким образом сталь содержит меньше серы, кислорода и неметаллических включений, что повышает физико-механические свойства стали.



# ВАКУУМНАЯ ДЕГАЗАЦИЯ СТАЛИ

Вакуумную дегазацию стали проводят для уменьшения содержания в металле газов и неметаллических включений. Процесс выполняют в специальных камерах. Ковш 3 с жидкой сталью 4 помещается в камеру 2, закрывающуюся герметической крышкой 1. Вакуумными насосами в камере создается разрежение до остаточного давления 0,267...0,667 кПа. Продолжительность вакуумирования 12...15 мин. При понижении давления из жидкой стали выделяются водород и азот. Всплывающие пузырьки газов захватывают неметаллические включения в результате чего содержание их снижается в несколько раз. Всё это улучшает прочность и пластичность стали.





# ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫЙ ПЕРЕПЛАВ (ЭШП) СТАЛИ

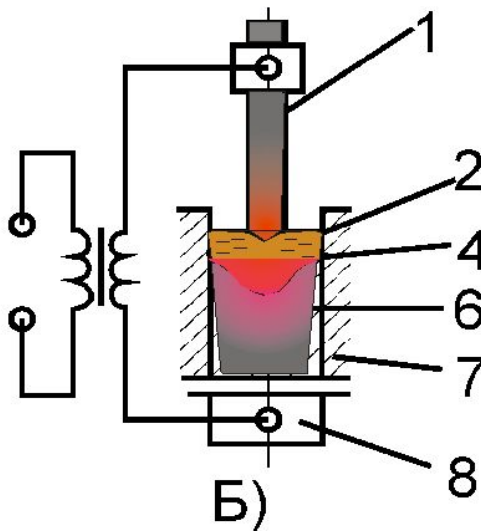
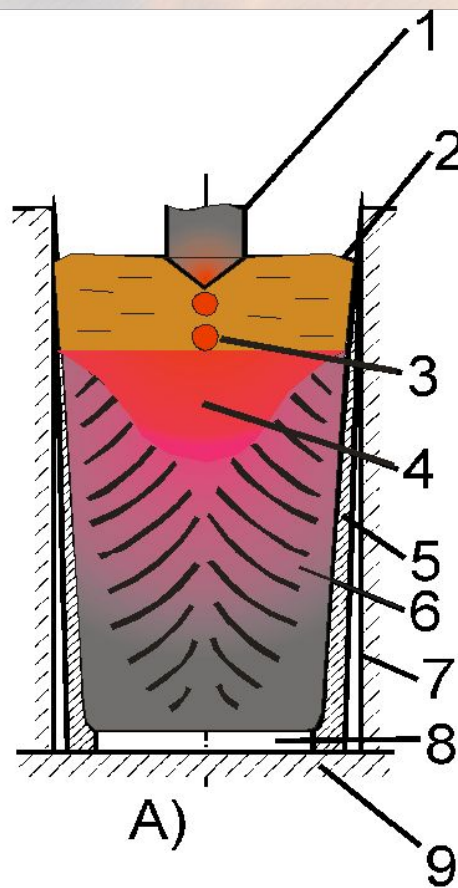
ЭШП подвергают выплавленный в дуговой печи и прокатанный на круглые прутки сталь. Источником теплоты при ЭШП является шлаковая ванна, нагреваемая при прохождении через нее электрического тока. Электрический ток подводится к переплавляемому электроду 1, погружаемому в шлаковую ванну 2 и поддону 9 установленному в водоохлаждаемом металлическом кристаллизаторе 7 в котором находится затравка 8. Выделяющаяся в шлаковой ванне теплота (за счет высокого сопротивления шлака) нагревает его до температуры 2000 °С, что вызывает оплавление конца электрода. Капли металла 3 проходят через жидкий шлак, образуя под шлаковым слоем металлическую ванну 4.

Перенос капель металла через основной шлак способствует их активному взаимодействию, удалению из металла серы, неметаллических включений и растворенных газов. Металлическая ванна непрерывно пополняется путем расплавления электрода и под воздействием кристаллизатора постепенно формируется в слиток 6.

В результате ЭШП содержание кислорода в металле снижается в 1,5...2 раза, в 2...3 раза уменьшается содержание неметаллических включений. Слиток отличается плотностью, однородностью, хорошим качеством поверхности. Слитки выплавляют круглого, квадратного, прямоугольного сечения массы до 110 т.

Наиболее широко ЭШП используют при выплавке высококачественных сталей для шарикоподшипников, жаропрочных сталей для дисков и лопаток турбин и др.

# ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫЙ ПЕРЕПЛАВ (ЭШП) СТАЛИ



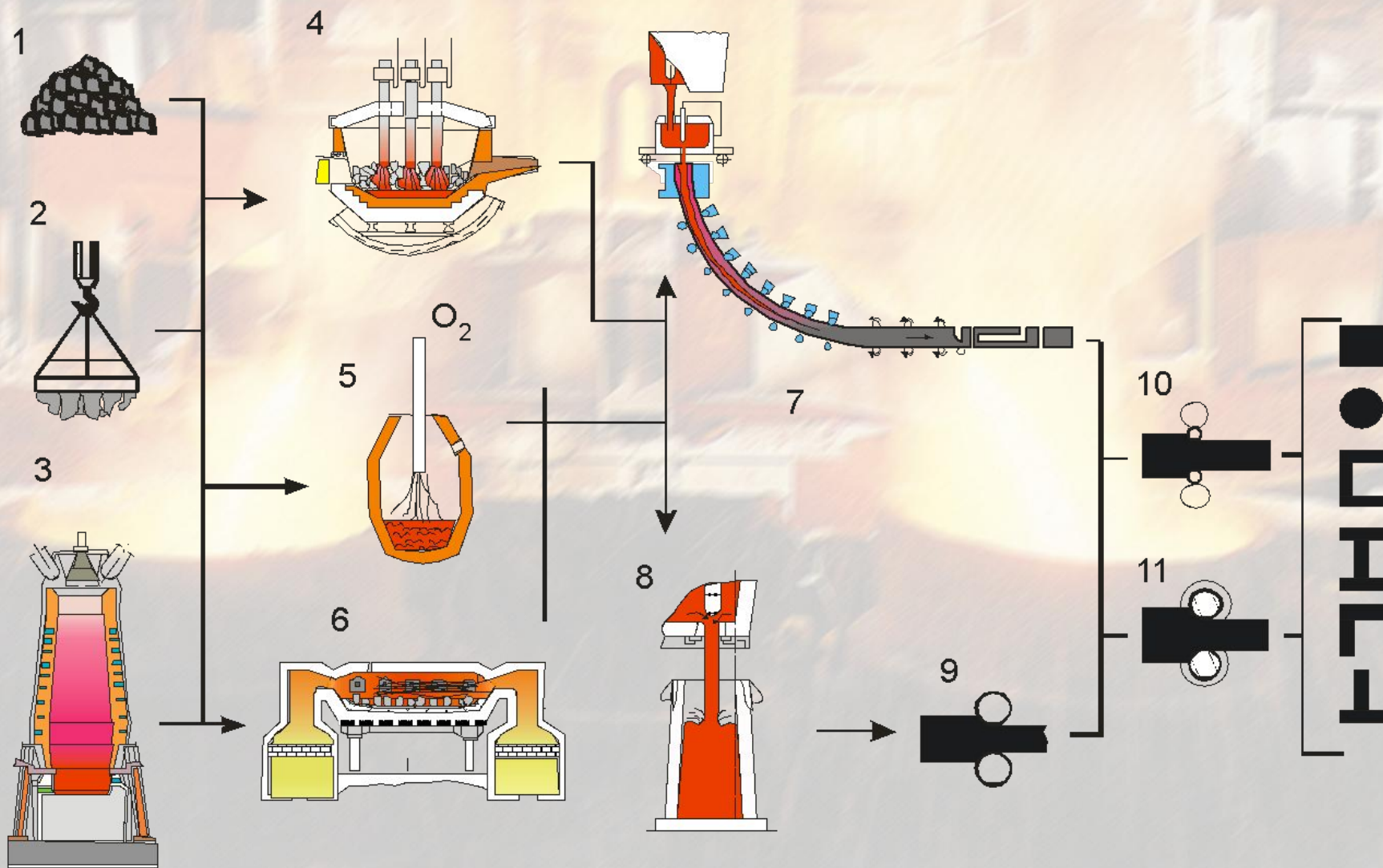
- 1-переплавляемый электрод
- 2-шлаковая ванна
- 3-капли жидкого металла
- 4-металлическая ванна
- 5-шлаковая корочка
- 6-стальной слиток
- 7-водоохлаждаемая изложница (кристаллизатор)
- 8-затравка
- 9-поддон

Схемы электрошлакового переплава расходоуемого электрода: А- кристаллизатор; Б- схема включения установки



# Схема интегрированного металлургического завода (выпуск стали 10...15 млн. тонн)

- 1-металлизированные окатыши; 2-стальной лом (скрап); 3-доменное производство;
- 4-электросталеплавильное производство; 5-кислородно-конверторное производство;
- 6-мартеновское производство; 7-разливка на машине непрерывного литья заготовок (МНЛЗ);
- 8-разливка стали в изложницы; 9-обжимной стан;
- 10-листопрокатное производство;
- 11-сортопрокатное производство



## Схема металлургического мини-завода (выпуск стали 1,0...1,5 млн. тонн)

1-металлизированные окатыши

2-стальной лом (скрап)

3-электросталеплавильное производство

4-разливка на машине непрерывного литья  
заготовок (МНЛЗ)

5-сортопрокатное производство

