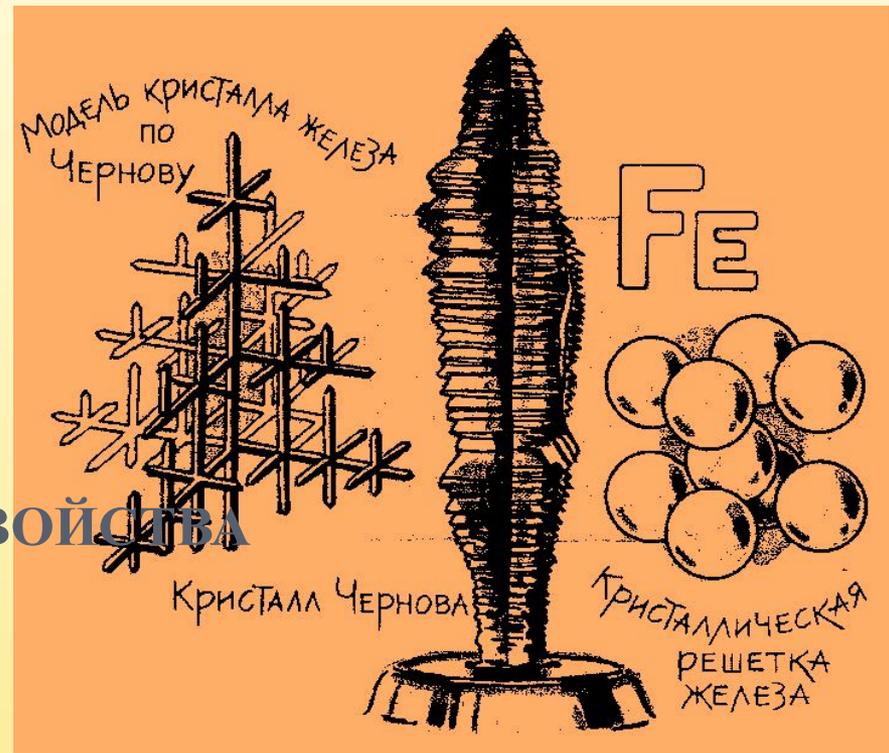


Чугуны и их свойства



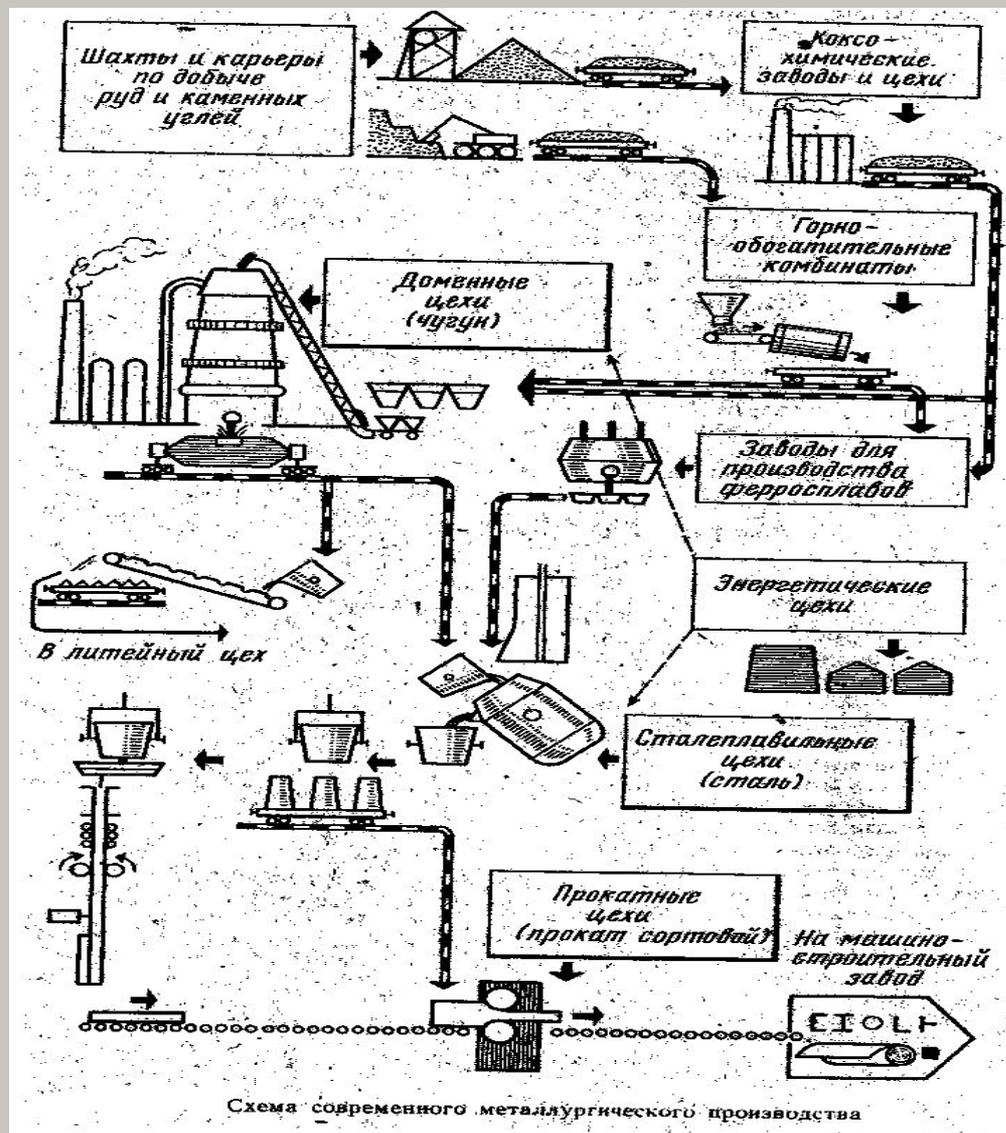
Состав чугунов

Основные свойства чугунов

Классификация и маркировка чугунов

Производство чугуна

- Для производства чугуна необходимо приготовить смесь сырых материалов – шихту.
- Шихта состоит из железной руды, топлива, флюсов, взятых в определенных соотношениях.



