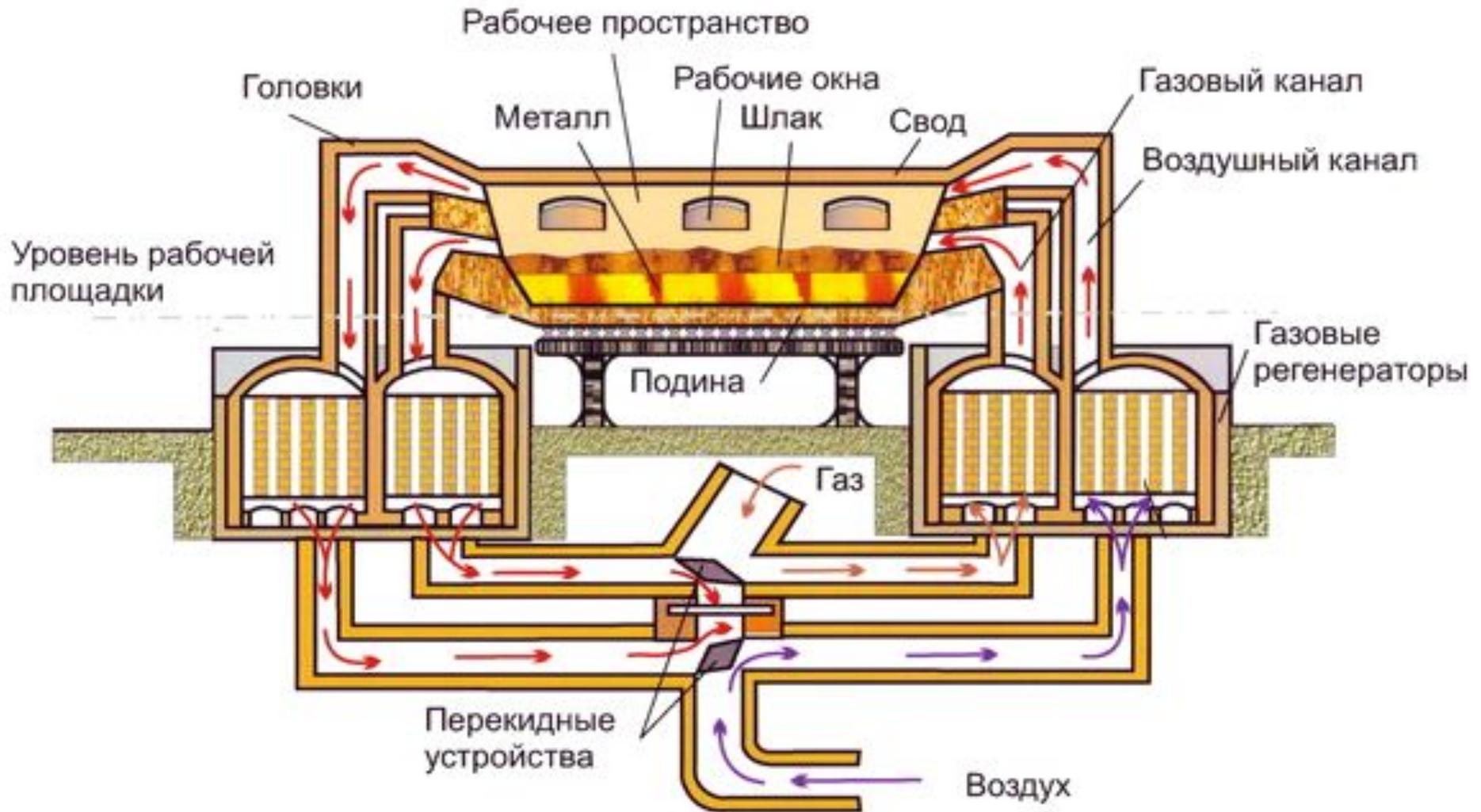


Лекция 4.
Углеродистые стали

