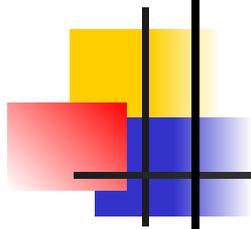


Металловедение

Обозначение и расшифровка
марок материалов

Конструкционные материалы подразделяются по природе материалов



Конструкционные материалы

металлы

неметаллы

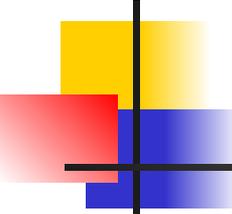
Композиты

Черные:
Стали
Чугуны

Цветные:
Алюминий
Титан
Медь
Никель
Цинк и др.

Пластмассы
Керамика
Стекло
Резина
Дерево

На металлической основе
На керамической основе
На полимерной основе



свойства металлов и сплавов

физические

Температура
плавления,
цвет,
плотность,
коэффициенты
линейного
и объемного
расширения,

электропроводность,
теплопроводность,
склонность
к намагничиванию

химические

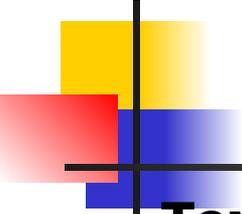
окисляемость,
растворимость,
коррозионная
стойкость

технологические

жидкотекучесть,
ковкость,
свариваемость,
Обработываемос
ть
режущим
инструментом

механические

Упругость
Пластичность
Вязкость
Износостойкост
ь
Твердость
Прочность
Хрупкость
Выносливость
Ползучесть

- 
-
- **Температура плавления.** Температура, при которой нагреваемый металл переходит из твердого состояния в состояние жидкое, называется температурой плавления
 - **Теплопроводность** - способность тел проводить тепло при нагреве и охлаждении. Металлы имеют сравнительно высокую теплопроводность, чем она выше, тем равномернее распределяется температура по объему металла и тем быстрее он прогревается.
 - **Электропроводность** - свойство металла проводить электрический ток.
 - **Термический коэффициент линейного расширения.** Приращение длины предмета на единицу длины при нагревании его на 1 оС называется термическим коэффициентом линейного расширения α .
 - **Магнитные свойства** - способность металла намагничиваться (ферромагниты, парамагниты, диамагниты).

Технологические свойства

характеризуют способность материала подвергаться различным способам холодной и горячей обработки.

1. Литейные свойства.

- Характеризуют способность материала к получению из него качественных отливок.

Жидкотекучесть – характеризует способность расплавленного металла заполнять литейную форму.

Усадка (линейная и объемная) – характеризует способность материала изменять свои линейные размеры и объем в процессе затвердевания и охлаждения. Для предупреждения линейной усадки при создании моделей используют нестандартные метры.

Ликвация – неоднородность химического состава по объему.

2. Способность материала к обработке давлением.

- Это способность материала изменять размеры и форму под влиянием внешних нагрузок не разрушаясь.

3. Свариваемость.

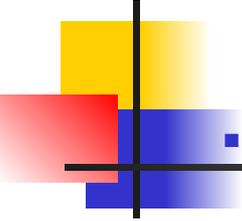
- Это способность материала образовывать неразъемные соединения требуемого качества. Оценивается по качеству сварного шва.

4. Способность к обработке резанием.

- Характеризует способность материала поддаваться обработке различным режущим инструментом. Оценивается по стойкости инструмента и по качеству поверхностного слоя.

Механические свойства –

характеризуют отношение металла или сплава к действию на них внешних сил.

- 
- **Упругость** - свойство металлов возвращаться к первоначальной форме после прекращения действия сил.
 - **Пластичность** - способность металла легко деформироваться под действием приложенных внешних сил и сохранять новую форму после прекращения действия этих сил.
 - **Вязкость** - свойство металла выдерживать без разрушения ударные нагрузки (силы).
 - **Износостойкость** - это сопротивление истиранию.
 - **Твердость** - способность металла сопротивляться проникновению в него другого более твердого металла.
 - **Прочность** - свойство металла сопротивляться разрушению под действием внешних сил или это максимальная нагрузка, которую выдерживает металл в момент наступления разрушения.
 - **Хрупкость** - свойство металла разрушаться без заметной пластической деформации.
 - **Выносливость** - свойство металла выдерживать, не разрушаясь, большое число повторных нагрузок.
 - **Ползучесть** - свойство металла медленно и непрерывно пластически деформироваться при постоянной нагрузке, особенно при высокой температуре.

Эксплуатационные свойства

Эксплуатационные свойства характеризуют способность материала работать в конкретных условиях.

- *Износостойкость* – способность материала сопротивляться поверхностному разрушению под действием внешнего трения.
- *Коррозионная стойкость* – способность материала сопротивляться действию агрессивных кислотных, щелочных сред.
- *Жаростойкость* – это способность материала сопротивляться окислению в газовой среде при высокой температуре.
- *Жаропрочность* – это способность материала сохранять свои свойства при высоких температурах.
- *Хладостойкость* – способность материала сохранять пластические свойства при отрицательных температурах.
- *Антифрикционность* – способность материала прирабатываться к другому материалу.

Измерения твердости по Бринеллю

Метод заключается во вдавливании стального шарика диаметром D в поверхность образца под действием нагрузки P , приложенной в течении определенного времени. После снятия нагрузки измеряют диаметр отпечатка d , остающийся на поверхности образца.



Схема определения твердости по Бринеллю

Индентор - стальной закаленный шарик диаметром D , равным 10, 5 или 2,5 мм

Нагрузка - от $2,5D^2$ до $30D^2$ (кгс)

Время выдержки под нагрузкой - 10, 30 или 60 секунд..

Число твердости по Бринеллю (HB) - отношение нагрузки к площади поверхности сферического отпечатка $F_{отп}$:

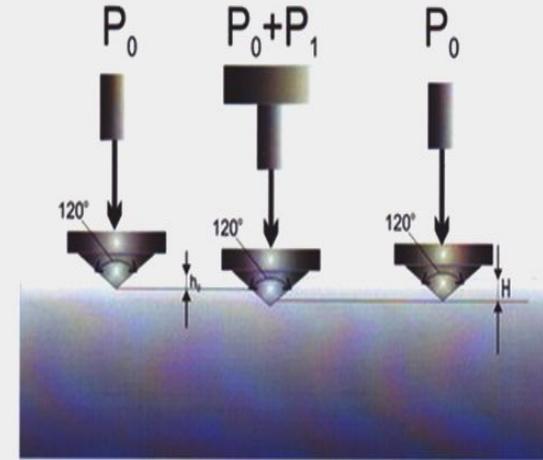
$$HB = \frac{P}{F_{отп}} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Измерение твердости по Роквеллу

Индентор - алмазный конус с углом 120° при вершине или стальной шарик диаметром 1,588 мм.

P_0 - предварительная нагрузка (100 Н),

P_1 - основная нагрузка.



Единица твердости по Роквеллу (HR) -

безразмерная величина, соответствующая осевому перемещению индентора на 0,002 мм.

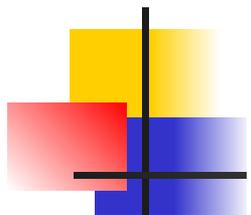
Обозначения твердости	Индентор (наконечник)	Шкала индикатора	Основная нагрузка	Расчетная формула
HRC	алмазный конус	C	1400 Н	$100 - \frac{H - h_0}{0,002}$
HRA	алмазный конус	A	500 Н	$100 - \frac{H - h_0}{0,002}$
HRB	стальной шарик	B	900 Н	$130 - \frac{H - h_0}{0,002}$

Твердость материала определяют методами Бринелля, Роквелла, Виккерса, Шора

- Твердость металла по **Бринеллю** указывается буквами HB и числом. Метод определения твердости по Бринеллю не рекомендуется применять для сталей с твердостью свыше HB 450 и цветных металлов с твердостью более 200 HB.
- Определение твердости методом **Роквелла** осуществляют путем вдавливания в металл алмазного конуса или стального шарика. Прибор Роквелла имеет три шкалы – A, B, C. Алмазный конус применяют для испытания твердых материалов (шкалы A и C), а шарик – для испытания мягких материалов (шкала B). В зависимости от шкалы твердость обозначается буквами HRB, HRC, HRA и выражается в специальных единицах.
- При измерении твердости по методу **Виккерса** производят вдавливание в поверхность металла (шлифуемую или полируемую) четырехгранной алмазной пирамиды. Этот метод применяют для определения твердости деталей малой толщины и тонких поверхностных слоев, которые имеют высокую твердость (например, после азотирования). Твердость по Виккерсу обозначают **HV**.
- При измерении твердости по методу **Шора** шарик с индентором падает на образец, перпендикулярно его поверхности, а твердость определяется по высоте отскока шарика и обозначается **HS**.

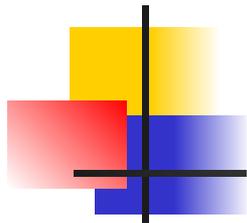
Твердость и предел прочности

Твердость по Викерсу, HV, единиц	Твердость по Роквеллу, HRC, единиц	Твердость по Бринеллю, HB, единиц	Предел прочности		Твердость по Викерсу, HV, единиц	Твердость по Роквеллу, HRC, единиц	Твердость по Бринеллю, HB, единиц	Предел прочности	
			Ньютонов на кв. мм	Тонн на кв. дюйм				Ньютонов на кв. мм	Тонн на кв. дюйм
940	68				434	44	413	1400	91
900	67				423	43	402	1360	88
864	66				413	42	393	1330	86
829	65				403	41	383	1300	84
800	64				392	40	372	1260	82
773	63				382	39	363	1230	80
745	62				373	38	354	1200	78
720	61				364	37	346	1170	76
698	60				355	36	337	1140	74
675	59				350		333	1125	73
655	58		2200	142	345	35	328	1110	72
650		618	2180	141	340		323	1095	71
640		608	2145	139	336	34	319	1080	70
639	57	607	2140	138	330		314	1060	69
630		599	2105	136	327	33	311	1050	68
620		589	2070	134	320		304	1030	67
615	56	584	2050	133	317	32	301	1020	66
610		580	2030	131	310	31	295	995	64
600		570	1995	129	302	30	287	970	63
596	55	567	1980	128	300		285	965	62
590		561	1955	126	295		280	950	61
580		551	1920	124	293	29	278	940	61
578	54	549	1910	124	290		276	930	60
570		542	1880	122	287	28	273	920	60
560	53	532	1845	119	285		271	915	59
550		523	1810	117	280	27	266	900	58
544	52	517	1790	116	275		261	880	57
540		513	1775	115	272	26	258	870	56
530		504	1740	113	270		257	865	56
527	51	501	1730	112	268	25	255	860	56
520		494	1700	110	265		252	850	55

