



Ми Министерство образования Тверской области
Государственное бюджетное образовательное учрежде-
ние среднего профессионального образования «Про-
фессиональный колледж имени Героя Советского Сою-
за П.А.Кайкова»

Курс лекций по предмету
«МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»



Камызин Николай Максимович,
преподаватель специальных
дисциплин, высшая категория

Тверь, 2016 г.

Курс лекций по предмету «Материаловедение» рассмотрен и утвержден на заседании методической комиссии ГБП ОУ СПО «Тверской колледж им. Героя Советского Союза П.А. Кайкова. Протокол №6 от «14» января 2016г.

Камызин Н.М.

Курс лекций.

Специальная дисциплина «Материаловедение», ГБП ОУ СПО ТК им. П.А. Кайкова, 2016, 80с.

Курс лекций разработан в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования (далее – ФГОС СПО) представляет собой совокупность требований, обязательных при реализации основных профессиональных образовательных программ по группе специальностей **150000 «Металлургия, машиностроение и материалообработка».**

Учебное пособие разработано с целью оказания практической помощи мастерам производственного обучения и студентам при самостоятельной подготовке по данному предмету.

Курс лекций позволит обучающимся по профессии 151903.02 «Слесарь» подойти к самостоятельному решению многих вопросов при подготовке к итоговой квалификационной аттестации, повысить уровень знаний выпускников, поможет адаптироваться к условиям производства на ОАО «Тверской вагоностроительный завод», являющимся основным социальным партнёром колледжа, а так же на других машиностроительных предприятиях региона. Предлагаемое учебное пособие практически апробировано при реализации учебного процесса в 2012 - 2015 годах и может быть полезно обучающимся другим специальностям.

Предлагаемое издание дополнено и откорректировано с учетом поступивших замечаний и предложений поступивших в 2013 -2014 годах.

К данному учебному пособию выпущен электронный образовательный ресурс «**Материаловедение**».

Содержание

1. Чугуны	5
1.1 Чугуны и их свойства	5
1.2 Классификация чугунов	6
1.3 Белые чугуны.....	7
1.4 Ковкий чугун.....	9
1.5 Серый чугун.....	9
1.6 Высокопрочный чугун	11
1.7 Антифрикционный чугун.....	13
1.8 Чугуны со специальными свойствами.....	14
1.9 Обрабатываемость чугунов резанием	19
2. Стали.....	19
2.1 Стали их состав и свойства.....	19
2.2 Классификация сталей	21
2.3 Свойства физические, механические и технологические сталей.....	29
2.4 Способы определения твердости.....	31
2.5 Коэффициенты обрабатываемости и свойства сталей	35
3. Цветные металлы и сплавы.....	36
3.1 Цветные металлы, сплавы и их свойства.....	36
3.2 Медь и ее сплавы.....	36
3.3 Латунь.....	37
3.4 Бронзы.....	39
3.5 Алюминий и его сплавы.....	42
4. Инструментальные материалы.....	45
4.1 Быстрорежущие стали.	45
4.2 Выбор марки быстрорежущей стали.....	46
4.3 Углеродистые и легированные инструментальные стали	47
4.4 Твердые сплавы.....	48

4.5 Синтетические сверхтвердые материалы.....	51
4.6 Минералокерамика	51
4.7 Алмазы	52
4.8 Нитриды бора.....	52
4.9. Свойства инструментальных материалов.....	53
4.10 Назначение марок твердых сплавов.....	55
5. Абразивный инструмент.....	58
5.1. Общие положения.....	58
5.2 Типы абразивного инструмента.....	59
5.3. Абразивные материалы.....	60
5.4 Зернистость абразивных материалов.....	63
5.5 Связка абразивных материалов.....	65
5.6 Твердость абразивного инструмента.....	66
5.7 Виды связки абразивного инструмента.....	67
5.8 Применение абразивного инструмента.....	69
5.9 Структура абразивного инструмента.....	70
5.10 Классы неуравновешенности, точности и рабочие скорости шлифовальных кругов.....	71
5.11 Обозначение шлифовальных кругов.....	72
5.12 Шлифовальная шкурка.....	73
6. Термическая обработка.....	74
6.1 Цель термической обработки.....	74
6.2 Отжиг.....	74
6.3 Нормализация.....	76
6.4 Закалка.....	76
6.5 Отпуск.....	77
6.6 Оборудование для термической обработки.....	78
Литература.....	79

1. Чугуны

1.1 Чугуны и их свойства.