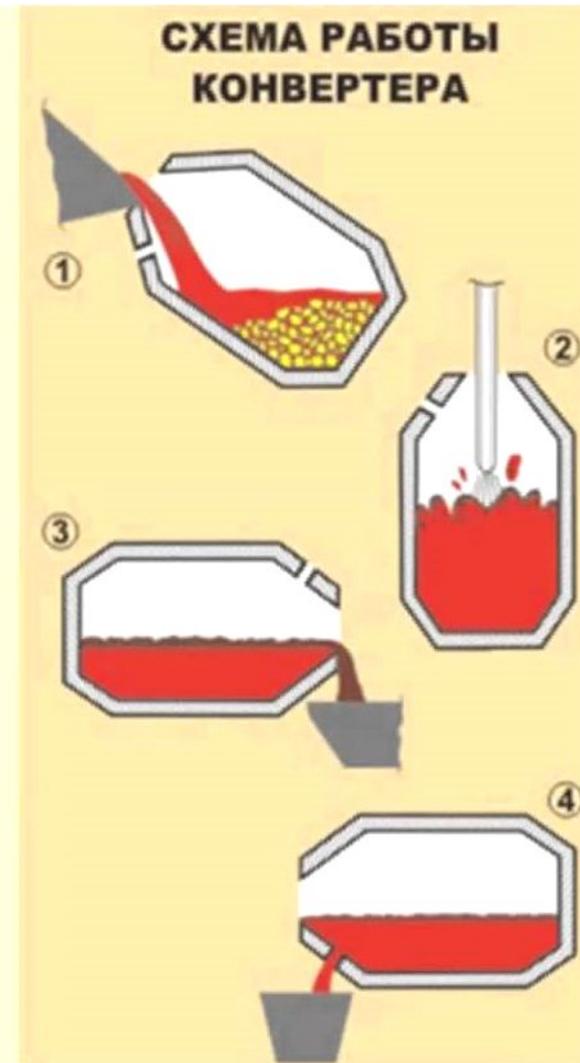
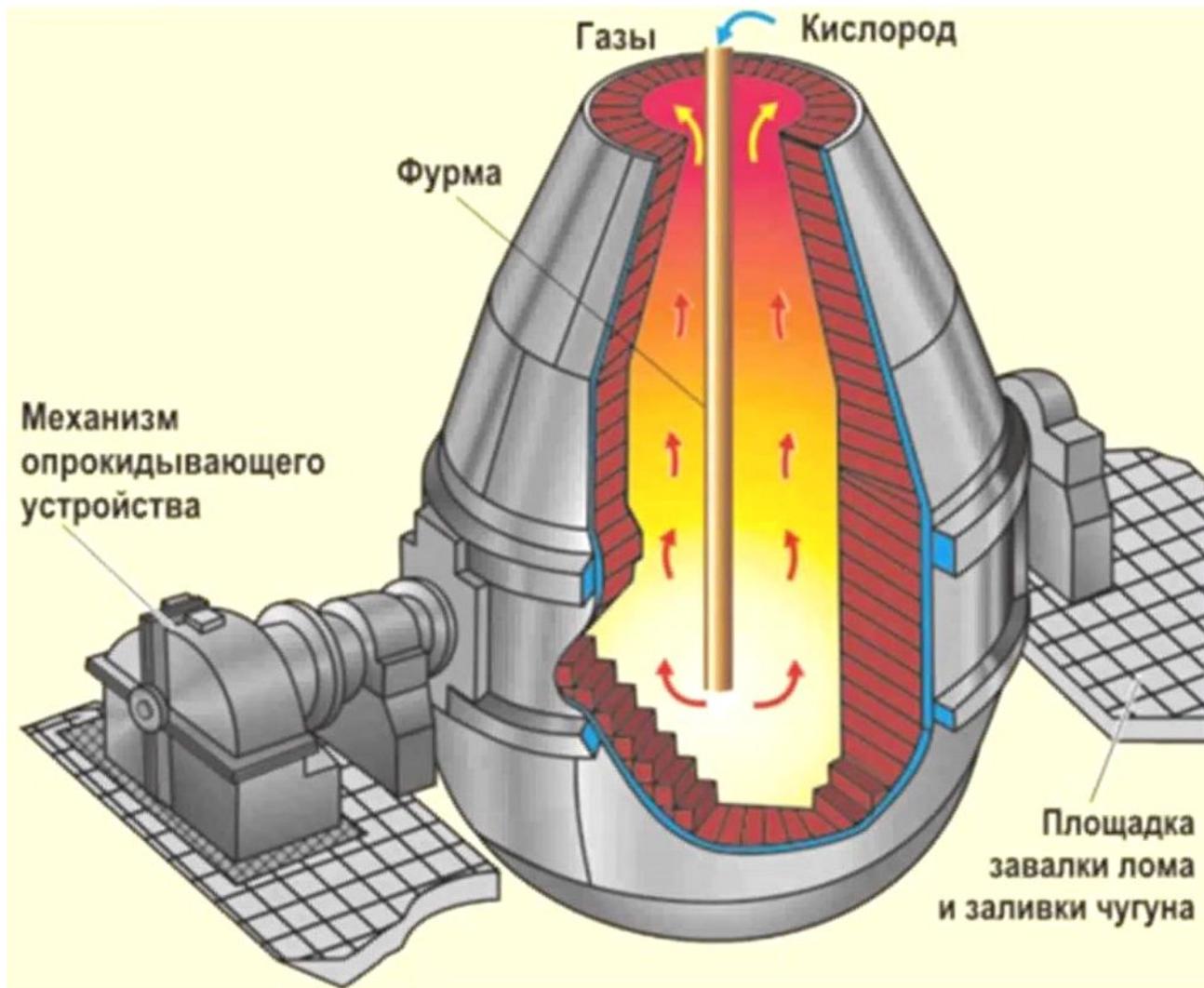
Технологии выплавки сталей