КАК ВЫПЛАВЛЯЛИ МЕТАЛЛ В ДРЕВНОСТИ?

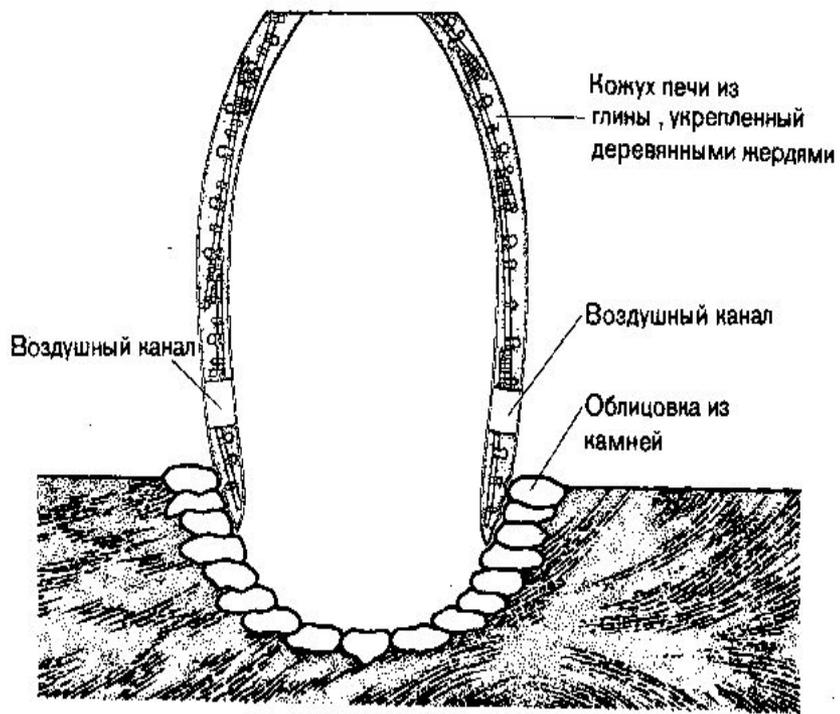


- Древние мастера выплавляли металл в небольших глиняных сосудах – тиглях. Руду тщательно готовили, а затем засыпали в тигель послойно с порошком из древесного угля.

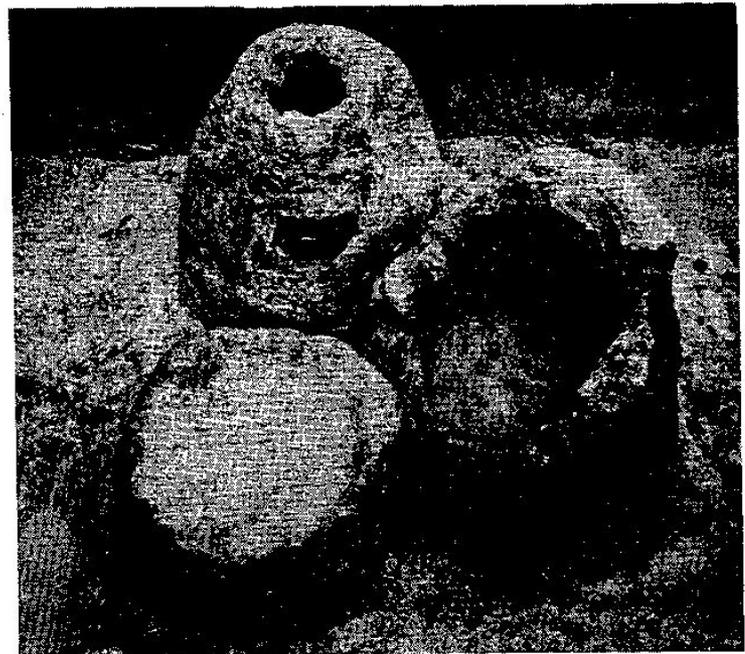




Сегодня в Индии действуют современные доменные и сталеплавильные заводы, но еще 50 лет назад индийские крестьяне получали железо в примитивных горнах, пришедших из прошлого тысячелетия.



Сыродутный кирпичный горн в принципе представлял собой яму, над которой возвышалась куполообразная шахта с воздушными каналами для дутья. Крицу извлекали из печи через пролом в стенке шахты.

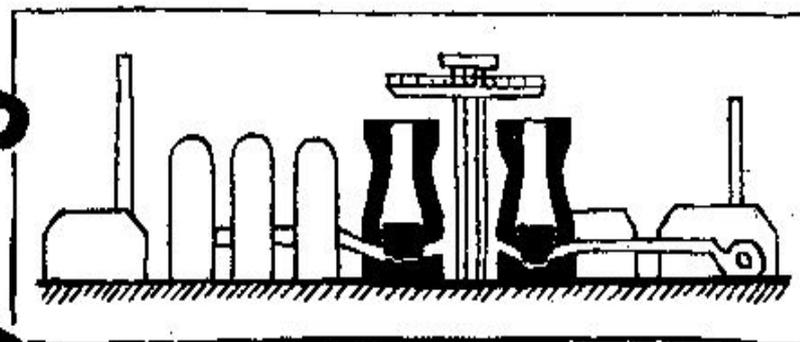


Сыродутный горн в местности Гера-Тинц в Тюрингии (I—III вв.).