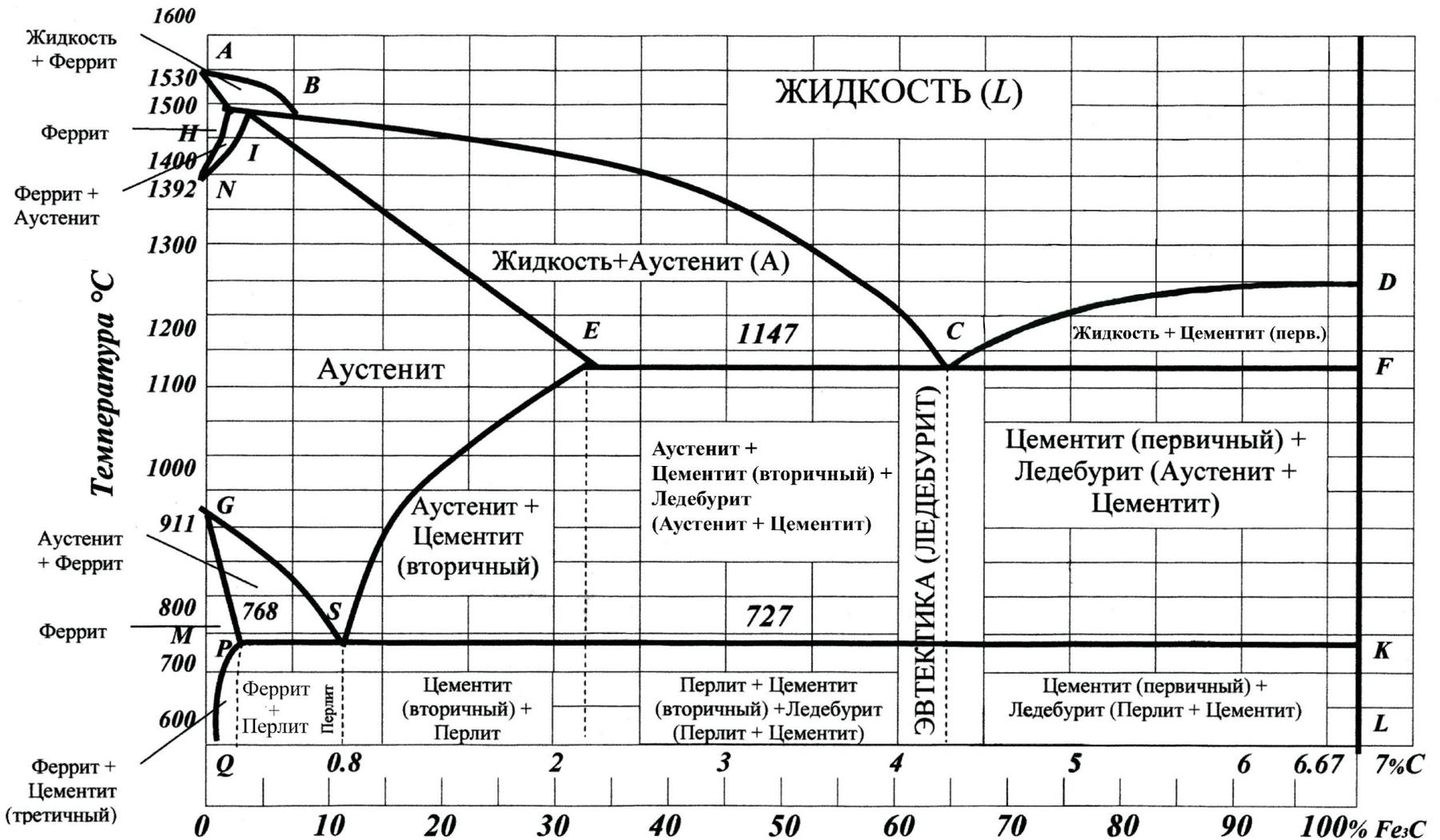


Твердость и предел прочности

Твердость по Викерсу, HV, единиц	Твердость по Роквеллу, HRC, единиц	Твердость по Бринеллю, HB, единиц	Предел прочности		Твердость по Викерсу, HV, единиц	Твердость по Роквеллу, HRC, единиц	Твердость по Бринеллю, HB, единиц	Предел прочности	
			Ньютонов на кв. мм	Тонн на кв. дюйм				Ньютонов на кв. мм	Тонн на кв. дюйм
940	68				434	44	413	1400	91
900	67				423	43	402	1360	88
864	66				413	42	393	1330	86
829	65				403	41	383	1300	84
800	64				392	40	372	1260	82
773	63				382	39	363	1230	80
745	62				373	38	354	1200	78
720	61				364	37	346	1170	76
698	60				355	36	337	1140	74
675	59				350		333	1125	73
655	58		2200	142	345	35	328	1110	72
650		618	2180	141	340		323	1095	71
640		608	2145	139	336	34	319	1080	70
639	57	607	2140	138	330		314	1060	69
630		599	2105	136	327	33	311	1050	68
620		589	2070	134	320		304	1030	67
615	56	584	2050	133	317	32	301	1020	66
610		580	2030	131	310	31	295	995	64
600		570	1995	129	302	30	287	970	63
596	55	567	1980	128	300		285	965	62
590		561	1955	126	295		280	950	61
580		551	1920	124	293	29	278	940	61
578	54	549	1910	124	290		276	930	60
570		542	1880	122	287	28	273	920	60
560	53	532	1845	119	285		271	915	59
550		523	1810	117	280	27	266	900	58
544	52	517	1790	116	275		261	880	57
540		513	1775	115	272	26	258	870	56
530		504	1740	113	270		257	865	56
527	51	501	1730	112	268	25	255	860	56
520		494	1700	110	265		252	850	55
514	50	488	1680	109	260	24	247	835	54
510		485	1665	108	255	23	242	820	53
500		475	1630	105	250	22	238	800	52
497	49	472	1620	105	245		233	785	51
490		466	1595	103	243	21	231	780	50
484	48	460	1570	102	240		228	770	50
480		456	1555	101	235		223	755	49
473	47	449	1530	99	230		219	740	48
470		447	1520	98	225		214	720	47
460		437	1485	96	220		209	705	46
458	46	435	1480	96	215		204	690	45
450		428	1455	94	210		199	675	44
446	45	424	1440	93	205		195	660	43
440		418	1420	92	200		190	640	41



На диаграмме состояния железо—углерод приведен фазовый состав и структура сплавов с концентрацией от чистого железа до цементита (6,67 % C)



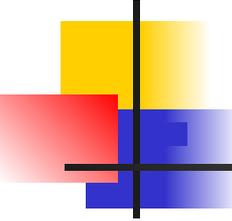


Диаграмма состояния **железо – цементит** применяется для определения: тепловых режимов термообработки, горячей обработки давлением (ковка, горячая штамповка, прокатка); и для определения температуры плавления в литейном производстве, что необходимо для назначения режима заливки сплава в литейные формы.

Виды стали

Строительная. Низколегированная сталь с хорошей свариваемостью. Основное назначение – производство строительных конструкций.

Пружинная. Имеют высокую упругость, усталостную прочность, сопротивление разрушению. Идет на производство пружин, рессор.

- **Подшипниковая.** Основным критерий – высокая износоустойчивость, прочность, низкая текучесть. Применяется для производства узлов и составляющих подшипников различного назначения.
- **Коррозионностойкая** (нержавеющая). Высоколегированная сталь с повышенной стойкостью к воздействию агрессивных веществ.
- **Жаропрочная.** Отличается способностью длительное время работать в нагруженном состоянии при повышенных температурах. Область применения – детали двигателей, в том числе газотурбинных.
- **Инструментальная.** Применяется для производства метало- и деревообрабатывающих, измерительных инструментов.
- **Быстрорежущая.** Для изготовления инструмента металлообрабатывающего оборудования.
- **Цементируемая.** Применяется при изготовлении деталей и узлов, работающих при больших динамических нагрузках в условиях поверхностного износа.

Классификация и маркировка сталей

Классификация сталей

Стали классифицируются по множеству признаков.

1. По химическому: составу: углеродистые и легированные.
2. По содержанию углерода:
 - низкоуглеродистые, с содержанием углерода до $0,25\%$;
 - среднеуглеродистые, с содержанием углерода $0,3 \dots 0,6\%$;
 - высокоуглеродистые, с содержанием углерода выше $0,7\%$
3. По равновесной структуре: доэвтектоидные, эвтектоидные, заэвтектоидные.
4. По качеству. Количественным показателем качества является содержания вредных примесей: серы и фосфора:
 - $0,04 \leq S \leq 0,06\%$, $0,04 \leq P \leq 0,08\%$ – углеродистые стали обыкновенного качества;
 - $P, S = 0,03 \dots 0,04\%$ – качественные стали;
 - $P, S \leq 0,03\%$ – высококачественные стали.
5. По способу выплавки:
 - в мартеновских печах;
 - в кислородных конверторах;
 - в электрических печах: электродуговых, индукционных и др.
6. По назначению:
 - конструкционные – применяются для изготовления деталей машин и механизмов;
 - инструментальные – применяются для изготовления различных инструментов;
 - специальные – стали с особыми свойствами: электротехнические, с особыми магнитными свойствами и др.

Классификация сталей

Химический состав

Углеродистые

Легированные

Качество

Обыкновенного качества

Качественные

Высококачественные

Особо

высококачественные

Способ выплавки

Конверторные

Мартеновские

Электростали

Особых методов

выплавки

Структура
(в отожженном состоянии)

Перлитные

Аустенитные

Ферритные

Карбидные

Назначение

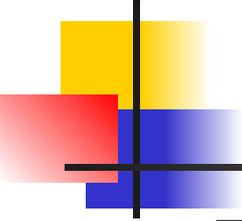
Конструкционные

Инструментальные

Специального назначения

Строительные

Стали можно классифицировать



по химическому составу,
по микроструктуре,
по способу производства,
по применению.

По микроструктуре различают:

Перлитный класс - сталь, имеющая после нормализации структуру перлит (сорбит или тростит), перлит (сорбит или тростит) + феррит, перлит (сорбит или тростит) + азевтктоидные карбиды (строительные, конструкционные и инструментальные углеродистые и низколегированные стали).

- **Мартенситный класс** - сталь со сниженной критической скоростью закалки, имеющая после охлаждения на воздухе мартенситную структуру (высоколегированная конструкционная, инструментальная и некоторые марки нержавеющей стали).
- **Аустенитный класс** - сталь, в которой под влиянием легирующих элементов точка полиморфного превращения твердого раствора на базе γ - железа в твердый раствор на базе α - железа находится ниже комнатной температуры; после нормализации структура такой стали состоит обычно из аустенита или аустенита и карбидов (высоколегированного нержавеющей, жаростойкая и жаропрочная стали).
- **Ферритный класс** - сталь, легированная элементами, суживающими и замыкающими на диаграмме состояния область существования твердого раствора на базе α - модификации железа, при определенном содержании этих легирующих элементов сталь после нормализации будет иметь структуру феррита или феррита и карбидов (высокохромистая, нержавеющей, жаропрочная стали)
- **Карбидный класс** - сталь с высоким содержанием углерода и карбидообразующих элементов: в литом состоянии в структуре такой стали имеется карбидная эвтектика, в деформированном состоянии - первичные (эвтектические) вторичные карбиды. Типичным периметром стали карбидного класса может служить быстрорежущая сталью

По способу производства различают:

- **1. Сталь обыкновенного качества** (или рядовая сталь) - углеродистая сталь с содержанием углерода не более 0,6%; она выплавляется чаще всего в больших мартеновских печах, а также в бессемеровских и томасовских конвертерах и разливается в сравнительно крупные слитки.

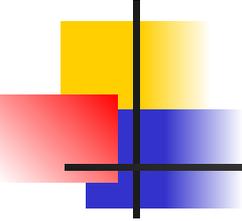
По механическим свойствам рядовая сталь несколько уступает стали следующих двух классов: стали качественной и стали высококачественной.

По ГОСТ 380-60 стали обыкновенного качества, поставляемые по механическим свойствам (группа А), обозначаются Ст.0, Ст.1, Ст.3, Ст.4, Ст.5, Ст.6, Ст.7: поставляемые по химическому составу (группа Б): а) мартеновская - МСт.0, МСт.1, МСт.4, МСт.5, МСт.6, МСт.7 и б) бессемеровская - БСт.0, БСт.3, БСт.4, БСт.5, БСт.6; поставляемая по химическому составу и механическим свойствам (группа В): ВСт.1, ВСт.2 и т.п.

- **2. Сталь качественная** - углеродистая или легированная сталь, выплавляемая в основных мартеновских печах с соблюдением более строгих требований к составу, процессам плавки и разливки. **Содержание серы и фосфора в качественной стали не должно превышать (в зависимости от марки) 0,04% каждого из этих элементов.** Количество неметаллических включений меньше, чем в стали обыкновенного качества.
- **3. Сталь высококачественная** - углеродистая или легированная, чаще всего усложненного химического состава. Такая сталь выплавляется в электрических или кислых мартеновских печах небольшого тоннажа. Для высококачественной стали установлены суженные пределы содержания элементов. **Содержание серы и фосфора в высококачественной стали не должно превышать соответственно 0,030 и 0,035% (для некоторых марок стали установлено еще более низкое содержание этих элементов).** Эта сталь обладает также повышенной чистотой по неметаллическим включениям. Высококачественная сталь обозначается буквой А, помещаемой после обозначения марок.

По применению различают:

- **Класс I - Сталь строительная**, применяемая для строительных целей. По химическому составу - эта сталь главным образом углеродистая, а по способу производства - сталь обыкновенного качества (рядовая). Эта сталь, как правило, не подвергается термической обработке (закалке) и используется в состоянии, полученном обработкой давлением. Однако в последнее время показана возможность упрочнения этой стали в результате закалки с прокатного нагрева.
- **Класс II - сталь машиностроительная** (конструкционная). По химическому составу - это сталь углеродистая или легированная, по способу производства - качественная или высококачественная. Большая часть стали этого класса подвергается термической обработке. Для менее ответственных или малонагруженных деталей болты, клинья, дышала, валы маломощных механизмов и т. п) применяются также более дешевая сталь обыкновенного качества марок Ст.4, Ст.5, Ст.6, и Ст.7. Кроме того применяют стали марок Ст.2 и Ст.3, используемые главным образом для строительных целей.
- **Класс III - сталь инструментальная**. По химическому составу сталь углеродистая и легированная, а по способу производства - качественная и очень редко (для наименее ответственного, например, слесарного инструмента) рядовая сталь.
Лишь в особых случаях инструментальная сталь применяется в качестве конструкционной для деталей машин специализированного назначения (шарикоподшипники, пружины). Для инструментов некоторых типов (например, для молотовых штампов) применяется также доэвтектоидная сталь.
- **Класс IV - сталь с особыми физическими свойствами**. По химическому составу - это легированная сталь, а по способу производства - высококачественная или качественная сталь, требующая в отдельных случаях соблюдения специальных условий выплавки (например, в вакууме, электрошлаковым переплавом или в атмосфере инертных газов) и последующей обработки.

- 
- *Сталью* называется сплав железа с углеродом, в котором углерода содержится не более 2,14%. Это теоретическое определение. На практике в сталях, как правило, не содержится углерода более 1,5%.

С повышением содержания углерода до 1,2% снижаются пластичность и вязкость стали и повышаются твердость и прочность.

Повышение содержания углерода влияет и на технологические свойства стали.

Ковкость, свариваемость и обрабатываемость резанием ухудшаются, но литейные свойства улучшаются.

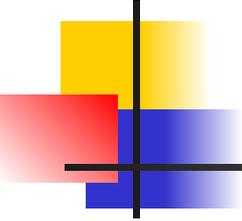


Класс I. Сталь строительная

- *Углеродистая сталь*
- *Легированная сталь*

Легированная сталь для строительных целей не имеет столь широкого применения, как углеродистая сталь. Однако в последнее время применение низколегированной стали резко возросло.

По способу изготовления различают две группы строительной углеродистой стали:

- 
- 1) **сталь спокойную**, в процессе выплавки которой были проведены в достаточно полной степени операции раскисления и была уменьшена газонасыщенность стали;
 - 2) **сталь кипящую**, менее раскисленную (более дешевую), при застывании которой в слитках образуется много газовых пузырей, в большей части заваривающихся при горячей обработке.

Кипящая сталь обладает лучшей способностью к холодной деформации. По сравнению со спокойной сталью она несколько хуже принимает сварку и более склонна к старению (синеломкости) вследствие повышенного содержания в ней газов. Поэтому ее не рекомендуется применять в котлах, баках и других аппаратах, работающих при температурах выше 150-200°C.

Конструкционные стали

Конструкционными называются стали, предназначенные для изготовления деталей машин механизмов и конструкций. Они должны обладать высокой конструктивной прочностью, под которой понимают комплекс механических свойств, обеспечивающих надежную работу материала в условиях эксплуатации.