Мартеновский способ



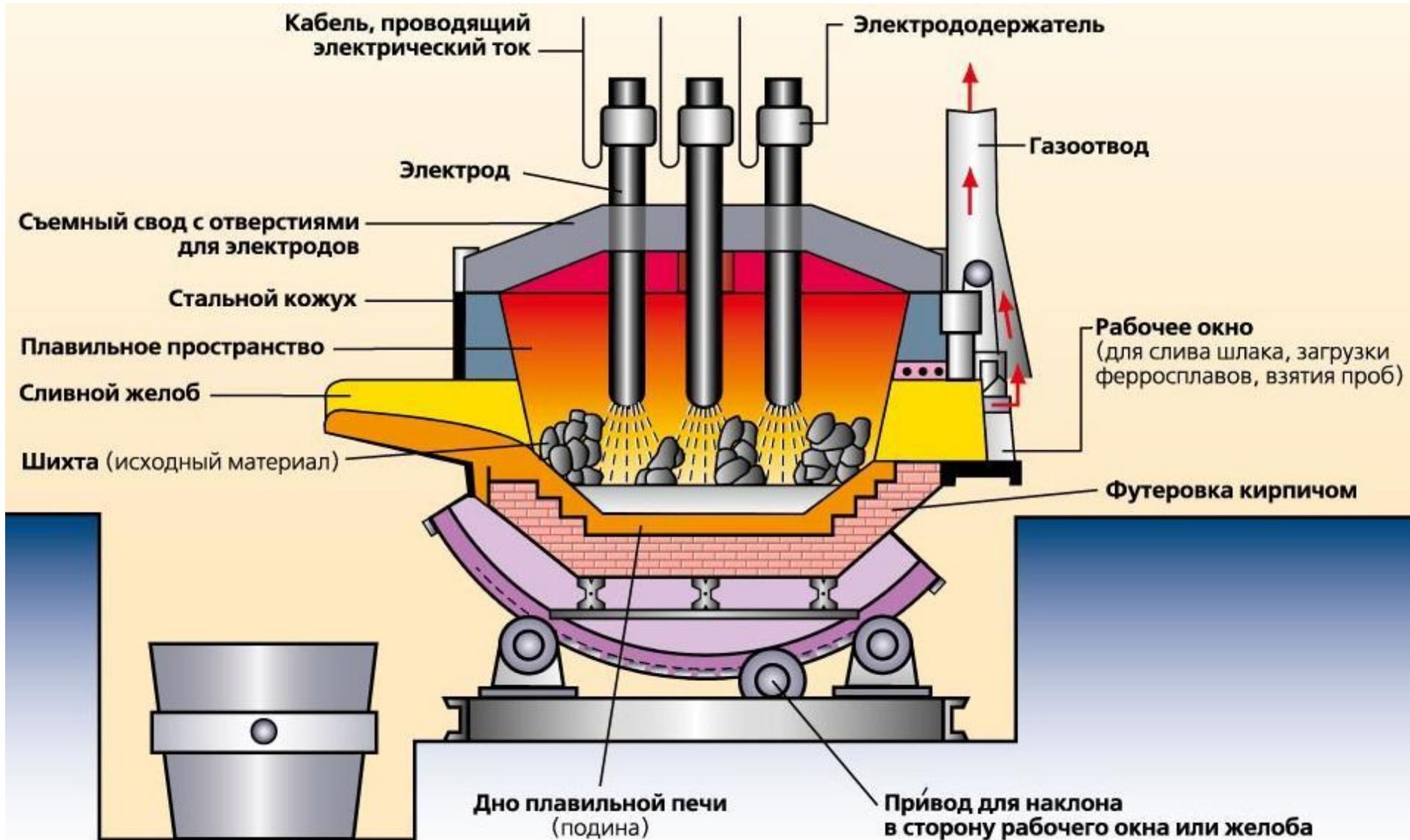
Технологии выплавки сталей

Кислородно-конвертерный способ

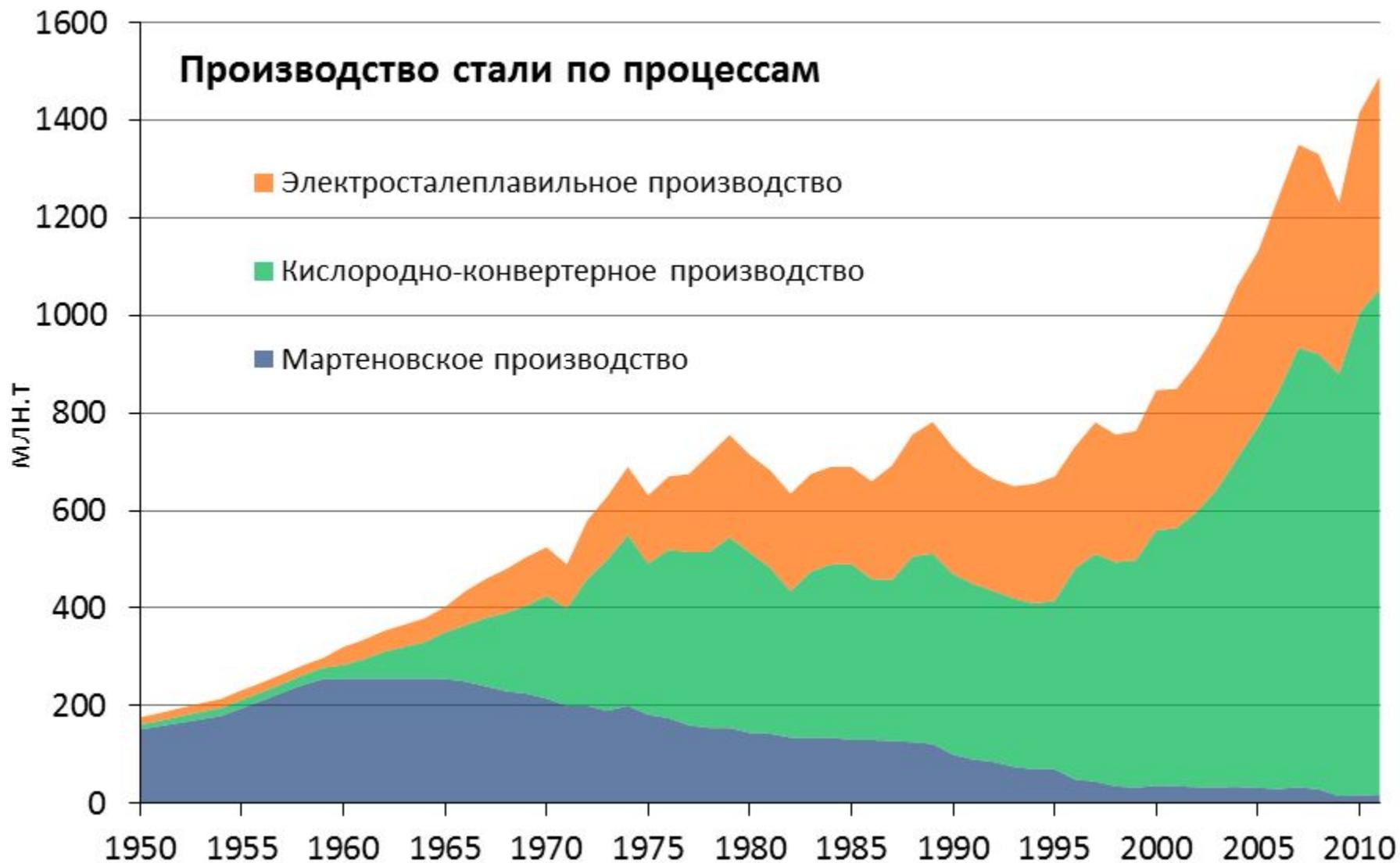


Технологии выплавки сталей

В электрических печах

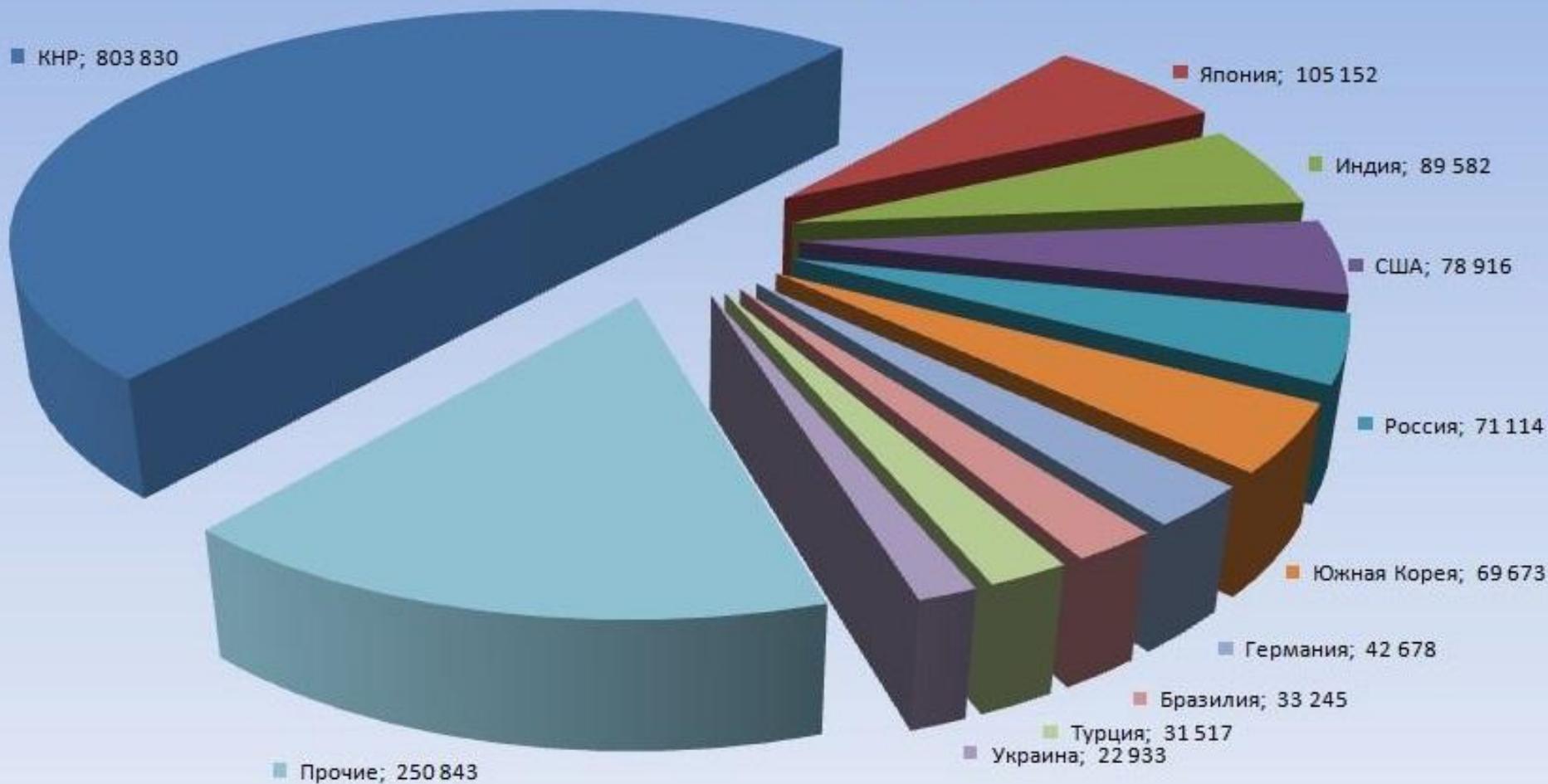


Технологии выплавки сталей

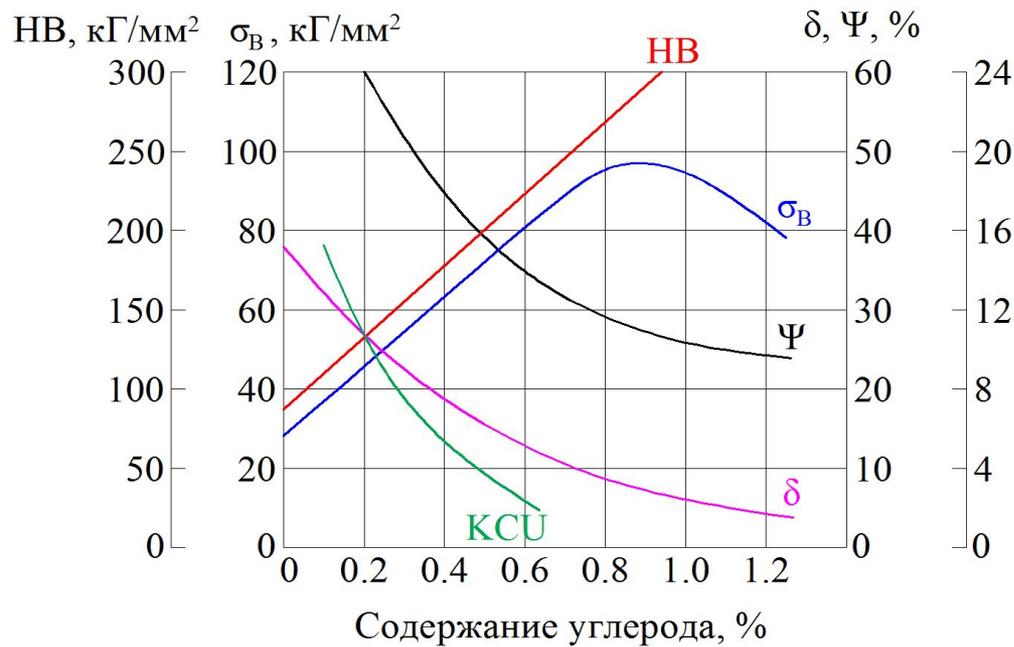


Технологии выплавки сталей

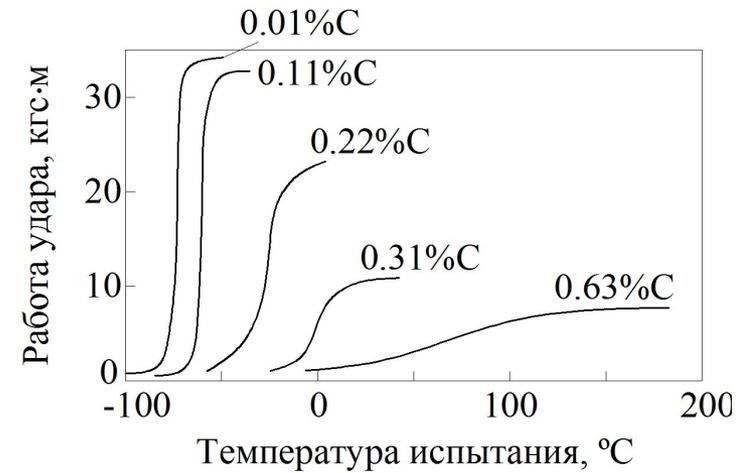
Производство стали 2015, тыс. тонн



Влияние углерода на свойства сталей

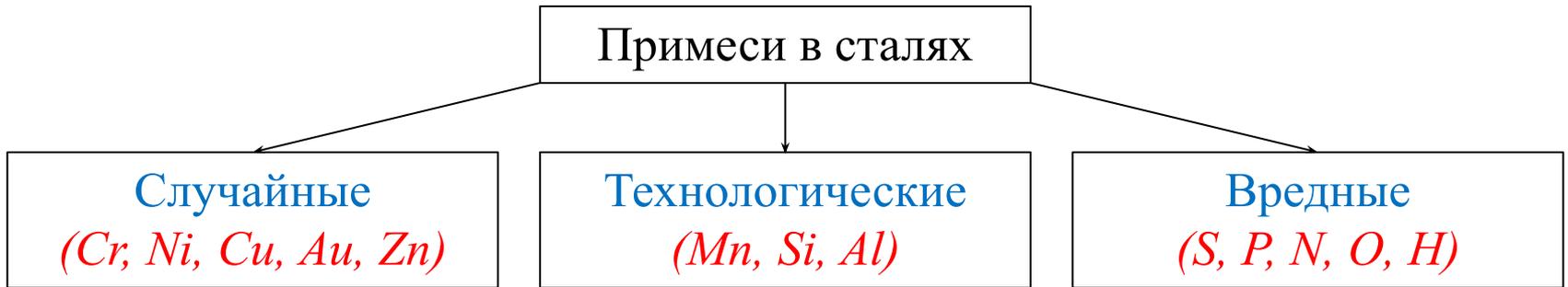