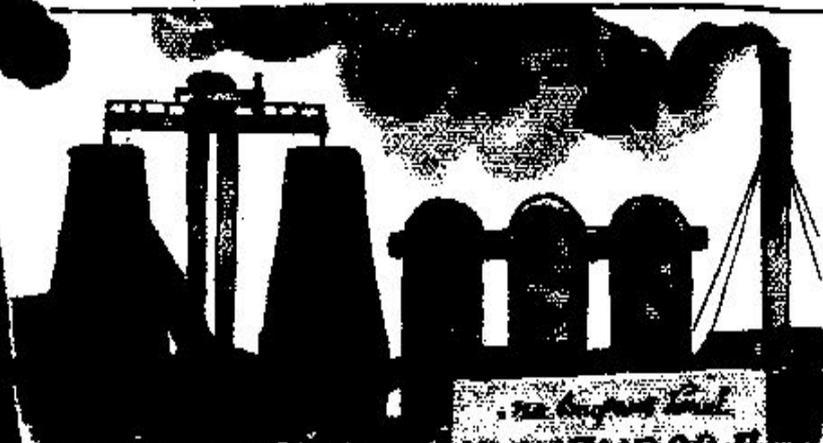




Домница древних славян



Доменная фабрика конца XVII века



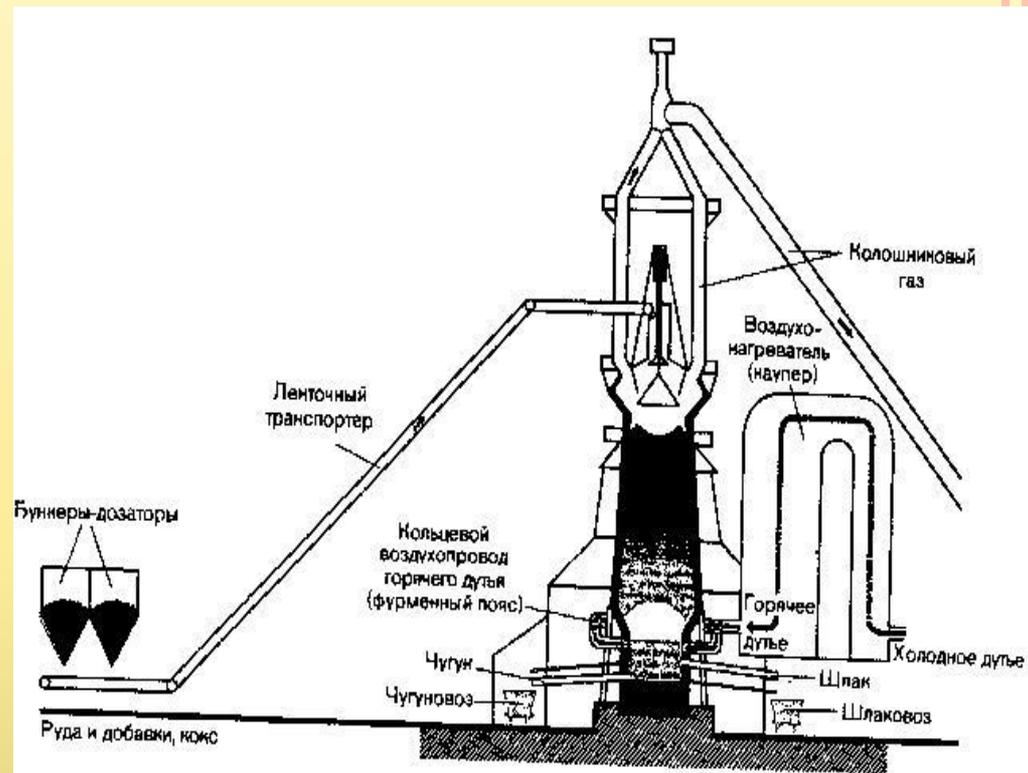
Уральский металлургический завод XIX века



Клеймо "Старый соболь"



Современная доменная печь



Современная доменная печь принадлежит к числу самых высокопроизводительных агрегатов для переработки веществ. Помимо чугуна она дает колошниковый газ и доменный шлак, которые также используются в промышленности. Суточная производительность крупнейших домен сейчас достигает 10000 т чугуна

ПРОДУКТЫ ДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Для получения

1 т чугуна

0,6 т шлака

6-6,5 т доменного газа

необходимо

2-2,2 т железной руды

0,7– 1,1 т кокса

5 т воздуха

Производительность

доменной печи

повышается на 15-20%,

при применении дутья

(добавляют 25% кислорода

к воздуху).



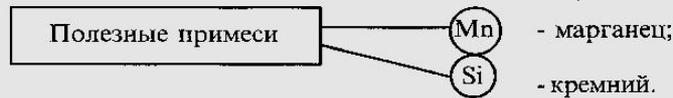
1. Состав чугунов

Чугун – сплав железа с углеродом, содержащий углерода более 2%.

В отличие от стали чугун является более хрупким материалом.
Чугун получают из железных руд в доменных печах.

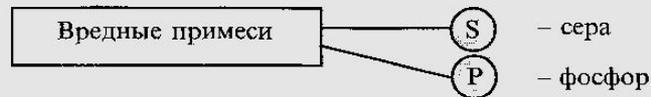
Кроме основы (железа) - Fe
и углерода - C

в чугунах содержатся:



Марганец – повышает твердость чугуна.