По химическому составу конструкционные стали подразделяются на:

углеродистые

легированные

низколегированные (содержат не более 2,5% легирующих элементов)

среднелегированные (содержат от 2,5 до 10% легирующих элементов)

высоколегированные (содержат более 10% легирующих элементов)

По назначению конструкционные стали подразделяются на:

- строительные,
- машиностроительные,
- стали с особыми свойствами.

К группе машиностроительных относятся улучшаемые легированные стали, цементуемые легированные стали, подшипниковые стали, пружинные стали и др.

Группу сталей с особыми свойствами составляют коррозионностойкие, жаростойкие, жаропрочные стали и др.

Углеродистые конструкционные стали.

Они делятся на два класса:

- стали обыкновенного качества;
- качественные стали.

Сталь углеродистая обыкновенного качества по ГОСТ 380

1. Углеродистые стали обыкновенного качества

Их маркируют буквами **Ст** и цифрами 0,1,2,3,4,5 и 6, определяющими их химический состав.

марка стали	Ст 0	Ст 1	Ст 2	Ст 3	Ст 4	Ст 5	Ст 6
содержание С, %	не более 0.23	0.06-0.12	0.09-0.15	0.09-0.15	0.14-0.22	0.28-0.37	0.38-0.49
σ_B , МПа	не менее 310	320-340	340-440	380-490	420-540	500-640	600-670
δ , % не менее	20	31	29	23	21	17	12

В зависимости от условий раскисления различают стали: спокойные "сп", полуспокойные "пс" и кипящие "кп".

Например: Ст 2сп, Ст 2пс, Ст 2кп.

Концентрация марганца в сталях - 0.25 - 0.80 %.

Концентрация кремния в кипящих, полуспокойной и спокойной сталях не более 0.05 %, 0.05 - 0.15 % и 0.15 - 0.30 %, соответственно.

Допустимое содержание фосфора и серы - 0.04 и 0.05 %, соответственно.

В некоторых сталях допускается повышенное содержание марганца до 1,1 - 1,2 % . Тогда в маркировку добавляется буква **Г**.

Например: Ст 3Гсп.

Ст 3 сп ГОСТ 380-94

Обозначение стали углеродистой обыкновенного качества

Степень раскисления
кп — кипящая
пс — полуспокойная
сп — спокойная

Условный номер марки:
0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 — в зависимости от химического состава



Сталь углеродистая качественная конструкционная по ГОСТ 1050

Сталь 20 кп ГОСТ 1050-88

Среднее содержание углерода

в сотых долях процента:

05, 08, 10, 11, 15, 18, **20**, 25,
30, 35, 40, 45, 55, 58, 60

Степень раскисления

кп — кипящая

пс — полуспокойная

без индекса — спокойная

2. Углеродистые качественные стали

По содержанию углерода они подразделяются на

низкоуглеродистые (менее 0.25% C)

среднеуглеродистые (0.3 - 0.5% C)

высокоуглеродистые (0.6 - 0.8% C)

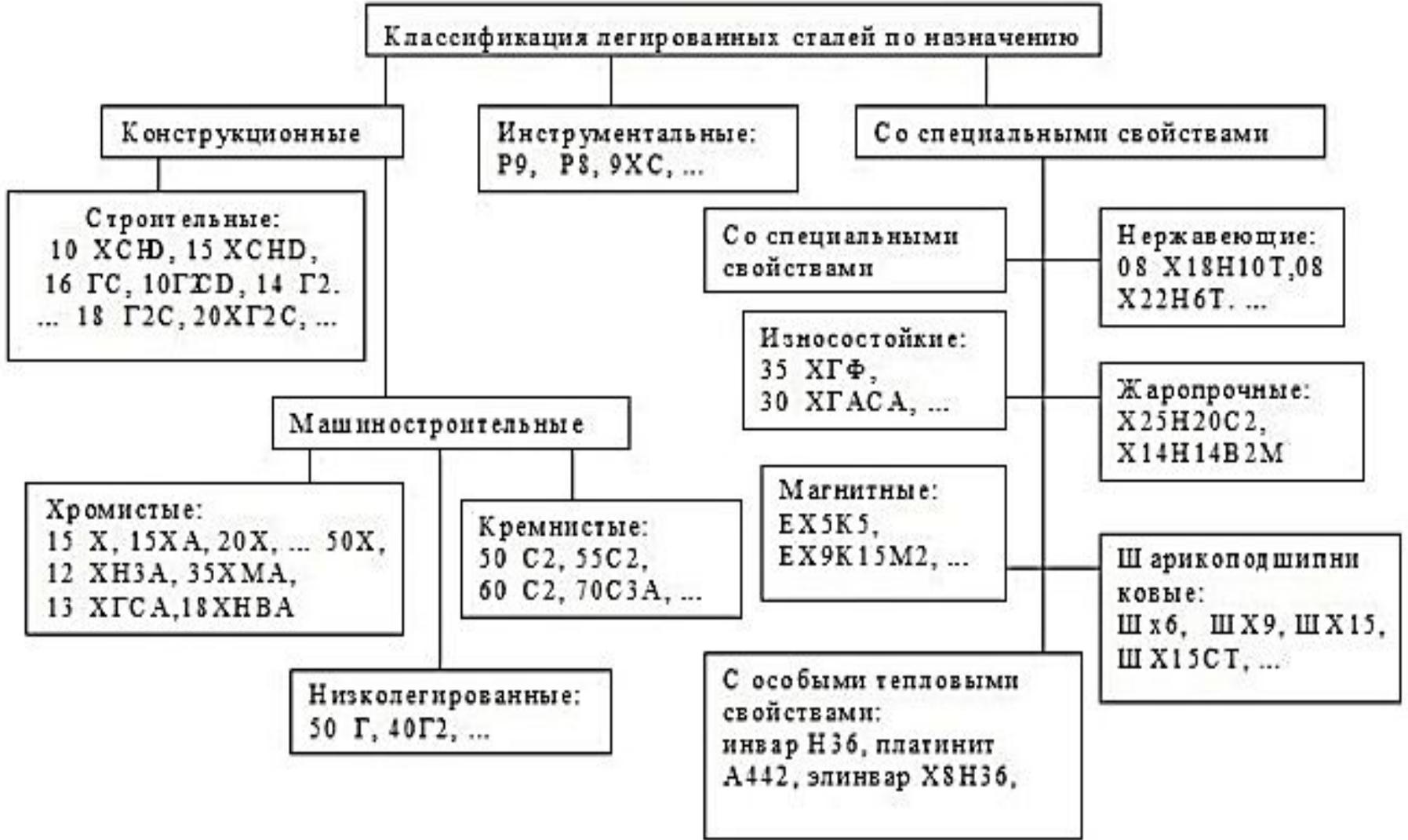
Стали содержат 0.35 - 0.80% Mn, 0.17- 0.37% Si.

Содержание примесей S < 0.04% и P < 0.035%.

Маркировка: стали маркируют двумя цифрами, указывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента.

Состав стали и их свойства после нормализации.

марка стали	08	10	20	30	40	50	60	70
содержание C, %	0.05-0.12	0.07-0.14	0.17-0.24	0.27-0.35	0.37-0.45	0.47-0.55	0.57-0.65	0.67-0.75
σ_T , МПа	200	210	250	300	340	380	410	430
σ_B , МПа	330	340	420	500	580	640	690	730
δ , %	33	31	25	21	19	14	12	9
ψ , %	60	55	55	50	45	40	35	30



Легированные конструкционные стали

Большинство легированных конструкционных сталей являются *дозвтектоидными*.

Основные легирующие элементы в этих сталях: хром (0,8-2,5%), кремний (0,4-1,2%), марганец (0,8-1,8%), никель (1,0-4,5%), молибден (0,15-0,4%), вольфрам (0,5-1,2), ванадий (0,06-0,3%), титан (0,03-0,09%), бор (0,002-0,005%).

В зависимости от состава различают стали:

- хромистые, -никелевые, - хромоникелевые и т.д.

Маркировка: в начале марки указывают содержание углерода в сотых долях процента; далее следует обозначение легирующих элементов и их содержание.

Легирующие элементы обозначаются: **Х**-хром, **Г**-марганец, **С**-кремний, **Н**-никель, **М**-молибден, **В**-вольфрам, **К**-кобальт, **Ф**-ванадий, **Б**-ниобий, **Т**-титан, **Ю**-алюминий, **Д**-медь, **Р**-бор.

Буква **А** в середине маркировки указывает на содержание в стали азота, как легирующего элемента. Буква **А** в конце марки означает, что сталь высококачественная (S и $P < 0,025\%$).

Цифры после букв указывают содержание легирующего элемента, с округлением до целого числа. При содержании элемента до 1,5% цифра не ставится.

Например: сталь **30ХНЗА** содержит в среднем:

0,30% углерода,

1,0% хрома,

3% никеля,

высококачественная.

Легирующие элементы имеют следующие обозначения:

- хром (Х),
- никель (Н),
- марганец (Г),
- кремний (С),
- молибден (М),
- вольфрам (В),
- титан (Т),
- тантал (ТТ),
- алюминий (Ю),
- ванадий (Ф),
- медь (Д),
- бор (Р),
- кобальт (К),
- ниобий (Б),
- цирконий (Ц),
- селен (Е)

А - азот

М - молибден

Ю - алюминий

Н - никель

Р - бор

Б - ниобий

Ф - ванадий

Е - селен

В - вольфрам

Т - титан

К - кобальт

У - углерод

С - кремний

П - фосфор

Г - марганец

Х - хром

Д - медь

Ц - цирконий

Полезные элементы:

- углерод — определяет прочность, вязкость и закаливаемость стали. Увеличение углерода в стали более 0,25 % ухудшает ее свариваемость;
- кремний — при содержании до 0,3% повышает пределы текучести и прочности, но ухудшает свариваемость и снижает ударную вязкость стали; при содержании до 0,6% улучшает упругие свойства стали;
- марганец — при содержании до 1,8% оказывает незначительное влияние на свариваемость стали, но способствует ее закалке; при высоком содержании сварка затруднена, поскольку велика вероятность появления трещин;
- хром — при содержании от 0,3% до 35% повышает твердость и прочность стали, однако снижает ее пластичность и вязкость. При высокой температуре образует карбиды, затрудняющие процесс сварки;
- никель — улучшает прочностные и пластические свойства стали; на свариваемость практически не влияет;
- молибден — улучшает прочностные характеристики стали, делает ее теплоустойчивой, увеличивает твердость стали и несущую способность конструкций при ударных нагрузках и высоких температурах. Затрудняет сварку, так как активно окисляется и выгорает;
- ванадий — повышает вязкость и пластичность стали, улучшает ее структуру, способствует закалке, ухудшает свариваемость;
- вольфрам — увеличивает твердость и работоспособность стали при высоких температурах, ухудшает свариваемость;
- титан — повышает коррозионную стойкость стали, способствует образованию горячих трещин при сварке;
- медь — повышает прочность и коррозионную стойкость стали, не влияет на свариваемость.
- кобальт - повышает жаропрочность, магнитопроницаемость;
- алюминий - повышает окислительную стойкость;
- ниобий - повышает кислотостойкость

Вредные элементы:

- сера — придает красноломкость, т.е. большую хрупкость при высоких температурах, оказывает отрицательное влияние на свариваемость;
- фосфор — придает хладноломкость — хрупкость при нормальных температурах, отрицательно влияет на свариваемость;
- азот — увеличивает хрупкость стали и способствует ее старению;
- кислород и водород — ухудшают структуру стали и способствуют повышению ее хрупкости.

Влияние отдельных компонентов на свойства стали

σ_0 - предел прочности
 σ_T - предел текучести
 δ_5 - относительное удлинение
 HB - твёрдость
 KCU - ударная вязкость
 σ_{-1} - усталостная прочность
 СВ - свариваемость
 КоррС - коррозионная стойкость
 ХЛ - хладноломкость
 КС - красностойкость

Элемент	Обозначение в марке стали	Механические свойства						Технологические свойства			
		σ_0	σ_T	δ_5	HB	KCU	σ_{-1}	СВ	КоррС	ХЛ	КС
Углерод	У	++	+	=	++	-	-	-	0	0	0
Марганец	Г	+	+	-	+	-	+	0	+	0	0
Кремний	С	+	+	-	+	=	0	-	-	0	0
Никель	Н	+	+	0	+	+	0	+	++	0	0
Хром	Х	+	+	-	++	0	0	-	++	0	0
Медь	Д	0	0	0	0	0	0	0	++	0	0
Ниобий	Б	++	++	-	+	0	+	+	0	0	0
Ванадий	Ф	+	+	-	+	0	++	+	+	0	0
Нитрид ванадия	АФ	++	++	-	+	0	+	0	0	0	0
Молибден	М	+	+	-	+	0	++	+	+	0	0
Бор	Р	++	++	-	+	-	+	+	0	0	0
Титан	Т	+	+	0	+	-	0	+	0	0	0
Алюминий	Ю	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
Сера	нет	-	-	0	-	-	-	=	0	0	++
Фосфор	П	+	+	=	+	=	0	=	-	=	0
Мышьяк	нет	-	-	-	0	-	-	-	0	0	0
Азот	А	++	++	=	++	=	-	-	0	0	0
Кислород	нет	=	=	=	+	=	=	=	-	-	+

Улучшаемые легированные стали.

Стали этой группы содержат 0.3 - 0.5 % С и подвергаются закалке и высокому отпуску.

Состав сталей.