Зависимость механических свойств сталей от содержания углерода ($t^\circ = 20^\circ\text{C}$)



Влияние углерода на ударную вязкость сталей при низких температурах

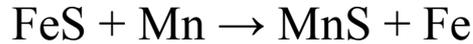
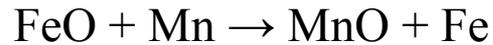
Примеси в сталях



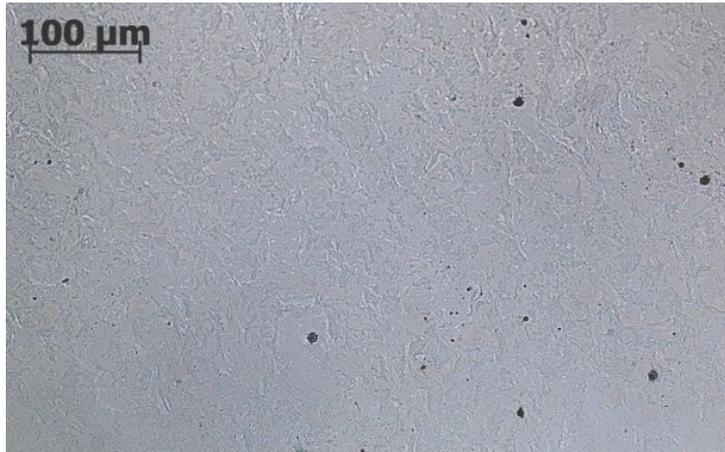
- *Случайные* – содержатся в малых количествах и обычно не оказывают влияния на свойства сталей.
- *Технологические* – наличие этих примесей обусловлено технологическими особенностями производства стали.
- *Вредные* – оказывают отрицательное влияние на свойства стали, но добиться полного их удаления невозможно, поэтому их содержание регламентируется.

Технологические примеси

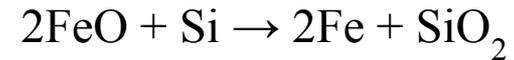
Марганец (0,3...0,8)%



- Повышает прочность, практически не снижая пластичности;
- Уменьшает красноломкость стали (хрупкость при высоких температурах, вызванную влиянием серы).



Кремний (0,15...0,4)%



- Наличие кремния при выплавке приводит к дегазации металла, повышая плотность слитка.
- Кремний сильно увеличивает прочность и снижает пластичность.