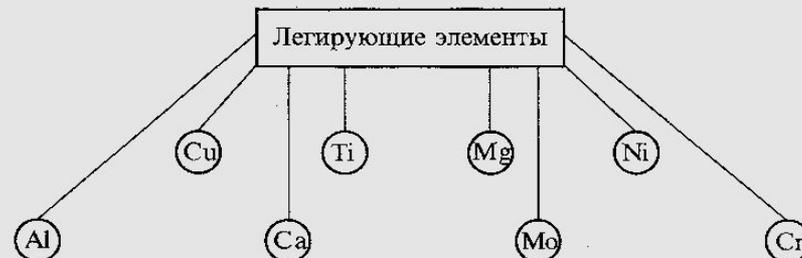
Кремний – повышает прочность и вязкость чугуна, улучшает литейные свойства.



Сера – понижает прочность, ухудшает литейные свойства чугуна.

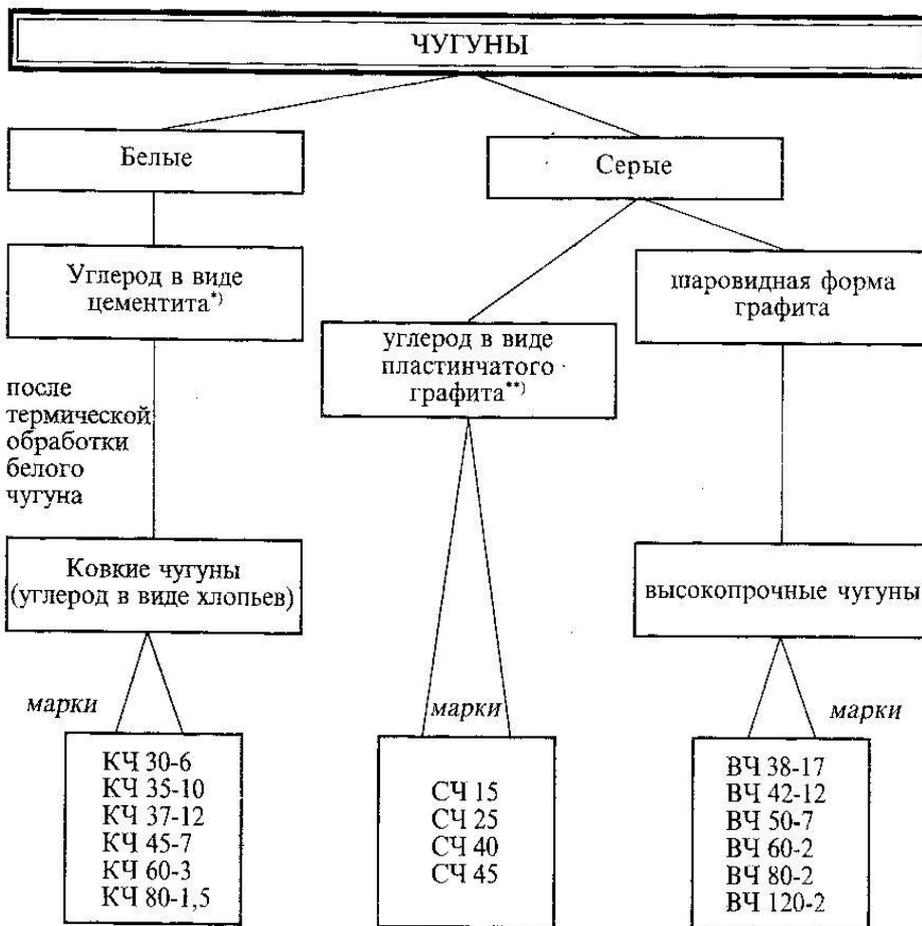
Фосфор – повышает хрупкость.

Для улучшения свойств чугунов производят их модифицирование и легирование путем добавления легирующих элементов (алюминий, медь, кальций, титан, магний, молибден, никель, хром).



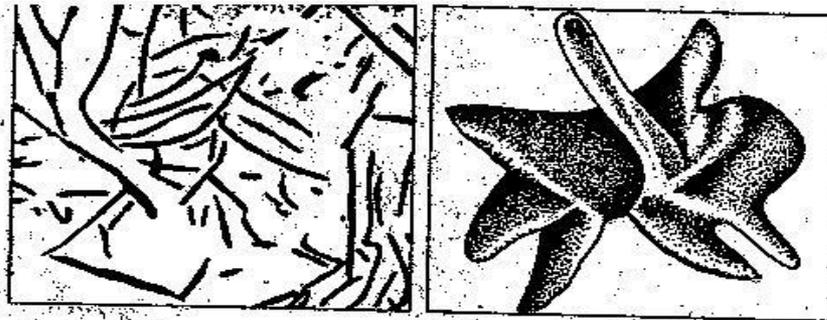
В зависимости от структуры и химического состава чугуны разделяют на ряд групп.

По структуре, в зависимости от характера соединения железа с углеродом, чугуны можно разделить на белые и серые.

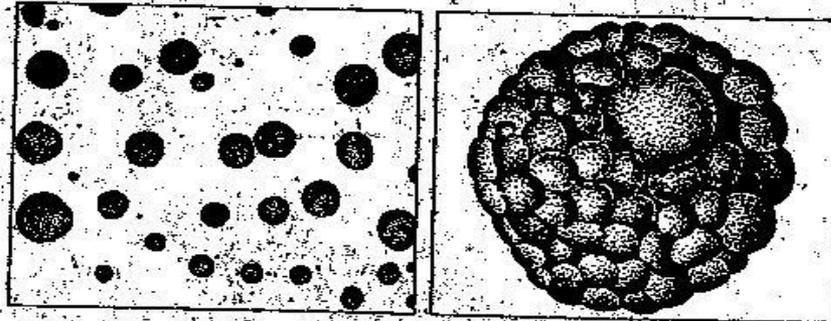


*) Цементит – карбид железа Fe_3C (сплав железа с углеродом).