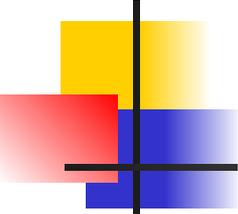
Марка стали	Содержание, %				
	С	Mn	Si	Cr	Другие
Хромистые					
30X	0,24-0,32	0,5-0,8	0,17-0,37	0,8-1,1	
40X	0,36-0,44	0,5-0,8	0,17-0,37	0,8-1,1	
40XФА	0,37-0,44	0,5-0,8	0,17-0,37	0,8-1,1	V 0,1-0,18
Хромомарганцевые					
35XГФ	0,31-0,38	0,95-1,25	0,17-0,37	1,0-1,3	V 0,06-0,12
40ГТР	0,38-0,45	0,7-1,0	0,17-0,37	0,8-1,1	Ti 0,03-0,09 B 0,001-0,005
Хромосилицистые и хромосилицист-марганцевые					
38ХС	0,32-0,42	0,3-0,6	1,0-1,4	1,3-1,6	
30ХГС	0,28-0,34	0,8-1,1	0,9-1,2	0,8-1,1	

Свойства сталей 30X и 30ХГС после улучшения.

Марка стали	Термическая обработка	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %	KCU, МДж/м ²
30X	закалка от 860°С, масло + отпуск при 550°С, масло (вода)	510	720	22	65	1,5
30ХГС	закалка от 880°С, масло + отпуск при 550°С, масло (вода)	850	1100	10	45	0,5

Сталь легированная по ГОСТ 4543

Сталь 38 ХН2МФ А ГОСТ 4543-71



Среднее содержание углерода в сотых долях процента:
12, 15, 18, 20, 25,
27, 30, 33, 35, 36,
38, 40, 45, 47, 50

Категория:
А — высококачественная
Ш — особо высококачественная

Легировующие элементы:
Ю — алюминий
Т — титан
Ф — ванадий
Х — хром
Г — марганец
Н — никель
М — молибден
В — вольфрам
Цифры — примерное содержание легировующего элемента в целых единицах процента

Классификация инструментальных сталей

К **инструментальным** относятся стали, применяемые для обработки материалов резанием и давлением.

Инструментальные стали подразделяются на:

- стали для режущего инструмента;
- штамповые стали для холодного деформирования;
- штамповые стали для горячего деформирования;
- стали для измерительного инструмента.

Стали для режущего инструмента

Требования к сталям: высокая твердость, прочность, износостойкость и теплостойкость при достаточной вязкости.

Теплостойкость - это способность материала сохранять высокую твердость в течении длительного времени при повышенных температурах.

Маркировка: углеродистые инструментальные стали маркируют буквой **У**, за ней следуют цифры, которые показывают среднее содержание углерода в десятых долях процента.

Сталь **У10** содержит около **1%** С.

Маркировка легированных сталей начинается с цифры, показывающей среднее содержание углерода в десятых долях процента. Если содержание углерода около 1 % цифра не ставится.

Сталь **9ХС** содержит около **0,95 %С**, а сталь **ХВГ** около **1%**.

Сталь инструментальная по ГОСТ 1435

Сталь У

8

Г

А

ГОСТ 1435-90

Обозначение
углеродистой
стали

Средняя массовая
доля углерода в
десятих долях
процента:
7, 8, 9, 10, 12

Категория:

А — высококачественная
по химическому составу;
качественная — не обозначается

Г — повышенная доля марганца
(для 8Г и 8ГА)

Стали для режущего инструмента

Быстрорежущие стали

Высокая твердость этих сталей сохраняется при нагреве до **600-640°C**. Инструмент из этих сталей работает с высокими скоростями резания.

Маркировка: Марка стали начинается с буквы **Р**, за которой следует число, обозначающее содержание **вольфрама**.

Марка стали	Содержание, %				
	C	W	Mo	Cr	V
P18	0,7-0,8	17-19	0,5-1,0	3,8-4,4	1,0-1,4
P9	0,85-0,95	8,5-10,5	до 1,0	3,8-4,4	2,0-2,6
P6M5	0,82-0,90	5,5-6,5	5,0-5,5	3,8-4,4	1,7-2,1

Твердые сплавы для режущего инструмента

Твердые сплавы - это сплавы, изготовленные методом порошковой металлургии и состоящие из карбидов тугоплавких металлов (WC, TiC, TaC), соединенных кобальтовой связкой.

Твердые сплавы сочетают высокую **твердость** (74-76HRC) и **износостойкость** с высокой **теплостойкостью** и применяются для резания с высокими скоростями.

Различают 3 группы сплавов.

1. **Вольфрамовые** сплавы (система **WC-Co**).
ВК3, ВК6, ВК8, ВК10, ВК20 и другие.

Они маркируются буквами **ВК** и цифрой, показывающей содержание кобальта в процентах.

2. **Титановольфрамовые** сплавы (система **TiC-WC-Co**).
T30K4, T15K6, T5K10 и другие.

Они маркируются буквами **Т** и **К** и цифрами, стоящими за этими буквами, показывающими содержание в процентах титана и кобальта.

3. **Титанотанталовольфрамовые** сплавы (система **TiC-TaC-WC-Co**).
ТТ7К12, ТТ8К6 и другие.

В маркировке после букв **ТТ** стоит цифра, указывающая количество карбидов титана и вольфрама в процентах. Цифра после буквы **К** указывает содержание кобальта.

Автоматные стали

Автоматные стали отличаются хорошей обрабатываемостью резанием и предназначены для изготовления деталей массового производства на станках-автоматах. Они имеют повышенное содержание серы и фосфора или легированы свинцом.

Маркировка: стали обозначаются буквой **A** и цифрами, указывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента.

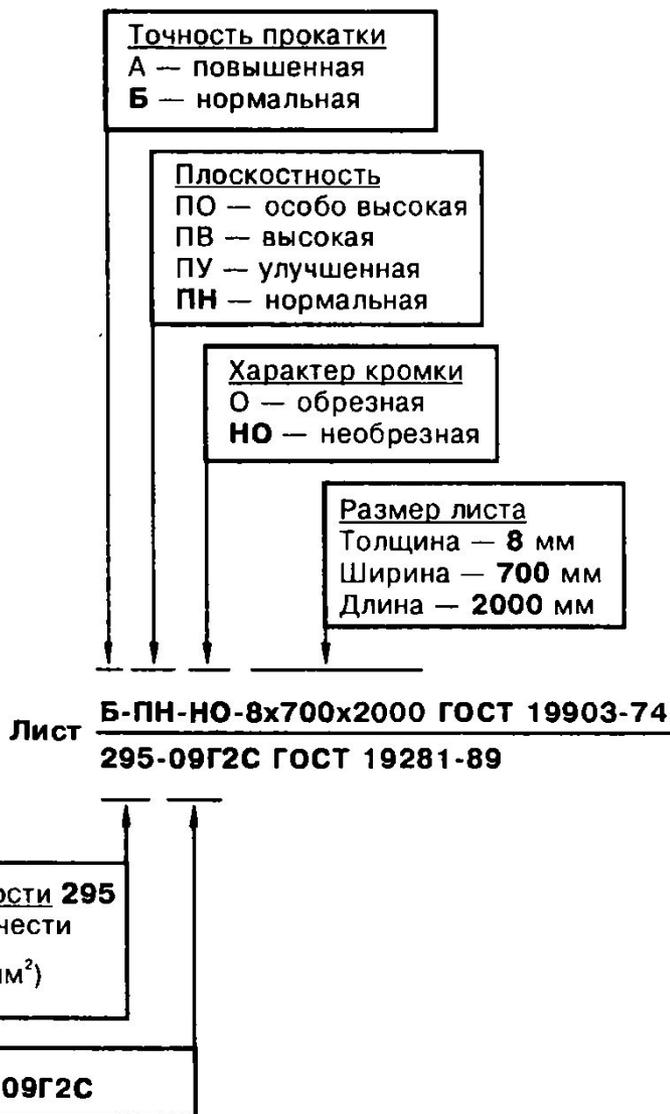
Если в стали присутствует свинец, то в маркировке после буквы **A** ставится буква **C**.

марка стали	Содержание, %					Свойства без термообработки	
	C	Mn	S	P	Pb	σ_B , МПа	δ , %
A12	0.08-0.12	0.7-1.0	0.08-0.20	0.08-0.15		420	22
A20	0.17-0.24	0.7-1.0	0.08-0.15	<0.06		460	20
A40Г	0.37-0.45	1.2-1.55	0.18-0.30	<0.05		600	14
AC40	0.37-0.45	0.8-1.1	0.15-0.30	<0.04	0.15-0.3	580	19

Примеры расшифровки маркировки

- **30ХГСА** – расшифровка марки стали говорит о том, что в сплаве содержится 0,3 % углерода, о чем свидетельствует цифра в начале обозначения. Сталь содержит хром (Х), марганец (Г), кремний (С), но их содержание менее 1,5 %. Символ «А» в конце обозначения говорит о том, что сталь высококачественная.
- **У8ГА** – инструментальная сталь с содержанием углерода 0,8 %. Высококачественная с добавлением марганца.
- **Р6М5Ф2К8** – быстрорежущая сталь. Содержит 5 % молибдена, 2 % ванадия, 8 % кобальта. Хром содержится во всех быстрорежущих сталях в количестве около 4 %, поэтому в обозначение не входит. Вольфрам также всегда присутствует, но его содержание может изменяться, поэтому в данной марке его количество составляет 6 %.
- **Ст3сп5** – сталь конструкционная нелегированная, полностью раскисленная – спокойная, 5-й категории, то есть может применяться для изготовления несущих сварных конструкций.
- **ХВГ** – сталь ХВГ имеет в составе хром, вольфрам и марганец в количестве около 1 % и дополнительные легирующие элементы, но их содержание меньше 0,5 %

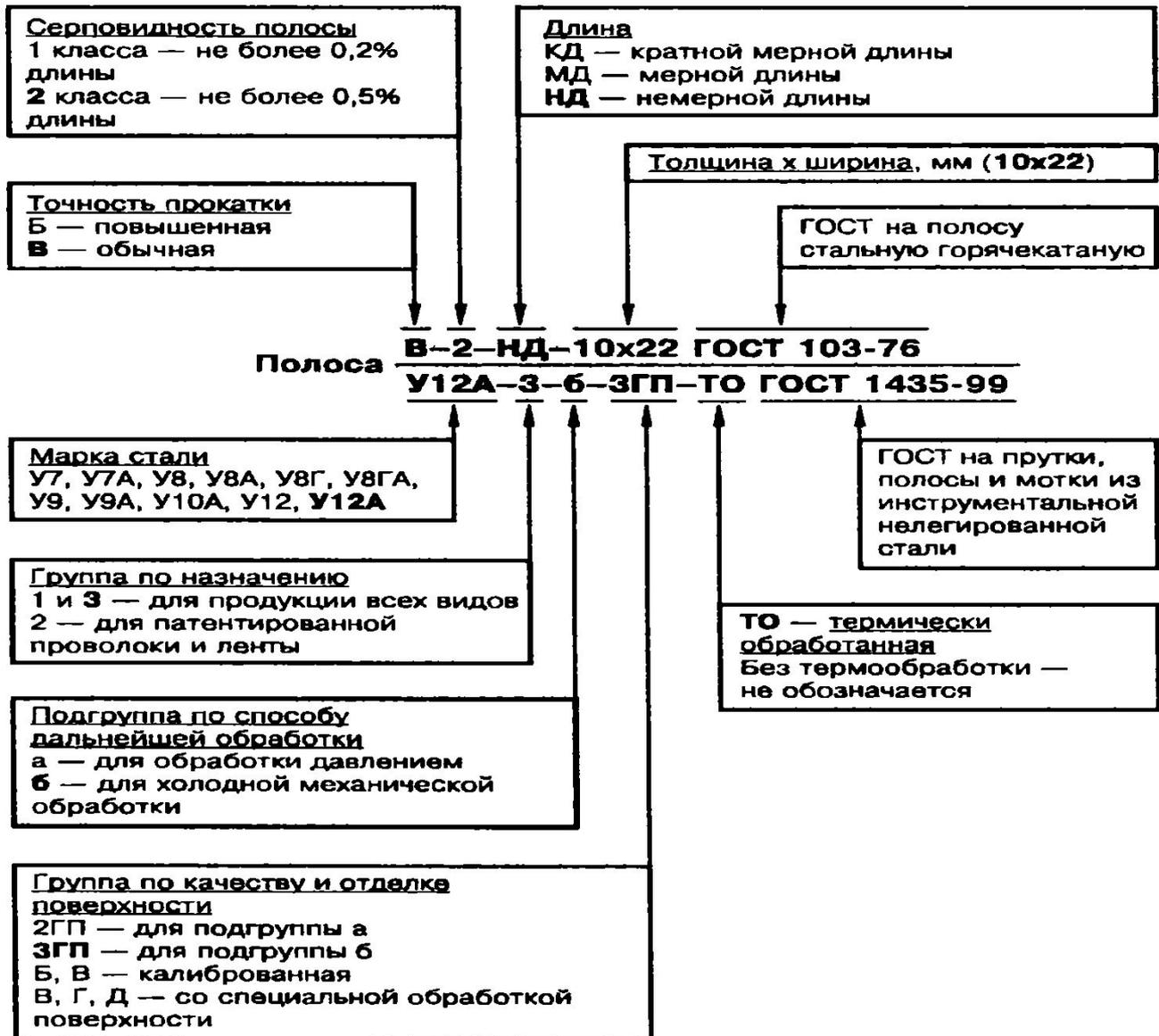
**Прокат листовой по ГОСТ 19903,
из стали повышенной прочности
— по ГОСТ 19281**



**Прокат горячекатаный круглый
по ГОСТ 2590, из рессорно-пружинной
и легированной стали — по ГОСТ 14959**



Полосы из инструментальной нелегированной стали по ГОСТ 1435



Обозначение поковок по ГОСТ 8479

Гр. I ГОСТ 8479-70

Обозначение группы Гр.
I — без испытаний

Гр. II (III) НВ 143...179 ГОСТ 8479-70

Обозначение группы Гр.
II — поковки совместно
прошедшие термообработку
III — прошедшие термо-
обработку по одинаковому
режиму

Твердость по Бринелю
НВ 143...179
(на поверхности поковок)