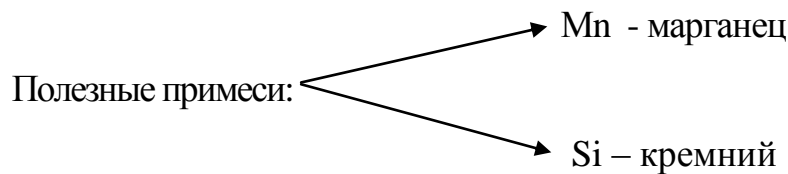
Изучив данный учебный элемент, вы будете знать:

- что такое чугуны;
- классификацию чугунов;
- основные свойства чугунов;
- маркировку чугунов.

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

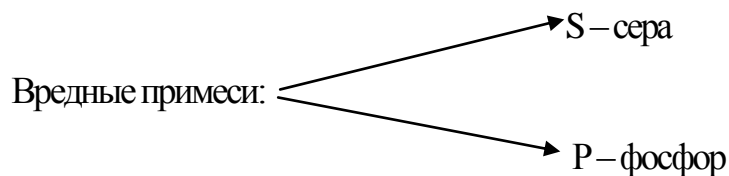
В отличие от стали чугун является более хрупким материалом. Чугун получают из железных руд в доменных печах.

Кроме основы (железа) – Fe и углерода – C, в чугунах содержатся в малом количестве примеси, а также специально вводимые легирующие элементы.



Марганец – повышает твердость чугуна.

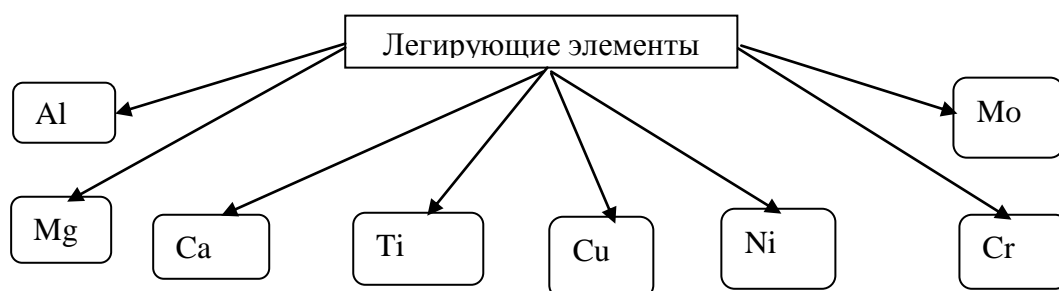
Кремний – повышает прочность и вязкость чугуна, улучшает литейные свойства.



Сера – понижает прочность, ухудшает литейные свойства чугуна.

Фосфор – повышает хрупкость.

Для улучшения свойств чугунов производят их модифицирование и легирование путем добавления легирующих элементов.