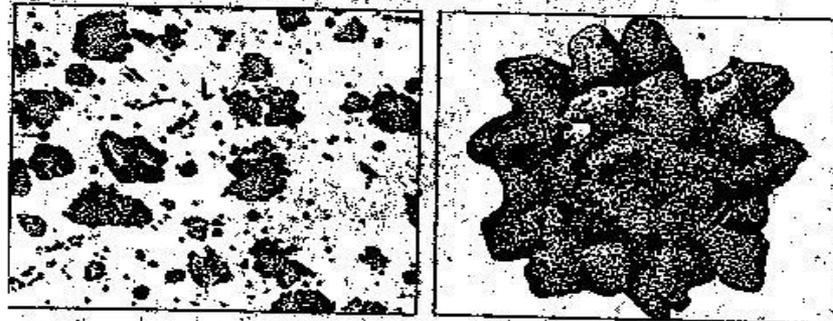
**) Графит – углерод, выделяющийся в железоуглеродистых сплавах в свободном состоянии.



а)



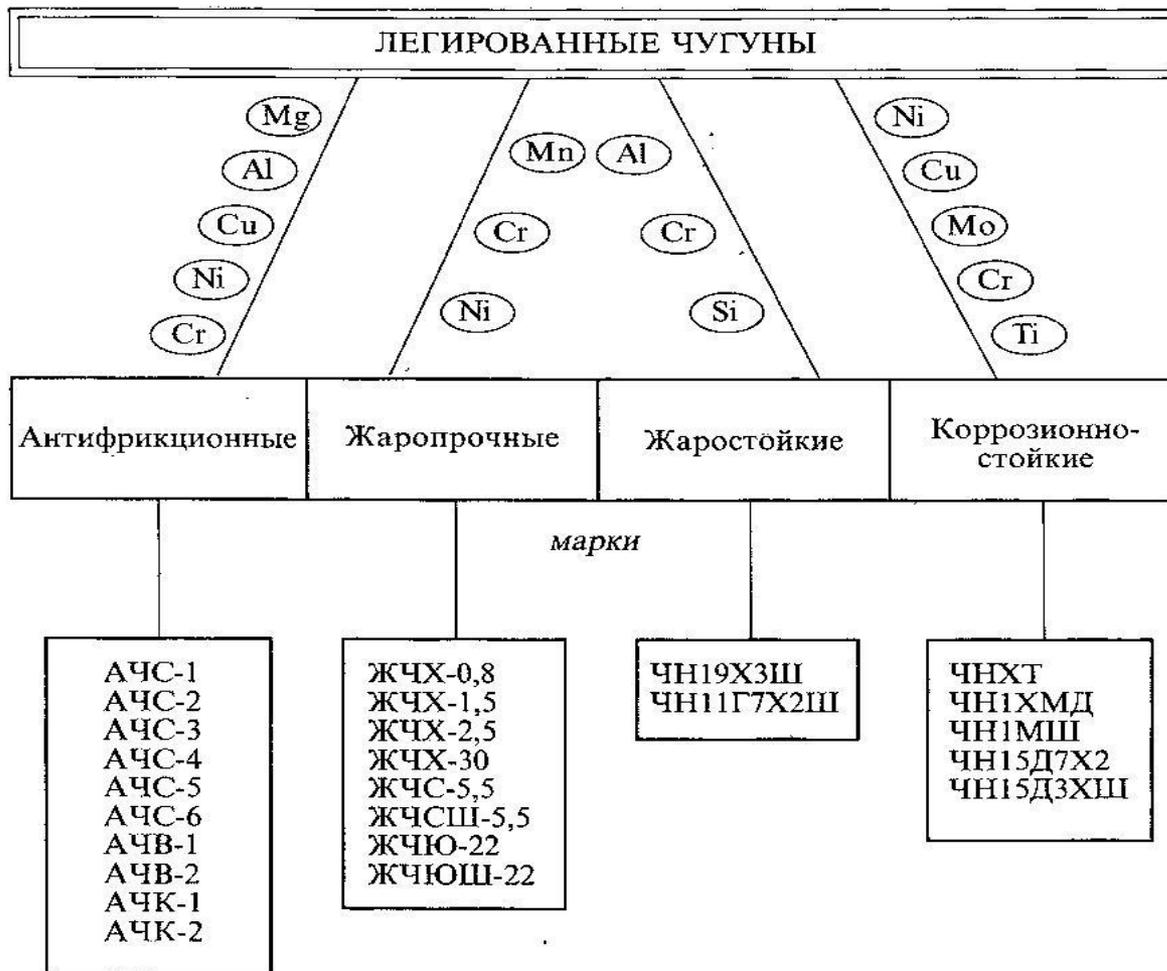
б)



в)

рис. 25. Микроструктура чугуна с различной формой графита:
 а — пластинчатый графит в сером чугуне, б — шаровидный графит в высокопрочном чугуне, в — хлопьевидный графит в ковком чугуне

По химическому составу чугуны разделяют на нелегированные и легированные, в которые вводятся специальные элементы для улучшения свойств чугуна.



2.1. Белый чугун

Белые чугуны характеризуются наличием углерода в виде цементита (Fe_3C).

Белый чугун отличается:

- *высокой твердостью*
- *хрупкостью*
- *высокой износостойкостью*

Механические свойства белого чугуна:

Предел прочности при растяжении σ_B , Н/мм ²	Относительное удлинение δ , %	Твердость по Бринеллю, НВ	
		Н/мм ²	кгс/мм ²
142	0	3234-3920	330-400

2.2. Ковкий чугун

Ковкими называют чугуны, в которых графит имеет хлопьевидную форму. Их получают термической обработкой белых чугунов.