Гр. IV (V) КП 490 ГОСТ 8479-70

Обозначение группы Гр.
IV — поковки одной
плавки стали, совместно
прошедшие термообработку
V — принимается
индивидуально каждая
поковка

Категория прочности
КП 490 соответствует
пределу текучести
 $\delta_{0,2} = 490$ МПа



Обозначение отливок по ГОСТ 977

23ХГС2МФ Л КТ110 ГОСТ 977-88



массовая доля углерода — в сотых долях процента (средняя или максимальная) — **23**

Обозначение категории прочности по требуемому пределу текучести σ_T

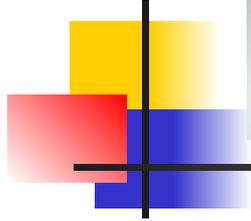
К — отливка в отожженном, нормализованном или отпущенном состоянии;
КТ — после закалки и отпуска

Легирующие элементы

А — азот
Б — ниобий
В — вольфрам
Г — марганец
Д — медь
М — молибден
Н — никель
Р — бор
С — кремний
Т — титан
Ф — ванадий
Х — хром
Ю — алюминий

Цифры — примерная массовая доля легирующего элемента в процента (С = **2,0%**)

Л — обозначение стали литейной





ЧУГУН



МИКРОСТРУКТУРЫ СЕРЫХ ЧУГУНОВ

Виды включений графита
(Нетравленные шлифы)



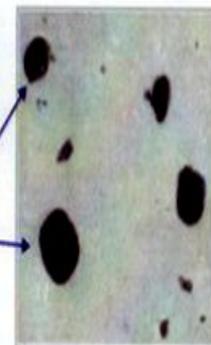
Графит
(пластинчатый)

Серый чугун



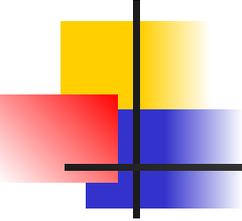
Графит
(хлопья)

Ковкий чугун



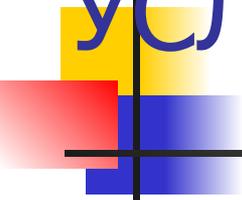
Графит
(сферический)

Высокопрочный
чугун

- 
-
- Чугунами называют сплавы железа с углеродом, содержащие более 2,14% углерода.

В чугунах, кроме железа и углерода, содержится (в качестве обычно определяемых постоянных примесей) кремний, марганец, фосфор и сера

КЛАССИФИКАЦИЯ ПО СТРУКТУРЕ И УСЛОВИЯМ ОБРАЗОВАНИЯ ГРАФИТА



По степени графитизации, формам графита и условиям их образования различают следующие типы чугунов:

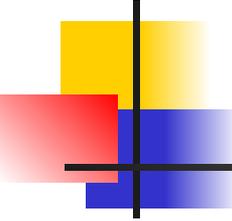
- а) белый,
- б) половинчатый,
- в) серый с пластинчатым графитом,
- г) высокопрочный с шаровидным графитом
- д) ковкий.

Белый чугун



- **Белый чугун.** Белым называется чугун, у которого почти весь углерод находится в химически связанном состоянии. Белый чугун весьма тверд, хрупок и очень трудно обрабатывается резцами (даже из твердых сплавов).
- Отливки из белого чугуна из-за большой твердости и хрупкости имеют ограниченное применение. Они применяются как износостойкие, коррозионностойкие и жаростойкие.
- Белый чугун называется потому, что вид излома у него светло-кристаллический.
 - Служат в основном для получения ковких чугунов.

Свойства белого чугуна

- 
- Любой чугунный сплав, с одной стороны, очень прочный, но в то же время обладает достаточной хрупкостью. Поэтому в качестве основных положительных свойств белого чугуна можно выделить:
 - Высокую твёрдость. Это значительно затрудняет обработку деталей, в частности, резанием.
 - Очень высокое удельное сопротивление.
 - Отличную износостойкость.
 - Хорошую стойкость к повышенному тепловому воздействию.
 - Достаточную коррозионную стойкость, в том числе, к различным кислотам.

Белые чугуны, с пониженным процентом углерода, обладают большей устойчивостью к высоким температурам. Это свойство используется для снижения количества трещин в отливках.

Недостатки

- Низкие литейные свойства. Он имеет плохое заполнение отливочных форм. Во время заливки могут образовываться внутренние трещины.
- Повышенная хрупкость.
- Плохая обрабатываемость самих отливок и деталей из белого чугуна.
- Большая усадка, которая может достигать 2%.
- Низкая стойкость к ударным воздействиям.
- Плохая свариваемость. *Проблемы в сварке деталей из подобного материала вызваны тем, что в момент сварки происходит образование трещин, как при нагреве, так и при охлаждении.*

Маркировка белого чугуна

- Для маркировки белого чугуна применяют буквы русского алфавита и цифры. Если в нём имеются примеси, то маркировка начинается с буквы «Ч».
- Состав имеющихся легирующих добавок можно определить по последующим буквам **П, ПЛ, ПФ, ПВК**. Они свидетельствуют о наличии кремния. Если полученный металл обладает повышенной износостойкостью, то его маркировка будет начинаться с буквы «И», например **ИЧХ, ИЧ**. Например, наличие в маркировке обозначения «Ш», означает, что в структуре сплава имеется графит шаровидной формы.
- Цифры указывают на количество дополнительных веществ, присутствующих в белом чугуне.

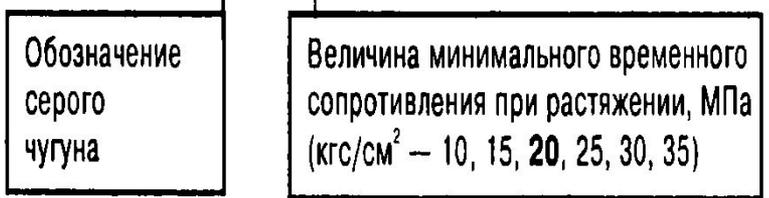
Марка ЧН20Д2ХШ - жаропрочный высоколегированный металл.

Содержит следующие элементы:
никеля — 20%, меди — 2%, хрома — 1%.
Остальные элементы — это железо, углерод, графит шаровидной формы



Чугун серый по ГОСТ 1412

СЧ 20 ГОСТ 1412-85



Серый перлитный



Серый феррито-перлитный



Серый ферритный

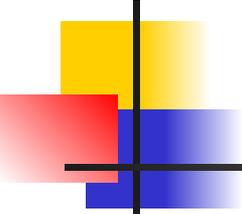


Маркировка серых чугунов

СЧ20

↑ Предель прочности на разрыв (200 МПа)
↑ Серый чугун

СЧ

- 
-
- Чугуну свойственны почти полное отсутствие относительного удлинения (менее 0,5%) и низкая ударная вязкость.
 - В связи с тем, что серый чугун независимо от характера металлической основы имеет низкую пластичность, большей частью стремятся к получению его с перлитной основой, поскольку перлит значительно прочнее и тверже феррита. Снижение количества перлита и повышение за счет этого количества феррита приводят к потере прочности и износостойкости без повышения пластичности. Не дают также большой пластичности легирование.



Ковкий перлитный

Ковкий ферритный



Маркировка ковких чугунов

КЧ 50-5 ← Относительное удлинение (5%)

↑ ← Предел прочности на разрыв (500 МПа)
 ↑ Ковкий чугун

ВЫСОКОПРОЧНЫЕ ЧУГУНЫ

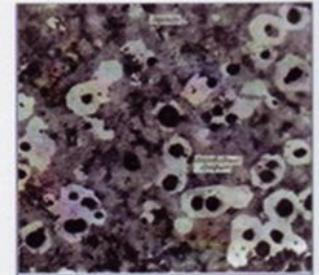
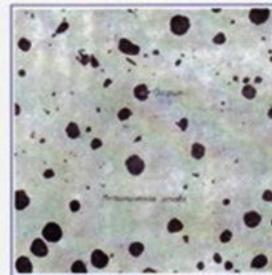
Включения графита имеют шаровидную форму

Высокопрочный чугун получают путем модифицирования серого чугуна магнием или церием.

Химический состав: 3.0-4.0% C, 2.5-3.8% Si, 0.2-0.7% Mn, 0.02-0.08% Mg, <0.02% S, <0.1% P

Нетравленный шлиф

Феррито-перлитная основа



Маркировка высокопрочных чугунов

ВЧ 45

↑ ← Предел прочности на разрыв (450 МПа)
 ↑ Высокопрочный чугун



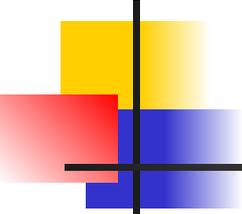
Высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ВЧ)

- Принципиальное отличие от других видов чугуна заключается в шаровидной форме графита, которая получается главным образом путем введения в жидкий чугун специальных модификаторов (Mg, Ce).

Поэтому высокопрочный чугун часто называют магниевым, хотя в ГОСТе он назван «высокопрочным».

- Путем легирования и термообработки можно получить аустенитную, мартенситную или игольчато-трооститную основу.
- Отливки из высокопрочного чугуна так же, как и серого чугуна, могут производиться любой толщины.

КОВКИЙ ЧУГУН (КЧ).

- 
- Главное отличие ковкого чугуна заключается в том, что графит в нем имеет хлопьевидную или шаровидную форму. Хлопьевидный графит бывает различной компактности и дисперсности, что отражается на механических свойствах чугуна.
 - Промышленный ковкий чугун производится главным образом с ферритной основой; в ней однако всегда имеется перлитная кайма. В последние годы стали широко применяться чугуны с феррито-перлитной и перлитной основой. Чугун с ферритной основой обладает большой пластичностью.
 - Излом у ферритного ковкого чугуна черно-бархатистый; с увеличением количества перлита в структуре излом становится значительно светлее.
 - Отливки из ковкого чугуна бывают ограниченной толщины, обычно не более 40—50 мм. Толщина отливок лимитируется трудностью получения сквозного отбеливания.

Классификация чугунов по механическим и специальным свойствам

По механическим свойствам чугунные отливки делят по:

- а) твердости (НВ — твердость по Бринеллю);
- б) прочности (σ — предел прочности при растяжении);
- в) пластичности (δ — относительное удлинение).

Очень удобным является следующее деление:

■ а) по твердости

Мягкие чугуны	НВ до 149
Средней твердости	НВ = 149 — 197
Повышенной твердости	НВ = 197 — 269
Твердые	НВ выше 269

■ б) по прочности

Обыкновенной прочности	σ до 20 кг/мм ² (только серые чугуны)
Повышенной прочности	σ = 20 — 38 кг/мм ² (серые и ковкие чугуны)
Высокой прочности	σ = 40 кг/мм ² и выше (ковкие чугуны)

■ по пластичности

Непластичные	δ до 1 %
Малопластичные	δ = 1-5%
Пластичные	δ = 5-10%
Повышенной пластичности	δ выше 10%

Чугун антифрикционный по ГОСТ 1585

АЧ С — 2 ГОСТ 1585-85

Обозначение антифрикционного чугуна

Порядковый номер марки: 1, 2, 3, 4, 5, 6

С — серый
В — высокопрочный
К — ковкий



Применяются для изготовления подшипников скольжения, работающих в присутствии смазки. Из антифрикционного чугуна изготавливаются цилиндры, поршни, станины, зубчатые колеса, втулки, вкладыши подшипников и т.д.

Достоинство: **высокая износостойкость, хорошие литейные свойства и низкая стоимость.**

Недостаток: пониженная по сравнению с бронзой прирабатываемость.

Антифрикционные чугуны легируются хромом, никелем, титаном и медью, что позволяет получить мелкодисперсную структуру перлит+феррит.



Антифрикционный чугун

- ***антифрикционный серый — АЧ С,***
- ***антифрикционный высокопрочный — АЧ В,***
- ***антифрикционный ковкий — АЧ К;***

Антифрикционные чугуны обеспечивают низкое трение в местах контакта деталей друг с другом.

Средний химический состав антифрикционного чугуна: С=2,5-3,8 %, Si=0,8-2,7 %, Mn=0,3-1,2 %, P<0,15 %, S<0,03 %, Cr=0,2-0,4 %, Ni=0,2-0,4 %, Ti=0,1 %, Cu=0,3-0,7 %. (ГОСТ 1585-85).

Медь и медные сплавы

Маркировка меди:

M00 (99,99 % Cu), **M0** (99,97 % Cu), **M1** (99,9% Cu),
M2 (99,7 % Cu), **M3** (99,5 % Cu).

Основные группы медных сплавов:

Латуни - сплавы на основе меди, в которых главным легирующим элементом является **цинк**.

Бронзы - сплавы на основе меди, в которых основной добавкой может быть любой элемент, кроме **цинка и никеля**.

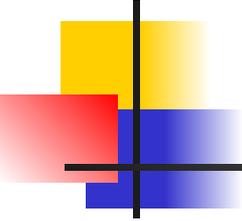
Медноникелевые сплавы - это сплавы на основе меди, у которых основной легирующий элемент - **никель**.

Медные сплавы подразделяют на **деформируемые** и **литейные**.

Технически чистая медь обладает высокими пластичностью и коррозионной стойкостью, малым удельным электросопротивлением и высокой теплопроводностью.

легирующие элементы

- А – алюминий
Мц - марганец
С - свинец
Б - бериллий
Мг – магний
Ср – серебро
Ж - железо
Мш - мышьяк
Су – сурьма
К – кремний
Н – никель
Т – титан
Кд – кадмий
О – олово
Ф – фосфор
Х – хром
Ц - цинк



Латунями называют сплавы меди с цинком. Цинк повышает прочность и пластичность сплава, но до определенных пределов.

- Наибольшей пластичностью обладают латуни, содержащие 30% цинка, а наибольшей прочностью — 45%. Поэтому более 45% цинка в латунях содержаться не может.
- Цинк удешевляет сплав, так как он дешевле меди.
- Латуни характеризуются высокой электропроводностью и теплопроводностью, коррозионной стойкостью, хорошо обрабатываются резанием.