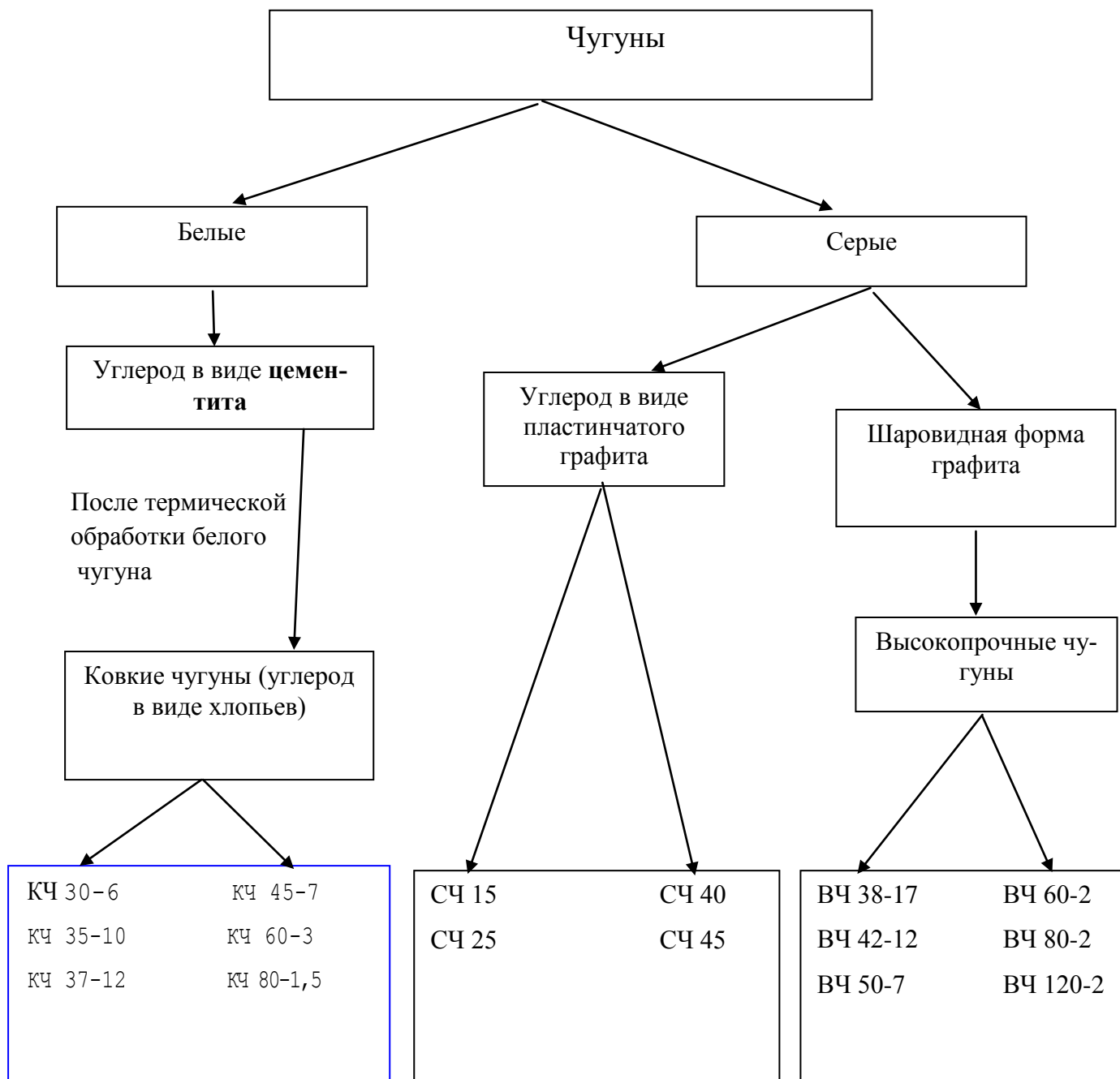


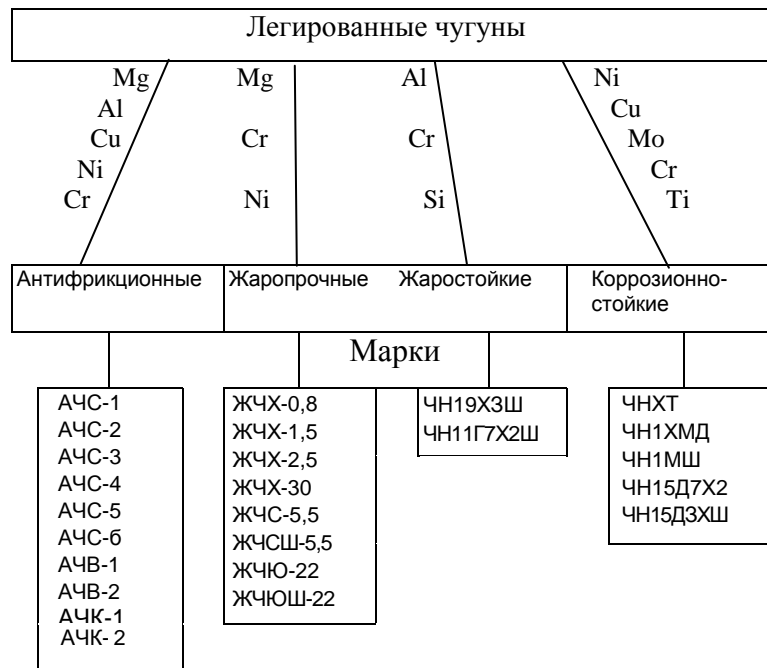
1.2 Классификация чугунов

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

По структуре, в зависимости от характера соединения железа с углеродом,

чугуны можно разделить на белые и серые.





1.3 Белые чугуны

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 , Мпа	Относительное удлинение δ , в %	Твердость по Бринеллю НВ	
		Мпа	кгс/мм ²
142	0	3234...392	330...400

Белый чугун имеет очень низкую обрабатываемость резанием. Обычно

он не подвергается механической обработке и используется для переделки в ковкий чугун.