Ковкие чугуны содержат:

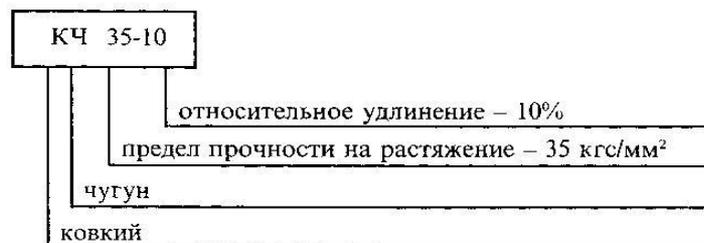
- углерод	2,2-3,1%	(C)
- кремний	0,7-1,5%	(Si)
- марганец	0,3-0,6%	(Mn)
- фосфор	до 0,18%	(P)
- серу	до 0,12%	(S)
- хром	до 0,2%	(Cr)

2.2.1. Маркировка ковких чугунов

Обозначение марки ковкого чугуна включает:

- буквы **КЧ**
(обозначают "ковкий чугун");
- цифры
(первое число показывает предел прочности при растяжении σ , кгс/мм²; второе число - относительное удлинение δ , %).

Пример маркировки ковкого чугуна:



2.2.2. Свойства ковкого чугуна

Ковкий чугун обладает высокой прочностью и пластичностью, хорошо обрабатывается резанием.

Механические свойства ковкого чугуна:

Марка чугуна	Предел прочности при растяжении σ_B , Н/мм ²	Относительное удлинение δ , %	Твердость по Бринеллю, НВ	
			Н/мм ²	кгс/мм ²
КЧ 30-6	294	6	1000-1630	102-166
КЧ 35-10	343	10	1000-1630	102-166
КЧ 37-12	363	12	1100-1630	112-166
КЧ 45-7	441	7	1500-2070	153-211
КЧ 60-3	588	3	2000-2690	204-274
КЧ 80-1,5	784	1,5	2700-3200	275-326

Ковкие чугуны широко применяются в машиностроении для изготовления деталей высокой прочности.



2.3. Серый чугун

Серый чугун характеризуется тем, что в его структуру входит пластинчатый графит.

Серые чугуны содержат:

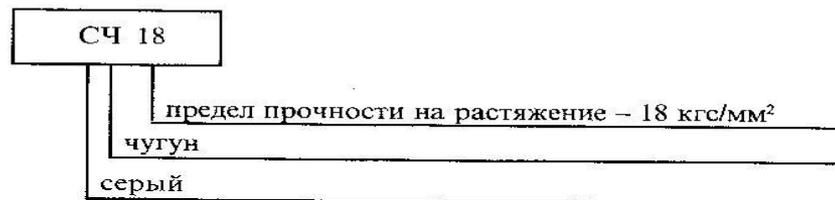
- углерод	2,5-3,6%	(C)
- кремний	1,1-2,9%	(Si)
- марганец	0,2-1,4%	(Mn)
- фосфор	до 0,02-0,4%	(P)
- серу	до 0,02-0,15%	(S)
- хром	до 0,15-0,3%	(Cr)
- никель	до 0,5%	(Ni)

2.3.1. Маркировка серых чугунов

Обозначение марки серого чугуна включает:

- буквы **СЧ**
(обозначают "серый чугун");
- цифры
(показывают предел прочности при растяжении σ , кгс/мм²).

Пример маркировки серого чугуна:



2.3.2. Свойства серого чугуна

Серый чугун обладает высокими литейными свойствами, хорошо обрабатывается резанием.

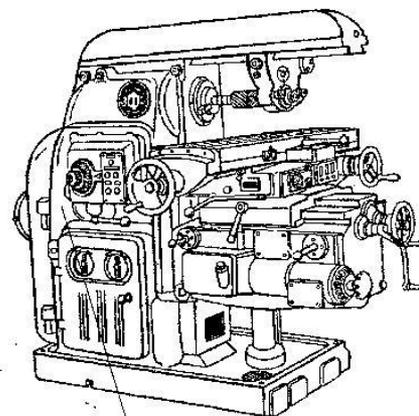
Широко применяется в машиностроении.

Механические свойства серого чугуна:

Марка чугуна	Предел прочности при растяжении σ_B , Н/мм ²	Твердость по Бринеллю, НВ	
		Н/мм ²	кгс/мм ²
СЧ 15	150	1630-2290	166-234
СЧ 25	250	1800-2500	183-255
СЧ 40	400	2070-2850	211-290
СЧ 45	450	2290-2890	234-294

Для повышения механических свойств производится модифицирование серого чугуна путем добавления алюминия или кальция.

Отливки из чугуна СЧ 40, СЧ 45 относятся к особо качественным, получаемым специальным способом производства. Применяются для наиболее ответственного литья.



станина из серого чугуна



Высокопрочный чугун от остальных марок отличается тем, что в структуре имеет шаровидную форму графита.

Высокопрочные чугуны содержат:

- углерод	2,7-3,6%	(C)
- кремний	1,0-3,8%	(Si)
- марганец	0,4-0,9%	(Mn)
- фосфор	до 0,1%	(P)
- серу	до 0,14%	(S)
- хром	до 0,1%	(Cr)
- никель	0,2-0,8%	(Ni)

2.4.1. Маркировка высокопрочных чугунов

Обозначение марки высокопрочного чугуна включает:

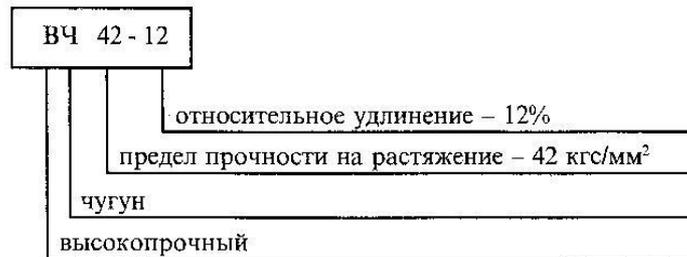
– буквы **ВЧ**

(обозначают "высокопрочный чугун");

– цифры

(первое число показывает предел прочности при растяжении σ , кгс/мм²; второе число – относительное удлинение δ , %).