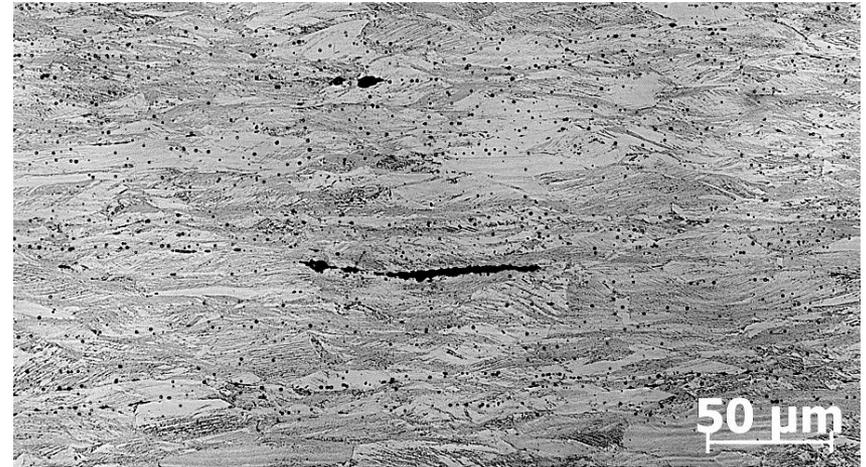
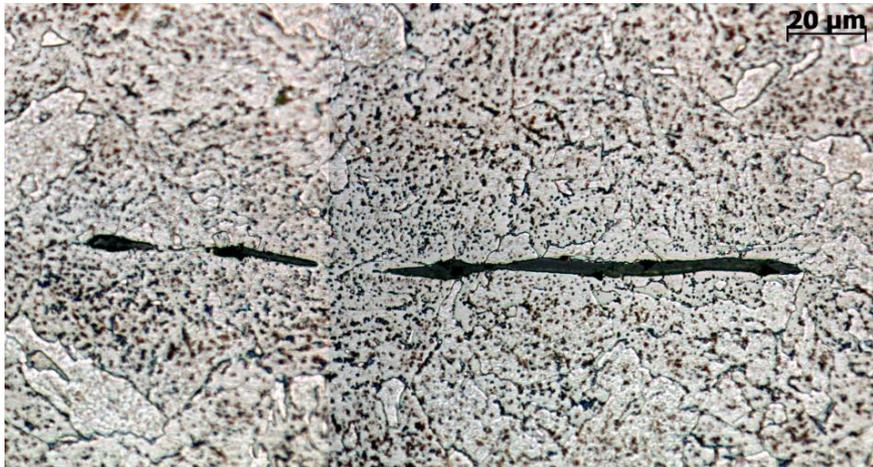
Фотографии микроструктуры металла двух крепёжных изделий, изготовленных из низкоуглеродистой стали: а - партия 1 – содержание элементов-раскислителей (Mn, Si) в норме; б – партия 2 – содержание элементов-раскислителей значительно ниже нормы

Вредные примеси

1. Сера.

Содержание серы: для сталей обыкновенного качества $\leq 0,03 \dots 0,04 \%$;
для высококачественных сталей $\leq 0,018 \dots 0,03 \%$.

Сера **нерастворима** в железе $\rightarrow \text{FeS} \rightarrow$ эвтектика ($\text{Fe} + \text{FeS}$) \rightarrow красноломкость стали.



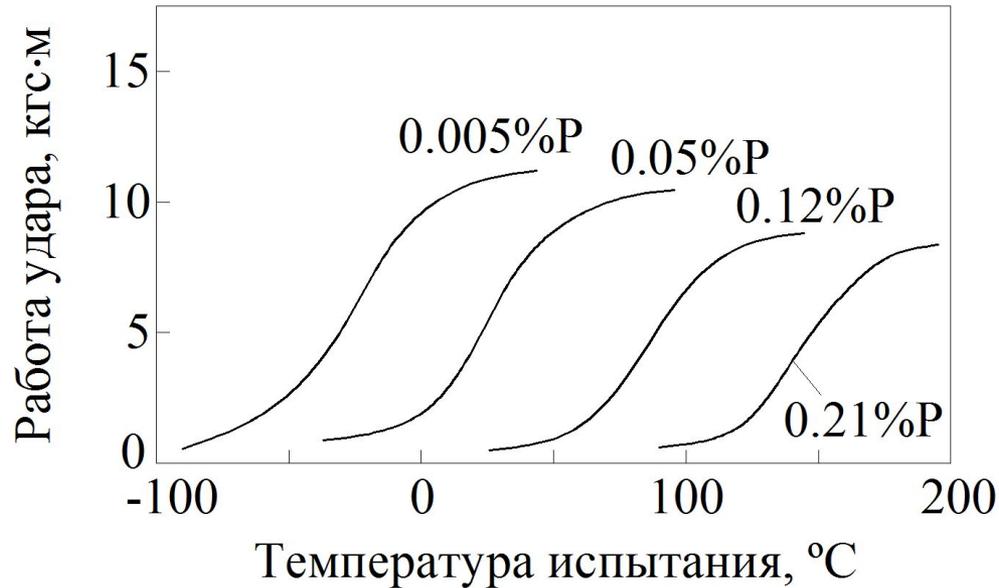
Микрофотографии сульфидных включений в сталях

Вредные примеси

2. Фосфор.

Содержание фосфора в сталях не должно превышать 0,025...0,045%

- Увеличивает характеристики прочности (σ_B , $\sigma_{0,2}$), но при этом резко снижает пластичность и вязкость.
- Способствует проявлению хладноломкости стали – увеличению температуры перехода металла из вязкого состояния в хрупкое и снижению работы разрушения.