Латуни (сплавы медно-цинковые) по ГОСТ 15527

Л 68 ГОСТ 15527-70

Обозначение латуни

Массовая доля меди в %
остальное цинк

Обозначение латуни
железо-марганцевой

Массовая доля меди в %

ЛЖМц59-1-1 ГОСТ 15527-70

Буквы – входящие элементы:
Ж – железо
Мц – марганец
А – алюминий
Н – никель
О – олово
С – свинец
К – кремний
Мш – мышьяк
Цифры – среднее содержание
элементов входящих в
обозначение, %



Латуни

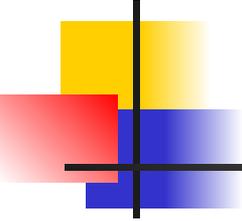
Латуни подразделяются по химическому составу на **двойные** и **многокомпонентные**, а по структуре на однофазные (α -латуни) и двухфазные (β -латуни).

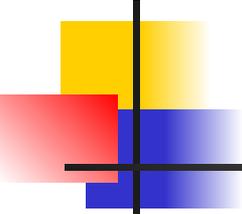
Маркировка: Латуни обозначаются буквой **Л**. У двойных латуней за буквой **Л** идет **число**, указывающее содержание меди в процентах.

В марке **многокомпонентной** латуни после буквы **Л** ставят буквенное обозначение легирующих элементов, а затем **цифры**, указывающие содержание **меди** и **легирующих элементов**. (латунь марки **Л90** содержит 90% Cu и 10% Zn; латунь **ЛС59-1** содержит 59% Cu, 1%Pb и 40% Zn).

В марках **литейных** латуней после буквы **Л** указываются буквы, обозначающие **легирующие элементы, включая цинк**. За буквами следуют цифры, указывающие содержание легирующих элементов. Их обозначение: **алюминий - А, никель - Н, олово - О, свинец - С; железо - Ж; кремний - К; марганец - Мц; цинк - Ц; фосфор - Ф, бериллий - Б.**



- 
-
- **Бронзами** называются сплавы меди с оловом, алюминием, свинцом и другими элементами, среди которых цинк не является основным.
 - Бронзы обладают высокой коррозионной стойкостью, хорошими литейными свойствами, хорошо обрабатываются давлением и резанием.
 - По названию основного легирующего элемента бронзы делятся на оловянные, алюминиевые, кремнистые, бериллиевые, свинцовые и др.

- 
-
- Наиболее **высокой электропроводностью** среди всех бронз обладает **кадмиевая бронза** БрКд1 ($\gamma = 95\% \gamma \text{Cu}$). Она прочнее отожженной меди в 3 раза. Кадмий повышает температуру рекристаллизации меди, поэтому провода из твердотянутой бронзы не теряют своей прочности до 250°C . Кадмиевую бронзу применяют для коллекторных пластин быстроходных машин, пружинных контактов, проводов повышенной прочности.
 - Высокую электропроводность имеет **хромистая бронза** БрХ0,5 ($\gamma = 85\% \gamma \text{Cu}$). Она обладает высокой износостойкостью и применяется для скользящих контактов.
 - Ценными свойствами обладает **бериллиевая бронза** БрБ2: высоким пределом упругости, твердостью, сопротивлением усталости и износу, высокой электропроводностью ($\gamma = 65\% \gamma \text{Cu}$). Её применяют после термообработки, состоящей из закалки с температур $770 \dots 780^\circ\text{C}$ и старения при $350 \dots 370^\circ\text{C}$. Это обеспечивает дисперсионное упрочнение и повышение предела прочности до $1300 \dots 1350$ МПа. С помощью холодной прокатки прочность сплава может быть увеличена до 1750 МПа. Бериллиевую бронзу применяют для изделий ответственного назначения: упругих элементов точных приборов, в том числе токоведущих (пружинных контактов, мембран), деталей, работающих в сложных условиях - при больших давлениях и температурах

Бронзы

Бронзы обозначаются буквами **Бр**, после чего следует буквенное обозначение легирующих элементов в порядке убывания их концентрации; в конце марки указываются средние концентрации соответствующих элементов.

(Бронза **БрАЖ 9-4** содержит 9% **Al** и 4% **Fe**)

В марках литейных бронз содержание компонентов ставится сразу после буквы, обозначающей его название.

(Бронза **БрО5Ц5С5** содержит 5% **Sn**, 5%**Zn** и 5%**Pb**)



Состав и механические свойства бронз

Марка сплава	Содержание, %			σ_b , МПа	δ , %
	Al	Mn	Fe		
	Деформируемые бронзы				
БрАЖ9-4	8,0-10,0	-	2,0-4,0	550	40
БрАЖМц10-5-1,5	9,0-11,0	1,0-2,0	2,0-4,0	600	20
	Литейные бронзы				
БрА9ЖЗЛ	8,0-10,5	-	2,0-4,0	400	10
БрА10ЖЗМц2	9,0-11,0	1,0-3,0	2,0-4,0	400	10

Бронза безоловянная по ГОСТ 493

Бр А10ЖЗМц2 ГОСТ 493-79

Обозначение
бронзы

Буквы — основные входящие
элементы:

А — алюминий

Ж — железо

Мц — марганец

Н — никель

С — свинец

остальное — медь

Цифра после буквы — среднее
содержание элемента в %





Бронза оловянная по ГОСТ 613

Бр 03Ц7С5Н1 ГОСТ 1585-85

Обозначение
бронзы

Буквы — основные входящие элементы:
О — олово
Ц — цинк
С — свинец
Н — никель
Ф — фосфор
 остальное — медь
Цифра после буквы — среднее содержание элемента в %

Оловянные бронзы

Состав и свойства сплавов

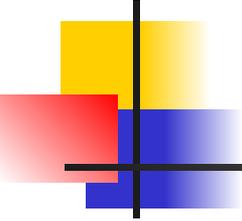
Марка сплава	Содержание, %				σ_B , МПа	δ , %
	Sn	Pb	Zn	другие		
Деформируемые бронзы						
БрОФ6,5-0,15	6,0-7,0	-	-	P 0,1-0,25	300	38
БрОФ6,5-0,4	6,0-7,0	-	-	P 0,26-0,40	400	65
БрОЦ4-3	3,5-4,0	-	2,7-3,3	-	350	40
БрОЦ4-4-2,5	3,0-5,0	1,5-3,5	3,0-5,0	-	325	40
Литейные бронзы						
БрО10Ф1	9,0-11,0	-	-	P 0,4-1,1	220	3
БрО5Ц5С5	4,0-6,0	4,0-6,0	4,0-6,0	-	180	4
БрО3Ц7С5Н1	3,5-4,0	3,0-6,0	6,0-9,5	Ni 0,5-2,0	210	5



Магний и его сплавы. Магний — самый легкий металл, используемый в промышленности (плотность — 1,74 г/см³).

- Температура плавления магния — 651 °С. Недостатками магния являются низкая прочность и пластичность, низкая коррозионная стойкость, способность к возгоранию при нагреве. Поэтому чистый магний в качестве конструкционного материала не используется.
- Свойства магния значительно улучшаются при сплавлении его с другими элементами, основные из которых — алюминий, марганец и цинк.
- Магниевые сплавы делятся на литейные и деформируемые.
- Литейные сплавы маркируются буквами МЛ, а деформируемые — МА. За буквами следует условный номер сплава.
- Основное преимущество сплавов магния — легкость. Сплавы магния хорошо свариваются и обрабатываются резанием, но имеют невысокую коррозионную стойкость.

Алюминий и его сплавы

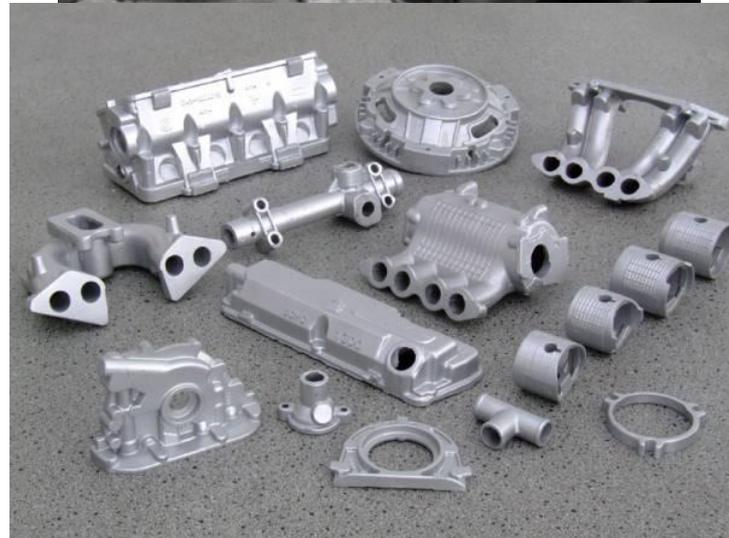
- 
- Алюминий - легкий металл, обладающий высокими тепло- и электропроводностью, стойкий к коррозии.
 - В зависимости от степени частоты первичный алюминий согласно ГОСТ 11069-74 бывает особой (А999), высокой (А995, А95) и технической чистоты (А85, А7Е, А0 и др.).
 - Алюминий маркируют буквой А и цифрами, обозначающими доли процента свыше 99,0% Al.
 - Буква "Е" обозначает повышенное содержание железа и пониженное кремния.
А999 - алюминий особой чистоты, в котором содержится не менее 99,999% Al;
А5 - алюминий технической чистоты в котором 99,5% алюминия.

Алюминий и сплавы алюминиевые

Имеет серебристо-белый цвет, пластичен (хорошо деформируется без разрушения), обладает высокими антикоррозионными свойствами и хорошей электропроводностью.

Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые

- АД0, АД1 – алюминий деформируемый (99 % - алюминия);
- АМц, АМцС – сплавы с марганцем;
- Д12, АМг1, АМг2, АМг3, АМг4, АМг5, АМг6 – сплавы с магнием и марганцем (магния от 0,8 ... 1,3 % до 5,8 ... 6,8 %);
- АД31, АД33, АД35, АВ – сплавы с магнием и кремнием (магния около 1 %, кремния от 0,3 ... 0,7 % до 0,8 ... 1,2 %);
- Д1, Д11, Д18, Д19, Д20 – сплавы с медью и магнием, марганцем (дюралю) (меди до 3,8 ... 4,9 %, магния до 0,9 % марганца 1,2 ... 1,8 %);
- АК6, АК8 – сложнолегированные сплавы системы алюминий- медь- магний- марганец-кремний (до 5,3 ... 7,8 % легирующих элементов);
- АК4, АК4-1 – сплавы системы алюминий- медь- магний- никель- железо-кремний (до 4,8 ... 7,3 % легирующих элементов);
- В95 – сплав алюминия с медью, магнием, марганцем, цинком и хромом (*Высокопрочные сплавы*).



Сплавы литейные алюминиевые

маркируются буквами АЛ и числом, показывающим условный номер сплава

АЛ2, АЛ13, АЛ9, АЛ34, АЛ7, АЛ91 и т.д.

Силумин – сплав алюминия с кремнием (10...13 %), марганцем и медью. Обладают низкой прочностью. Применяются для деталей, испытывающие небольшие нагрузки при эксплуатации.

Ковочные сплавы алюминия

Сплавы системы алюминий-кремний:

- 1. Сплавы системы алюминий - кремний – магний
АК12, АК13, АК9 , АК8л , АК7 и т.д.
- 2. Сплавы системы алюминий - кремний – медь:
АК5М , АК8М и т.д.
- **Сплавы системы алюминий-магний:**
АМ, АМг5Мц , АМг11 и т.д.

Баббиты оловянные и свинцовые по ГОСТ 1320

Баббит оловянный

Б

83 С ГОСТ 1320-74

Обозначение баббита

Содержание свинца, 1,0...1,5%

Содержание олова в %, **83** или 88



Баббиты для тонкостенных подшипников скольжения по ИСО 4383

Рв Sv 15 Sn As

Содержание свинца Рв — остальное в %

Буквенные обозначения основных входящих элементов:
Sv — сурьма
Sn — олово
As — мышьяк
Цифра — среднее содержание химических элементов в %

Баббит свинцовый

Б

16 ГОСТ 1320-74

Обозначение баббита

Среднее содержание олова 15...17%, остальное — свинец



Zn Sv8 Cu4

Олово Zn — остальное в %

Сурьма Sv 7...8%

Медь Cu 3...4%

Титан и титановые сплавы

Титан:

- температура плавления - **1668°C**;
- плотность при 20°C - **4,5 г/см³**;

Механические свойства чистого титана:

$$\sigma_b = 250 \text{ МПа}, \delta = 50 \%;$$

Маркировка титана: **BT1-00** (99,53 % Ti),
BT1-0 (99,46 % Ti)

Деформируемые титановые сплавы

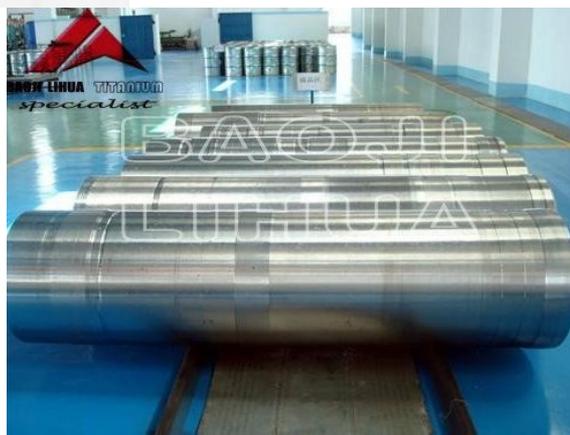
Маркировка:

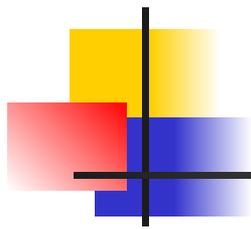
буквы **BT** или **OT**, за которыми следует **число**, обозначающее условный номер сплава.