Пример маркировки высокопрочного чугуна:



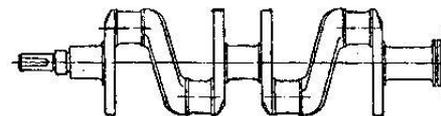
2.4.2. Свойства высокопрочного чугуна

Высокопрочный чугун обладает высокой прочностью и удовлетворительной пластичностью.

Механические свойства высокопрочного чугуна:

Марка чугуна	Предел прочности при растяжении $\sigma_{в}$, Н/мм ²	Относительное удлинение δ , %	Твердость по Бринеллю, НВ	
			Н/мм ²	кгс/мм ²
ВЧ 38-17	380	17	1400-1700	142-173
ВЧ 42-12	420	12	1400-2000	142-204
ВЧ 50-7	500	7	1710-2410	174-246
ВЧ 60-2	600	2	2000-2800	204-285
ВЧ 80-2	800	2	2500-3300	255-336
ВЧ 120-2	1200	2	3020-3800	308-388

Высокопрочный чугун применяется в различных отраслях техники при изготовлении прокатных станов, кузнечно-прессового оборудования, деталей турбин и других ответственных деталей.



коленчатый вал из высокопрочного чугуна



2.5. Антифрикционный чугун

Антифрикционные чугуны получают на основе серых, высокопрочных и ковких чугунов.



Чугуны АЧС легированы: хромом (0,2-0,4%);
никелем (0,2-0,4%);
медью (0,3-2%);
алюминием (0,4-0,8%).

Чугуны АЧВ легированы: медью (□ 0,7%);
магнием (⊥ 0,03%).

Чугуны АЧК легированы: медью (1-1,5%).

2.5.1. Маркировка антифрикционных чугунов

Обозначение марки антифрикционного чугуна включает:

- буквы **АЧ**
(обозначают "антифрикционный чугун");

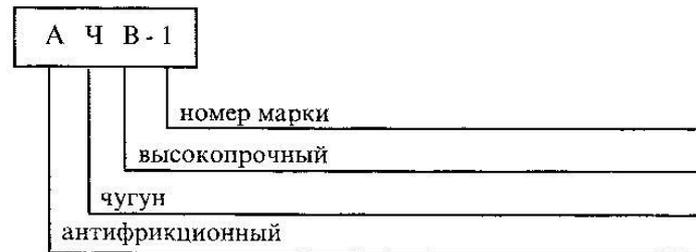
С - серый

В - высокопрочный

К - ковкий

- цифры
(указывают номер марки).

Пример маркировки антифрикционного чугуна:



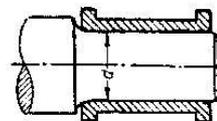
2.5.2. Свойства антифрикционного чугуна

Антифрикционный чугун обладает хорошей износостойкостью.

Механические свойства антифрикционного чугуна:

Марка чугуна	Твердость по Бринеллю, НВ	
	Н/мм ²	кгс/мм ²
АЧС-1	1766-2364	180-262
АЧС-2	1766-2246	180-229
АЧС-3	1570-1864	160-190
АЧС-4	1766-2246	180-229
АЧС-5	1766-2246	180-229
АЧС-6	981-1177	100-120
АЧВ-1	2058-2550	210-260
АЧВ-2	1638-1933	167-197
АЧК-1	1834-2573	187-262
АЧК-2	1638-1933	167-197

Антифрикционные чугуны используются для изготовления деталей, работающих в условиях трения скольжения.



Подшипник скольжения
из антифрикционного чугуна

2.6. Жаропрочный чугун

Путем введения легирующих элементов создаются чугуны со специальными физическими и химическими свойствами.

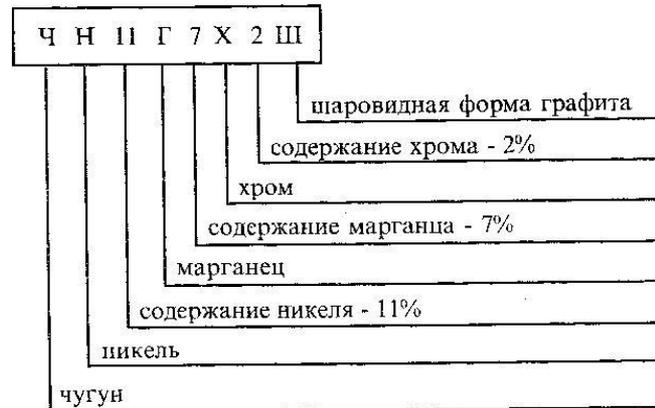
Жаропрочный чугун предназначен для эксплуатации при температуре до 600°C. Легирован никелем, хромом, марганцем.

2.6.1. Маркировка жаропрочных чугунов

Обозначение марки жаропрочного чугуна включает:

- букву **Ч**
(обозначает "чугун");
- буквы **Н, Х, Г**
(обозначают легирующие элементы – никель, хром, марганец);
- букву **Ш**
(обозначает, что графит имеет шаровидную форму);
- цифры за буквой
(указывают процентное содержание легирующих элементов).

Пример маркировки жаропрочного чугуна:



2.6.2. Свойства жаропрочного чугуна

Жаропрочный чугун сохраняет прочность при температурах до 600°C.
Имеет пониженную обрабатываемость резанием.