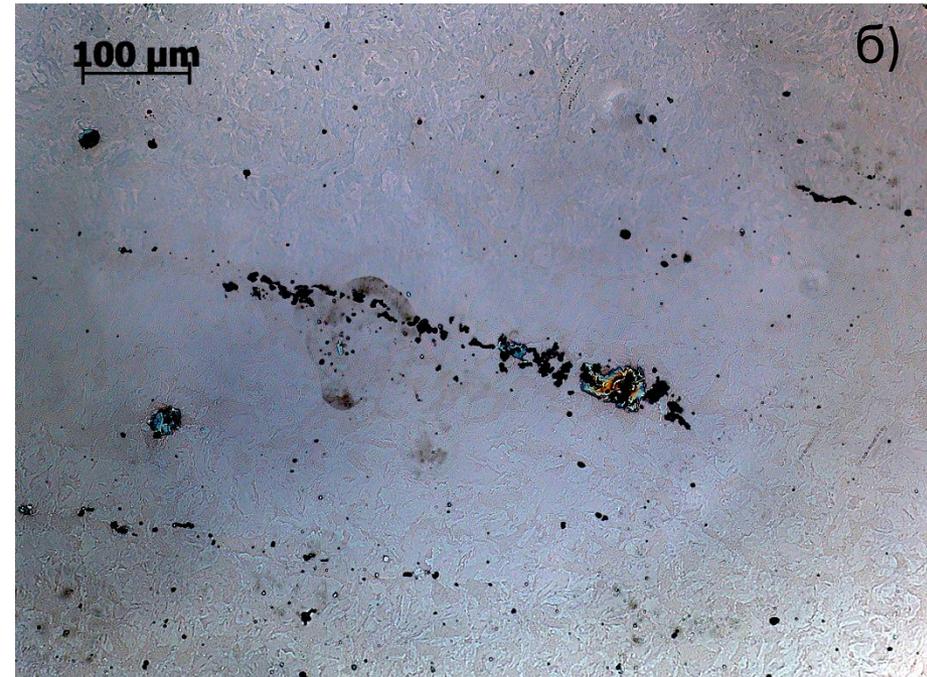
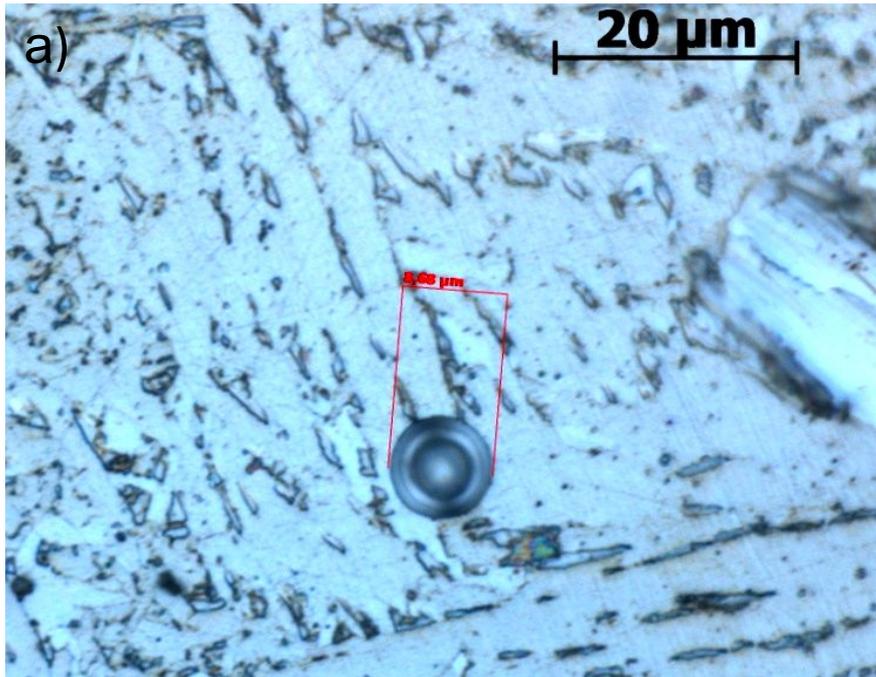
Влияние содержания фосфора на хладноломкость стали (сталь, С = 0,2%)

Вредные примеси

3. Газы (водород, азот, кислород).

Газы могут присутствовать в стали в следующих формах:

- в свободном состоянии в несплошностях типа пор, и полостей (водород);
- в виде твердых растворов внедрения (чаще всего, это азот и кислород);
- в виде хрупких неметаллических включений (FeO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_4N).

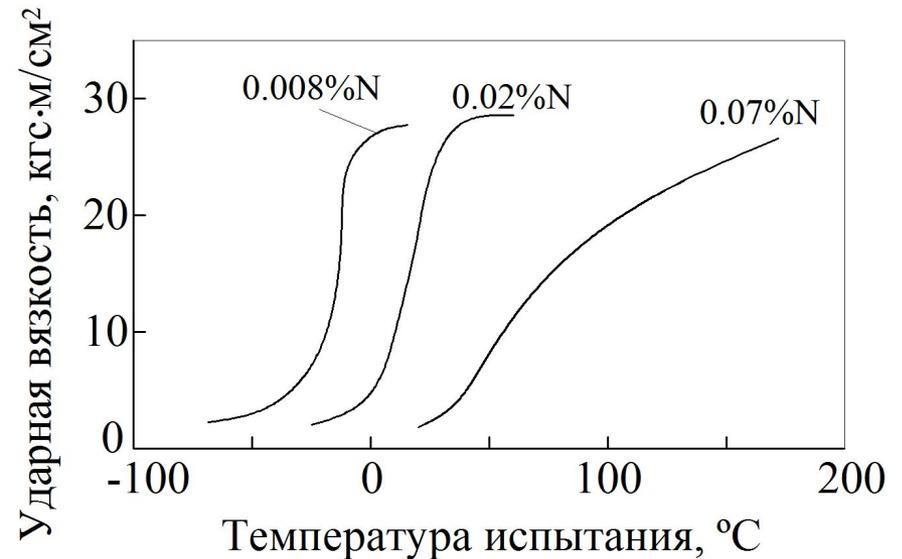
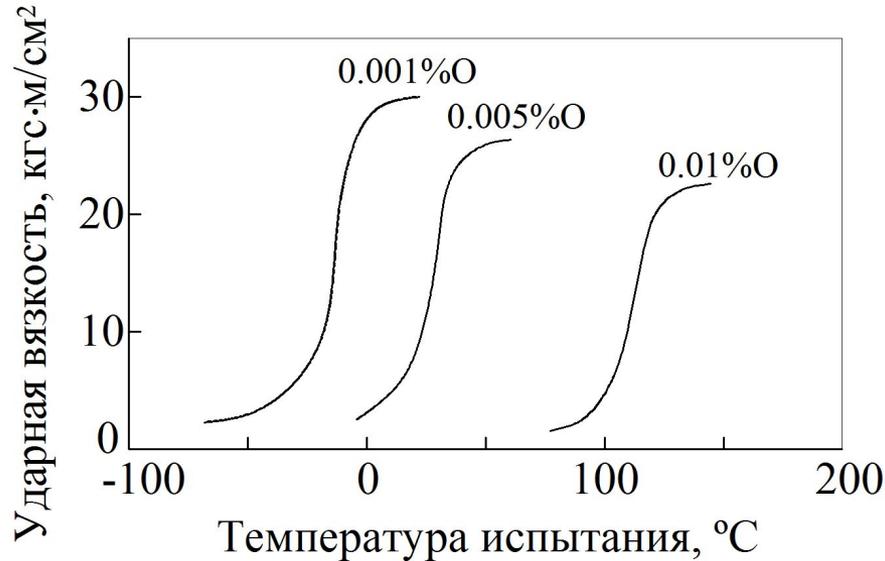


Микрофотографии несплошности (а) и кислородосодержащих включений (б) в сталях

Вредные примеси

3. Газы (водород, азот, кислород).