Тугоплавкий металл с невысокой плотностью.

Удельная прочность титана выше, чем у многих легированных конструкционных сталей

Титан хорошо обрабатывается давлением, сваривается, из него можно изготовить сложные отливки, но обработка резанием затруднительна.





- Для получения сплавов с улучшенными свойствами его легируют алюминием, хромом, молибденом.
- Титан и его сплавы маркируют буквами "BT" и порядковым номером: BT1-00, BT3-1, BT4, BT8, BT14.

Пять титановых сплавов обозначены иначе: OT4-0, OT4, OT4-1, ПТ-7М, ПТ-3В.

BT1-00
BT1-0
BT1-2

← Титан

В титане марки BT1-00 допускается массовая доля алюминия не более 0,03%, в титане марки BT1-0 — не более 0,7%

OT4-0
OT4-1

← Титановые
сплавы —

кроме основы титана содержат:
алюминий
ванадий
молибден
олово
цирконий
марганец
хром
кремний
железо и прочие элементы в различных массовых долях в %

OT4
BT5
BT5-1
BT6
BT6с
BT8
BT3-1
BT9
BT14
BT20
BT22
ПТ-7М
ПТ-3В
AT3



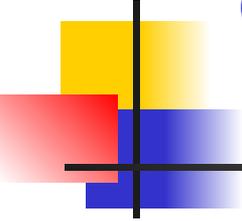
Литейные титановые сплавы

Маркировка литых сплавов такая же, как и деформируемых, но в конце маркировки ставят букву **Л**.

В литых сплавах допускается большее содержание примесей, чем в деформируемых.

Состав и свойства сплавов

Марка сплава	Содержание, %				Термическая обработка	σ_B , МПа	δ , %
	Al	V	Mo	другие			
BT5Л	4,1-6,2	-	-	-	отжиг 800-850°C, охл. на воздухе	700	6
BT20Л	5,5-7,5	0,8-1,8	0,5-2,0	Zr 1,5-2,5	отжиг 700-800°C, охл. на воздухе	930	8
BT6Л	5,0-6,5	3,5-4,5	-	-	закалка от 900-950°C старение 450-550°C	850	5
BT14Л	4,3-6,3	0,9-1,9	3,5-3,8	-	отжиг 740-760°C	880	5



Слоистые пластмассы

- **Стеклотекстолит** отличается от текстолита тем, что в качестве наполнителя используется стеклоткань. Более прочен и теплостоек, чем текстолит, имеет лучшие электроизоляционные свойства.
- В **асботекстолите** наполнителем является асбестовая ткань. Кроме электроизоляционных, он имеет хорошие теплоизоляционные и фрикционные свойства.
- **Гетинакс** представляет собой материал, полученный прессованием нескольких слоев бумаги, пропитанной смолой. Он обладает электроизоляционными свойствами, устойчив к действию химикатов, может применяться при температуре до 120-140°C.
- **Стекловолокнистый анизотропный материал (СВАМ)** получают прессованием листов стеклошпона, пропитанных смолой. Стеклошпон изготавливается из стеклянных нитей, которые склеиваются между собой сразу после изготовления. Листы стеклошпона располагаются в материале так, чтобы волокна соседних листов располагались под углом 90°. СВАМ обладает высокой прочностью, хорошими электроизоляционными свойствами, теплостоек до 200-400°.

Стеклотекстолит (краткое описание)

[подробнее](#) 

Марка стеклотекстолита	Состав	Нагревостойкость, °С	Область применения	Габариты
СТЭФ-У	Стеклоткань, эпоксидная смола	155	Стеклотекстолиты СТЭФ, СТЭФ-1, СТЭФ-У, СТЭФ-Т предназначены для изготовления деталей электротехнического назначения. Данные марки имеют высокую механическую прочность и отличные диэлектрические свойства при высокой влажности. Стеклотекстолит СТЭФ-1- имеет более однородную мелкую структуру.	Листы 1050±30)х(1550± 20) мм и 1000х2000 мм Толщина 0,35-100 мм
СТЭФ, СТЭФ-1				
СТ-ЭТФ СТТ	Стеклоткань, эпоксидная смола	180	СТТ и СТ-ЭТФ – теплостойкие стеклотекстолиты.	Листы (930± 20)х(1430± 20) мм и 1000х2000мм Толщ.0,35-100 мм
СТЭБ	Стеклоткань, бромированная эпоксидная смола	140	Стеклотекстолит СТЭБ предназначен для изготовления деталей электротехнического назначения и отличается пониженной горючестью	Листы 930х1430 мм, толщины 1,5-100 мм.
СТЭБ-ОП	Бромированная эпоксидная смола, стеклоткань	140	Стеклотекстолит СТЭБ-ОП-Р используется для изготовления лакосажевых резисторов. СТЭБ-ОП-П - для прокладок и плат в радиоэлектронике. Пониженная горючесть.	Листы (930± 20)х(1430± 20)мм, толщ. 0,35-1,5 мм.
СТЭФ-П СТЭФ-ПВ волнистый	Стеклоткань, полупроводящая эпоксиднофенолоформальдегидная смола	155	СТЭФ-П - полупроводящий стеклотекстолит для уплотнения статорных обмоток гидрогенераторов. СТЭФ-ПВ - полупроводящий стеклотекстолит для уплотнения обмоток в пазах статоров высоковольтных электрических машин.	Листы (930± 20)х(1430± 20) мм Толщ.СТЭФ-П - 0,2-5,0 мм. Толщина СТЭФ-ПВ - 0,4-1,0 мм.

Текстолит и асботекстолит конструкционные по ГОСТ 5-78

Текстолит ПТМ-1-20

Марка поделочного текстолита:

ПТ
ПТК — конструкционный
ПТК-С — конструкционный для
судовых подшипников
ПТМ-1, ПТМ-2 — металлургические

Марка асботекстолита:

А, Г или Б

Толщина номинальная — 20 мм
(по ГОСТ 5-78 от 0,5 до 110 мм)



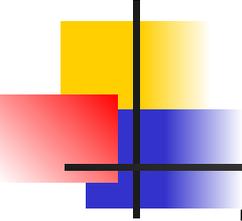
Слоистые пластмассы

Текстолит — это материал, полученный прессованием пакета кусков хлопчатобумажной ткани, пропитанной смолой. Обладает хорошей "способностью поглощать вибрационные нагрузки, электроизоляционными свойствами. Теплостоек до 80°C.



Текстолит

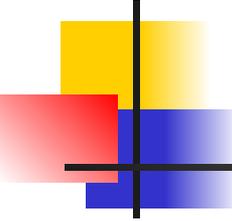
Марка	Габариты		Композиция	Класс нагрево-стойкости, °С	Назначение	Гарантийный срок хранения, мес.
ТЕКСТОЛИТ А, Б ГОСТ 2910-74 ТУ 05758799-014-96 (для т. более 50,0 мм)	Листы размером (1030x1580)±50 мм для толщины до 40,0 мм включительно Листы размером (800-950)x(1450-1500) мм для толщины более 40,0 мм		Хлопчатобумажная ткань, фенолоформальдегидное связующее	105	Для изготовления деталей электротехнического назначения, для работы в трансформаторном масле и на воздухе в условиях нормальной относительной влажности 45-75% при температур	18
ПОДЕЛОЧНЫЙ КОНСТРУКЦИОННЫЙ ТЕКСТОЛИТ ПТК ГОСТ 5-78	Листы размером (800-950)x(1430±35) мм Толщина - 0,5-80 мм		Хлопчатобумажная ткань, фенолоформальдегидное связующее	105	Для изготовления шестерен червячных колес, втулок, подшипников скольжения, колец	36
ПОДЕЛОЧНЫЙ ТЕКСТОЛИТ ПТ ГОСТ 5-78	Листы размером (800-950)x(1430±35) мм Толщина - 0,5-80 мм		Хлопчатобумажная ткань, фенолоформальдегидное связующее	105	Для изготовления тех же деталей, для которых предназначена марка ПТК, но работающих при более низких нагрузках	36
Текстолит ПТГ-2 ТУ 05758799-168-2011	Листы размером (1030x1580)±50 мм (800-900)x(1450-1500) мм Толщина 0,4-2,0 мм		Хлопчатобумажная ткань, фенолоформальдегидное связующее	105	Для изготовления уплотняющих шайб водяных насосов	18
Асботекстолит Б, Г ГОСТ 5-78	Для марки Б	толщина 5,0-35,0 мм Листы размером (1030x1580)±50 мм	Асбестовая ткань, фенолоформальдегидная смола	105	Используется в качестве теплоизоляционного материала, а так же для изготовления тормозных и иных фрикционных устройств, прокладок, деталей механического сцепления и других технических деталей	36
	Для марки Г	толщина 30,0-110,0 мм Листы размером (550-1030)x(1450-1500) мм				



Волокнистые пластмассы представляют собой композиции из волокнистого наполнителя, пропитанного смолой.

Делятся на волокниты, асбоволокниты и стекловолокниты.

- В *волокнитах* в качестве наполнителя применяется хлопковое волокно. Они используются для относительно крупных деталей общетехнического назначения с повышенной стойкостью к ударным нагрузкам.
- *Асбоволокниты* имеют наполнителем асбест — волокнистый минерал, расщепляющийся на тонкое волокно диаметром 0,5 мкм. Обладают теплостойкостью до 200°С, устойчивостью к ударным воздействиям, химической стойкостью, электроизоляционными и фрикционными свойствами.
- *Стекловолокниты* имеют в качестве наполнителя короткое стекловолокно или стеклонити. Прочность, электроизоляционные свойства и водостойкость стекловолокнитов выше, чем у волокнитов. Применяются для изготовления деталей, обладающих повышенной прочностью.



Порошковые пластмассы в качестве

наполнителя используют *органические порошки (древесная мука, порошкообразная целлюлоза) и минеральные порошки (молотый кварц, тальк, цемент, графит).*

Эти пластмассы обладают невысокой прочностью, низкой ударной вязкостью, электроизоляционными свойствами.

Пластмассы с органическими наполнителями применяются для ненагруженных деталей общетехнического назначения — корпусов приборов, рукояток, кнопок.

Пластмассы без наполнителя чаще всего являются термопластичными материалами.

Полиэтилен — продукт полимеризации бесцветного газа — этилена. Один из самых легких материалов (плотность 0,92 г/см³), имеет высокую эластичность, химически стоек, морозостоек. Недостатки — склонность к старению и невысокая теплостойкость (до 60°C). Используется для изготовления пленки, изоляции проводов, изготовления коррозионно-стойких труб, уплотнительных деталей..

Полипропилен - продукт полимеризации газа пропилена. По свойствам и применению аналогичен полиэтилену, но более теплостоек (до 150°C) и менее морозостоек (до -10°C).

Поливинилхлорид используется для производства винипласта и пластиката.

Винипласт представляет собой твердый листовый материал, полученный из поливинилхлорида без добавки пластификаторов. Обладает высокой прочностью, химической стойкостью, электроизоляционными свойствами.

Пластикат получают при добавлении в поливинилхлорид пластификаторов, повышающих его пластичность и морозостойкость.

Полистирол — твердый, жесткий, прозрачный полимер. Хорошие электроизоляционные свойства. Его недостатки — низкая теплостойкость, склонность к старению и растрескиванию. Используется в электротехнической промышленности.

Органическое стекло — прозрачный термопластичный материал на основе полиакриловой смолы. Отличается высокой оптической прозрачностью, в 2 раза легче минеральных стекол, обладает химической стойкостью. Недостатки — низкая твердость и низкая теплостойкость. Используется для остекления в автомобиле- и самолетостроении, для прозрачных деталей в приборостроении.

Фторопласты имеют наибольшую термическую и химическую стойкость из всех термопластичных полимеров. Водостоек, не горит, не растворяется в обычных растворителях, обладает электроизоляционными и антифрикционными свойствами. Применяется для изготовления изделий, работающих в агрессивных средах при высокой температуре, электроизоляции и др.

Таблица 14.7

Основные свойства электроизоляционных полимеров

Наименование	Плотность, кг/м ³	λ , Вт/(м·К)	$E_{пр}$, МВ/м	$\operatorname{tg} \delta$	ρ , Ом·м	ϵ_r	Холодостойкость, °С
Полиэтилен	920—960	0,33—0,52	45—55	$(2-4) \cdot 10^{-4}$	$10^{13}-10^{15}$	2,2—2,4	От -50 до -70
Поливинилхлорид	1200—1600	0,1—0,17	6—35	$(1-10) \cdot 10^{-2}$	$10^{10}-10^{12}$	3,2—8	От -25 до -60
Полиуретан	1170—1200	0,313	20—25	$(8-12) \cdot 10^{-3}$	$10^{12}-10^{13}$	3—4,6	-35
Капрон	1130—1160	0,14—0,18	20	$(1,2-2,7) \cdot 10^{-2}$	$10^{11}-10^{12}$	3,6—5,2	-25
Лавсан	1300—1400	0,42	80—120	$(2-6) \cdot 10^{-2}$	$10^{12}-10^{15}$	3,0—3,5	От -55 до -60
Фторопласт-4	2100—2240	0,252	35—50	$(1-3) \cdot 10^{-4}$	$10^{16}-10^{18}$	1,9—2,2	От -195 до -200
Полиимид	1280—1480	0,15	22—30	$(1,2-3) \cdot 10^{-3}$	$10^{15}-10^{16}$	3,5	-190
Резина			20—45	$(8-10) \cdot 10^{-3}$	$10^{11}-10^{12}$	3,5—4,5	-50
Полнорганосилоксаны	1600—1750	0,08	30—55	$(3-50) \cdot 10^{-4}$	$10^{14}-10^{15}$	2,6—3,5	-60

Газонаполненные пластмассы представляют собой материалы на основе синтетических смол, содержащие газовые включения.