Химический состав и механические свойства жаропрочных чугунов:

Марка чугуна	Химический состав, %							Механические свойства при 20°C		
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	σ_B , Н/мм ²	δ , %	HB, Н/мм ²
				не более				не менее		
ЧН19Х3Ш	2,5-3,0	1,8-2,5	1,0-1,6	0,05	0,03	2,5-3,5	17-20	392	5	1176-2499
ЧН11Г7Х2Ш	2,5-3,0	1,8-2,5	5,0-8,0	0,05	0,03	1,0-2,5	10-12	392	4	1176-2499

Жаропрочный чугун применяется для изготовления деталей газовых турбин, насосов, двигателей внутреннего сгорания.

Жаростойкий чугун обладает способностью противостоять окислению при повышенных температурах.

Легирован хромом, кремнием, алюминием.

2.7.1. Маркировка жаростойких чугунов

Обозначение марки жаростойкого чугуна включает:

- буквы **ЖЧ**

(обозначают "жаростойкий чугун");

- буквы **X, C, Ю**

(обозначают легирующие элементы – хром, кремний, алюминий);

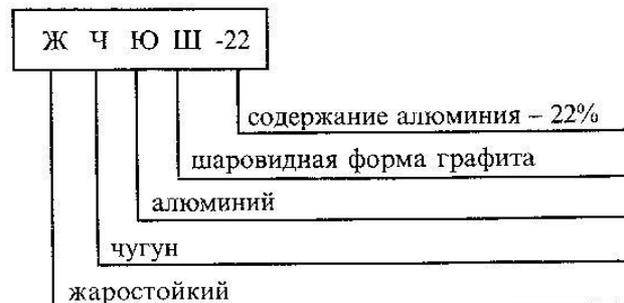
- букву **Ш**

(обозначает, что графит имеет шаровидную форму);

- цифры

(указывают процентное содержание легирующих элементов).

Пример маркировки жаростойкого чугуна:



2.8.2. Свойства коррозионностойкого чугуна

Коррозионностойкий чугун сохраняет свойства при работе в газовых средах, водных растворах.

Химический состав и механические свойства коррозионностойких чугунов:

Чугун	Марка чугуна	Химический состав, %										Механические свойства при 20°C	
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Ti	$\sigma_{в}$, Н/мм ²	НВ, Н/мм ²
					не более								
Низколегированный	ЧНХТ	2,7-3,4	1,4-2,0	1,0-1,6	0,5	0,15	0,2-0,4	0,3-0,7	--	--	0,05-0,12	235	1970-2803
	ЧН1ХМД	2,8-3,2	1,6-2,0	0,9-1,2	0,15	0,12	0,2-0,6	0,7-1,5	0,3-0,6	0,2-0,5	--	294	1970-2803
	ЧН1МШ	3,2-3,8	2,4-2,8	0,8-1,2	0,1	0,03	0,1	0,8-1,4	0,3-0,6	--	--	490	1793-2803
Высоколегированный	ЧН15Д7Х2	2,5-3,0	1,5-3,0	0,5-1,2	0,3	0,1	1,5-3,0	14-17	--	6,0-8,0	--	176	1176-1931
	ЧН15Д3ХШ	2,5-3,0	2,0-2,5	1,3-1,8	0,1	0,03	0,2-0,6	14-17	--	3,0-3,5	--	343	1176-2524

Коррозионностойкий чугун применяется для изготовления деталей паровых машин и турбин, дизелей, двигателей внутреннего сгорания, деталей нефтехимического оборудования.

3. Обрабатываемость чугунов

Обрабатываемость – совокупность качеств металла, которые определяют производительность труда при обработке резанием.

Обрабатываемость чугуна зависит от многих факторов:



Обрабатываемость чугуна снижается при:

- уменьшении содержания графита;
- увеличении твердости;
- наличии пластинчатого графита по сравнению со сфероидальной формой графита;
- увеличении содержания молибдена, марганца, хрома, фосфора;
- наличии литейной корки.

Хорошо обрабатываются серый, ковкий чугун.

Практически не обрабатывается белый чугун.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чугун представляет собой:

А) сплав железа с углеродом, содержащий углерода до 2%;

Б) сплав железа с углеродом, содержащий углерода более 2%;

В) сплав на никелевой основе.

2. Вредные примеси в составе чугуна:

А) кремний;

Б) сера;

В) фосфор.

3. Белый чугун содержит углерод в виде:

А) цементита;

Б) шаровидного графита;

В) пластинчатого графита.



4. Свойства ковкого чугуна:
- А) хорошая пластичность;
 - Б) плохая обрабатываемость резанием;
 - В) хрупкость.
5. Серый чугун характеризуется:
- А) пластинчатой формой графита;
 - Б) высокими литейными свойствами;
 - В) плохой обрабатываемостью резанием.
6. Какое относительное удлинение имеет высокопрочный чугун марки ВЧ 38-17?
- А) 38%;
 - Б) 17%;
 - В) в обозначении чугуна не указано.
7. Сколько марганца содержит жаропрочный чугун марки ЧН11Г7Х2Ш?
- А) 11%;
 - Б) 2%;
 - В) 7%.



8. Хорошо обрабатывается резанием:
- А) белый чугун;
 - Б) серый чугун;
 - В) ковкий чугун.
9. Жаростойкий чугун содержит:
- А) железо;
 - Б) хром;
 - В) вольфрам.
10. Обрабатываемость чугунов снижается при:
- А) увеличении содержания графита;
 - Б) увеличении твердости;
 - В) наличии литейной корки.



ОТВЕТЫ

- 1 - б
- 2 – б, в
- 3 – а
- 4 – а
- 5 – а, б
- 6 – б
- 7 – в
- 8 – б, в
- 9 – а, б
- 10 – б, в