Влияние содержания кислорода и азота на ударную вязкость углеродистой стали



Содержание газов в углеродистых сталях при различных способах производства

Газ	Способ производства		
	в электропечах	мартеновский	кислородно-конвертерный
Водород	0,0004...0,0006	0,0003...0,0007	0,0001...0,0003
Азот	0,007...0,010	0,004...0,006	0,002...0,005
Кислород	0,002...0,004	0,005...0,008	0,005...0,008

Классификация углеродистых сталей



Стали общего назначения (обыкновенного качества)

ГОСТ 380-2005

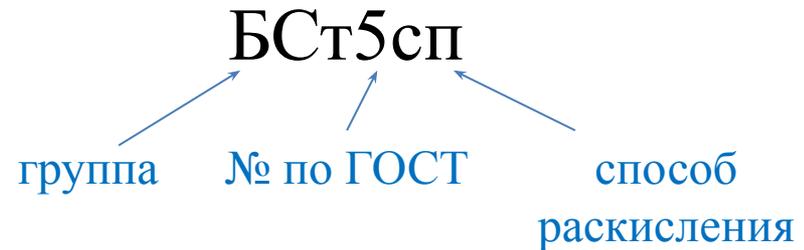
Применение

- Горячекатаный прокат (балки, прутки, швеллеры, уголки, листы, трубы, работающие при невысоких нагрузках и механических напряжениях).
- Строительные сварные, клепаные и болтовые конструкции (балки ферм, конструкции подъемных кранов, корпуса сосудов и аппаратов и др.).
- Малонапряженные детали машин (оси, валы, шестерни, пальцы, втулки и т.д.).

Маркировка

В марке стали общего назначения указываются:

- группа стали (А, Б, В);
- № стали в ГОСТе (0, 1, ..., 6);
- способ раскисления (кп, пс, сп).



Примеры марок сталей: ВСт3кп, БСт5сп, Ст0, Ст1кп и др.

Стали общего назначения (обыкновенного качества)

Стали общего назначения группы А

Марка стали	Механические характеристики		
	σ_B , МПа (кГс/мм ²)	σ_T , МПа (кГс/мм ²), не менее	δ_5 , %, не менее
Ст0	300 (31)	-	22
Ст1	310...410 (32...42)	-	32
Ст2	330...430 (34...44)	205 (21)	31
Ст3	370...480 (38...49)	225 (23)	25
Ст4	410...530 (42...54)	245 (25)	23
Ст5	490...625 (50...64)	265 (27)	19
Ст6	> 585 (> 60)	294 (30)	14

Стали общего назначения группы Б

Марка стали	Содержание химических элементов, %		
	C	Mn	Другие
Ст0	$\leq 0,023$	-	Si < 0,07 (кп) Si = 0,05...0,15 (пс) Si = 0,12...0,30 (сп) S $\leq 0,05\%$ P $\leq 0,04\%$ Ni $\leq 0,3\%$ Cr $\leq 0,3\%$
Ст1	0,06...0,12	0,25...0,50	
Ст2	0,09...0,15	0,25...0,50	
Ст3	0,14...0,22	0,30...0,65	
Ст4	0,18...0,27	0,40...0,75	
Ст5	0,28...0,37	0,50...0,85	
Ст6	0,38...0,49	0,50...0,85	

Качественные конструкционные стали

Применение

	Содержание углерода, %	Применение
Низкоуглеродистые	0,05...0,25	Малонагруженные детали, сварные конструкции
Среднеуглеродистые	0,30...0,55	Нагруженные детали машиностроения (валы, шпиндели, фрикционные диски, плунжеры и т.д.)
Высокоуглеродистые	0,60...0,90	Детали, работающие в условиях трения, высоких вибрационных и циклических нагрузок (пружины и рессоры, валы и т.д.)

Маркировка

Качественные конструкционные углеродистые стали маркируются цифрами, которые указывают на среднее *содержание углерода в сотых долях процента*.

Примеры марок сталей:

05	Низко- углеродистые	30	Средне- углеродистые	65	Высоко- углеродистые
05кп		40		70	
08		45		75	
10		50		80	
20		60		85	

Качественные конструкционные стали

Автоматные стали

Содержат в составе повышенное количество **серы** (0,08...0,30)% и **фосфора** (0,05...0,15)%.

+ Обладают повышенной обрабатываемостью резанием;
+ Повышенные твердость и прочность.

- Низкие пластичность, вязкость;
- Высокий порог хладноломкости;
- Повышенная склонность к коррозии.

Некоторые марки автоматных конструкционных сталей

Марка стали	Химический состав, %					
	C	Mn	Si	S	P	Pb
A12	0,08...0,16	0,7...1,0	0,15...0,35	0,08...0,20	0,08...0,15	-
A30	0,27...0,35	0,7...1,0	0,15...0,35	0,08...0,15	< 0,06	-
A40Г	0,37...0,45	1,20...1,55	0,15...0,35	0,18...0,30	< 0,05	-
AC40	0,37...0,45	0,5...0,8	0,17...0,37	< 0,04	< 0,04	0,15...0,30

Инструментальные углеродистые стали

Применение

Инструмент различного назначения (фрезы, зенкеры, сверла, ручные ножовки, напильники, хирургический инструмент и т.д.).

Маркировка

Углеродистые инструментальные стали маркируются буквой **У**, следующая за ней цифра указывает *содержание углерода в десятых долях процента*.

Примеры обозначения марок инструментальных углеродистых сталей:

У7 – инструментальная углеродистая сталь с содержанием углерода 0.7%;

У13 – инструментальная углеродистая сталь с содержанием углерода 1.3%;

У7А – инструментальная углеродистая сталь с содержанием углерода 0.7%, высококачественная;

У8ГА – инструментальная углеродистая сталь с содержанием углерода 0.8%, высококачественная, с повышенным содержанием марганца.