- В **пенопластах** поры, заполненные газом, не соединяются друг с другом и образуют замкнутые объемы. Они отличаются малой плотностью (0,02-0,2 г/см³), высокими тепло-, звуко- и электроизоляционными свойствами, водостойкостью. Недостатки пенопластов — низкая прочность и низкая теплостойкость (до 60° С). Используются для теплоизоляции и звукоизоляции, изготовления непотопляемых плавучих средств, в качестве легкого заполнителя различных конструкций. Мягкие виды пенопластов используются для изготовления мебели, амортизаторов и т.п.
- **Поропласты** — это газонаполненные пластмассы, поры которых сообщаются между собой. Их плотность составляет 0,02-0,5 г/см³. Они представляют собой мягкие эластичные материалы, обладающие водопоглощением.

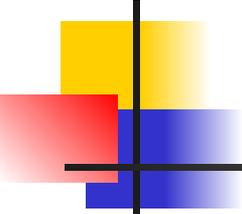
Термообработка



Термо-механическая

Термо-механическая обработка заключается в сочетании пластической деформации в аустенитном состоянии с закалкой. Формирование структуры закаленной стали при термо-механической обработке происходит в условиях повышенной плотности и оптимального распределения дислокаций, обусловленных условиями горячей деформации.

Химико-термическая

- 
-
- Химико-термической обработкой (ХТО) называется термическая обработка, заключающаяся в сочетании термического и химического воздействия с целью изменения состава, структуры и свойств поверхностного слоя стали.
 - При химико-термической обработке происходит поверхностное насыщение стали соответствующим элементом (C, N, Al, Cr, Si и др.) путем его диффузии в атомарном состоянии из внешней среды (твердой, газовой, паровой, жидкой) при высокой температуре.

Наименование процесса	Виды процессов по применяемой среде	Характеристика процесса	Назначение
Цементация	1) Твёрдым карбюризатором; 2) жидкостная; 3) электролизом; 4) газовая	Насыщение поверхностного слоя углеродом	Повышение износоустойчивости, поверхностной твёрдости и предела усталости стальных деталей
Азотирование	1) Газовое; 2) жидкостное	Насыщение поверхностного слоя азотом	Повышение износоустойчивости, поверхностной твёрдости, предела усталости и коррозиустойчивости стальных деталей
Цианирование	1) В твёрдой среде; 2) жидкостное; 3) газовое	Насыщение поверхностного слоя углеродом и азотом	Повышение износоустойчивости, поверхностной твёрдости и предела усталости деталей из конструкционной стали. Повышение режущих свойств и стойкости инструментов
Алитирование	1) В твёрдой среде; 2) газовое; 3) жидкостное; 4) электролитическое	Насыщение поверхностного слоя алюминием	Повышение жароупорности стальных деталей
Хромирование (термодиффузионное)	1) В твёрдой среде; 2) жидкостное; 3) газовое	Насыщение поверхностного слоя хромом	Повышение износоустойчивости и поверхностной твёрдости деталей машин и механизмов. Повышение режущих свойств и коррозиустойчивости инструментов
Силицирование	1) В твёрдой среде с пропусканием газообразного хлора; 2) газовое	Насыщение поверхностного слоя кремнием	Повышение жароупорности, износоустойчивости и коррозиустойчивости стальных деталей
Борирование	1) В твёрдой среде 2) в расплавленной буре при её электролизе	Насыщение поверхностного слоя бором	Повышение твёрдости, коррозиустойчивости и кислотоупорности стальных деталей
Хромосилицирование	Газовое	Одновременное насыщение поверхностного слоя хромом и кремнием	Приобретение комплекса свойств, присущих хромированному и силицированному слоям, главным образом жароупорности
Хромоалитирование	Газовое	Одновременное насыщение поверхностного слоя хромом и алюминием	Повышение жароупорности

Отжиг



Отжиг – производственный процесс, при котором металлы и сплавы подвергаются нагреванию до заданного значения температуры, а затем вместе с печью, в которой происходила процедура, очень медленно естественным путём остывают. В результате отжига удаётся устранить неоднородности химического состава вещества, снять внутренне напряжение, добиться зернистой структуры и улучшить её как таковую, а также снизить твёрдость сплава для облегчения его дальнейшей переработки.

Различают два вида отжига: отжиг первого и второго рода.

Отжиг первого рода подразумевает термическую обработку, в результате которой изменения фазового состояния сплава незначительны или отсутствуют вовсе. У него также есть свои разновидности: гомогенизированный – температура отжига составляет 1100-1200, в таких условиях сплавы выдерживают в течение 8-15 часов, рекристаллизационный (при t 100-200) отжиг применяется для клёпаной стали, то есть деформированной уже будучи холодной.

Отжиг второго рода приводит к значимым фазовым изменениям сплава. Он также имеет несколько разновидностей:

Полный отжиг – нагрев сплава на 30-50 выше критической температурной отметки, характерной для данного вещества и охлаждения с указанной скоростью (200 /час – углеродистые стали, 100 /час и 50 /час – низколегированные и высоколегированные стали соответственно).

Неполный – нагрев до критической точки и медленное охлаждение.

Диффузионный – температура отжига 1100-1200.

Изотермический – нагрев происходит так же, как при полном отжиге, однако после этого проводят быстрое охлаждение до температуры несколько ниже критической и оставляют остывать на воздухе. Применяют для изделий из легированных сталей

Нормализованный – полный отжиг с последующим остыванием металла на воздухе, а не в печи.

Закалка



Закалка – это манипуляция со сплавом, целью которой является достижение мартенситного превращения металл, обеспечивающее понижение пластичности изделия и повышение его прочности. Закалка, равно как и отжиг, предполагает нагрев металла в печи выше критической температуры до температуры закалки, отличие состоит в большей скорости охлаждения, которое происходит в ванне с жидкостью

*В зависимости от металла и даже его формы применяют разные **виды закалки**:*

- ▣ **Закалка в одной среде**, то есть в одной ванне с жидкостью (вода – для крупных деталей, масло – для мелких деталей).
- ▣ **Прерывистая закалка** – охлаждение проходит два последовательных этапа: сперва в жидкости (более резком охладителе) до температуры приблизительно 300 , затем на воздухе либо в другой ванне с маслом.
- ▣ **Ступенчатая** – по достижению изделием температуры закалки, его охлаждают какое-то время в расплавленных солях с последующим охлаждением на воздухе.
- ▣ **Изотермическая** – по технологии очень похожа на ступенчатую закалку, отличается только временем выдержки изделия при температуре мартенситного превращения.
- ▣ **Закалка с самоотпуском** отличается от других видов тем, что нагретый металл охлаждают не полностью, оставив в середине детали тёплый участок. В результате такой манипуляции изделие приобретает свойства повышенной прочности на поверхности и высокой вязкости в середине. Такое сочетание крайне необходимо для ударных инструментов (молотки, зубила и др.)

Отпуск



- **Отпуск** – это завершающий этап термической обработки сплавов, определяющий конечную структуру металла. Основная цель отпуска является снижение хрупкости металлического изделия.
- Принцип заключается в нагреве детали до температуры ниже критической и охлаждении.

Поскольку режимы термической обработки и скорость охлаждения металлических изделий различного назначения могут отличаться, то выделяют три вида отпуска:

Высокий - температура нагрева от 350-600 до значения ниже критической. Данная процедура чаще всего используется для металлических конструкций.

Средний – термообработка при t 350-500, распространена для пружинных изделий и рессор.

Низкий - температура нагрева изделия не выше 250 позволяет достичь высокой прочности и износостойкости деталей.

Самопроизвольный отпуск закаленных сталей при незначительном нагреве или без него, наблюдающийся с течением времени называют старением.

***Улучшение.** Закалку в сочетании с высоким отпуском называют улучшением. Его назначение – измельчение структуры, повышение механических свойств и повышение обрабатываемости стали резанием.*

Старение



- Старение – это термическая обработка сплавов, обуславливающая процессы распада пересыщенного металла после закалки. Результатом старения является увеличение пределов твёрдости, текучести и прочности готового изделия.
- Старению подвергаются не только чугун, но и цветные металлы, в том числе и легко деформируемые алюминиевые сплавы.
- Если металлическое изделие, подвергнутое закалке выдержать при нормальной температуре, в нём происходят процессы, приводящие к самопроизвольному увеличению прочности и уменьшению пластичности. Это называется *естественное старение металла*. Если эту же манипуляцию проделать в условиях повышенной температуры, она будет называться *искусственным старением*.

Криогенная обработка



Отделка холодом также относится к способам термической обработки

Производится операция после проведения закалки методом охлаждения в специальных криогенных камерах при отрицательных температурах в течение установленного времени. После этого состояние детали возвращается к комнатной температуре.

- Изменения структуры сплавов, а значит, и их свойств можно добиться не только высокими, но и крайне низкими температурами. Термическая обработка сплавов при t ниже нуля получила название криогенной. Данная технология широко используется в самых разных отраслях народного хозяйства в качестве дополнения к термообработкам с высокими температурами, поскольку позволяет существенно снизить расходы на процессы термического упрочнения изделий.

Криогенная обработка сплавов проводится при $t -196$ в специальном криогенном процессоре. Данная технология позволяет существенно **увеличить срок службы обработанной детали и антикоррозионные свойства, а также исключить необходимость повторных обработок.**

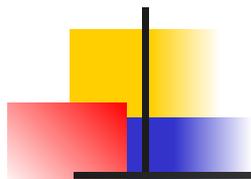
- В России принята разработанная ранее в СССР буквенно-цифровая система обозначения марок сталей и сплавов, где согласно ГОСТу, буквами условно обозначаются названия элементов и способов выплавки стали, а цифрами — содержание элементов.

Европейская система обозначений стали, регламентирована стандартом EN 100 27. Первая часть этого стандарта определяет порядок наименования сталей, а вторая часть регламентирует присвоение сталям порядковых номеров.

- **В Японии наименование марок стали**, как правило, состоит из нескольких букв и цифр. Буквенное обозначение определяют группу, к которой относится данная сталь, а цифры — ее порядковый номер в группе и свойство.
- **В США существует несколько систем обозначения металлов и их сплавов.** Это объясняется наличием нескольких организаций по стандартизации, к ним относятся AMS, ASME, ASTM, AWS, SAE, ACJ, ANSI, AJS. Вполне понятно, что такая маркировка требует дополнительного разъяснения и знания при торговле металлом, оформлении заказов и т. п.

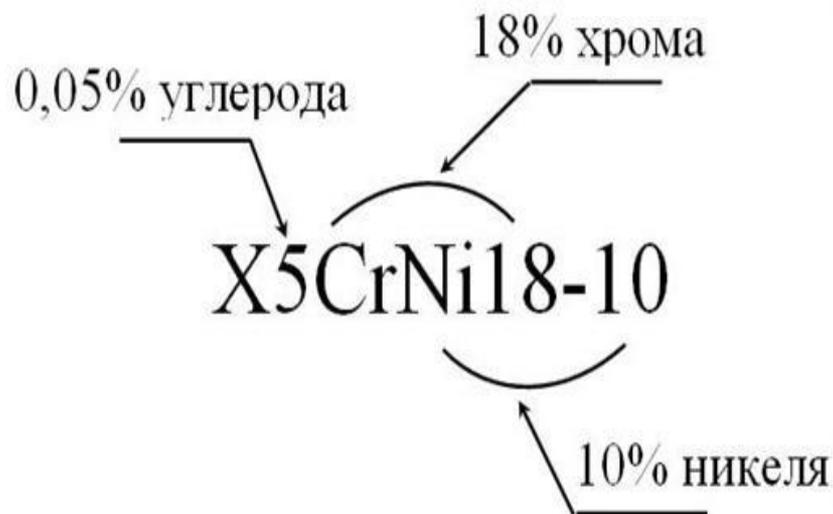
Европа (EN)	Германия (DIN)	США (AISI)	Япония (JIS)	СНГ (GOST)
1.4000	X6Cr13	410S	SUS 410 S	08X13
1.4006	X12CrN13	410	SUS 410	12X13
1.4031	X39Cr13		SUS 420 J2	40X13

До настоящего времени международные организации по стандартизации не выработали единую систему маркировки сталей.



СНГ ГОСТ	США AISI, ASTM, ASME	Германия DIN	Япония JIS	Китай GB	Великобритания B.S.	Италия UNI	Франция AFNOR NF
03X17H14M3	316L SA- 240TP316L	X2CrNiMo18-14-3	SUS 316L	00Cr17Ni14Mo2 00Cr17Ni14Mo3	316S13 LW 22	X2CrNiMo 18-14-3 X2CrNiMo1713KG	Z 3 CND 17- 12-03
03X18H11	304 L SA- 240TP304L	X2 Cr Ni 19 11 GX2 Cr Ni 19-11	SUS304 L	-	304S11 LW 20 LWCF 20 S 536 304 C12 (LT 196) 305 S 11	X2 CrNi 18 11 X 3 CrNi 18 11 GX 2 CrNi 19 10	Z 1 CN 18-12 Z 2 CN 18-10 Z 3 CN 19-10M Z 3CN 18-10 Z 3 CN 19-11 Z 3 CN 19-11FF
03XH28МДТ 06X28МДТ	-	X3NiCrCuMoTi2730	-	-	-	-	-

Маркировка сталей по европейской системе



- Сначала перечисляются все легирующие элементы, а затем в том же порядке цифрами указывается их массовая доля.
- **Первая цифра** – концентрация углерода в сотых долях процента.
- Если легированные стали, конструкционные и инструментальные, кроме быстрорежущих, включают **более 5%** хотя бы одной **легирующей добавки**, перед содержанием углерода **ставят букву «X»**.

Страны ЕС применяют маркировку EN, в некоторых случаях параллельно указывая национальную марку, но с пометкой «устаревшая».