1.4 Ковкий чугун

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

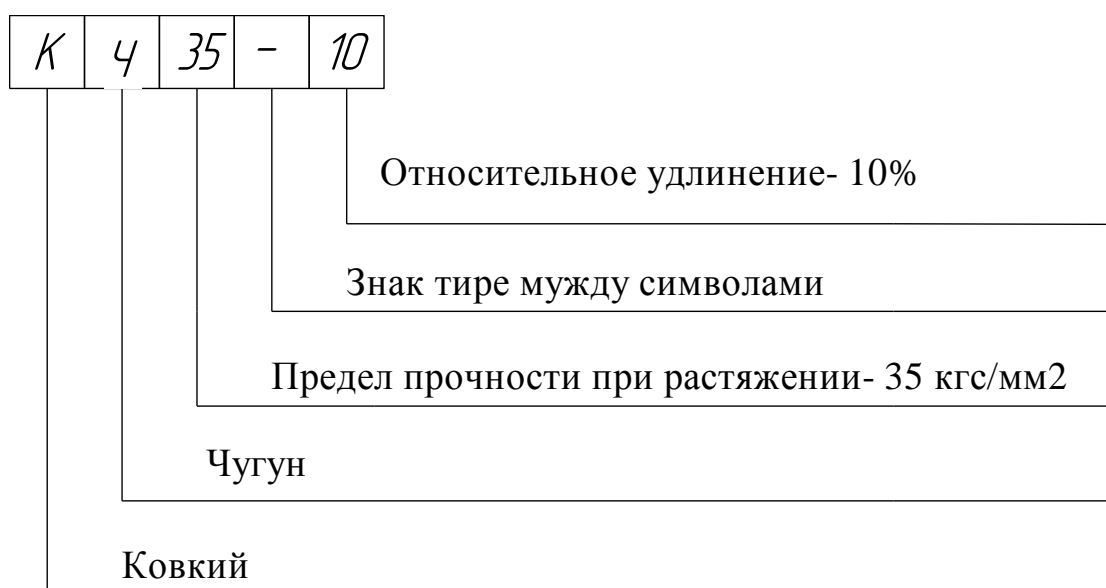
Ковкие чугуны содержат:

- углерод 2,2-3,1 %,
- кремний 0,7-1,5%,
- марганец 0,3-0,6%,
- фосфор до 0,18%,
- серу до 0,12%,
- хром до 0,2%.

Обозначение марки ковкого чугуна в технической документации:

- 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.



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

Механические свойства ковкого чугуна.

Марка чугуна	Предел прочности при растяжении σ_b , Мпа	Относительное удлинение δ , %	Твердость по Бринеллю НВ	
			Мпа	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.

1.5 Серый чугун

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

Серые чугуны содержат:

- углерод 2,5-3,6%,
- кремний 1,1-2,9%,
- марганец 0,2-1,4%,
- фосфор до 0,02-0,4%,
- серу до 0,02-0,15%
- хром до 0,15-0,3%,
- никель до 0,5%.

Обозначение марки серого чугуна включает:

- буквы СЧ (обозначают «серый чугун»);
- цифры (показывают предел прочности δ , кгс/мм²).

Пример маркировки серого чугуна.

С	Ч	18
предел прочности на растяжение – 18 кгс/мм ²		
чугун		
серый		

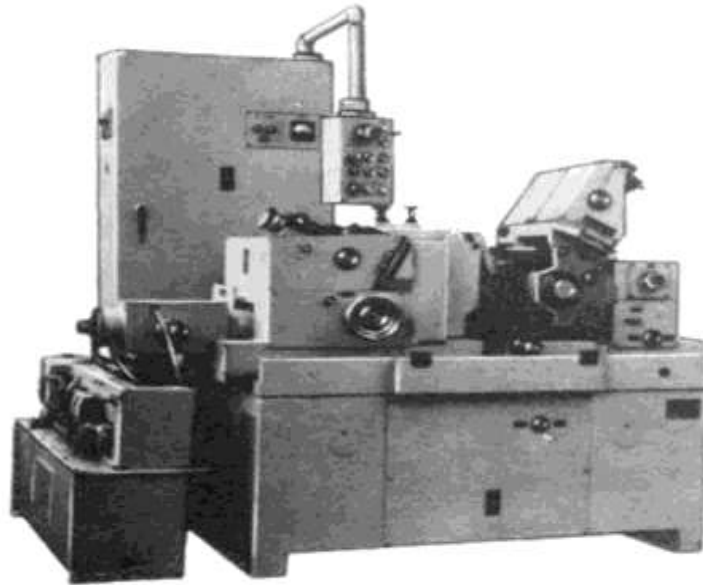
Серый чугун обладает высокими литейными, хорошо обрабатывается резанием. Широко применяется в машиностроении.

Механические свойства серого чугуна.

Марка чугуна	Предел прочности при растяжении σ_b Мпа	Твердость по Бринеллю, НВ	
		Мпа	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 СЧ40, СЧ45 относятся к особо качественным, получаемым специальным способом производства. Применяются для наиболее ответственного литья, например станины металлообрабатывающих станков.



1.6 Высокопрочный чугун

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 до 0,2-0,8% (Ni)

Обозначение марки высокопрочного чугуна включает:

- буквы ВЧ (обозначают «высокопрочный чугун»);
- цифры (первое число показывает предел прочности при растяжении σ_B , кгс/мм²;
- второе число – относительное удлинение δ %).

Пример маркировки высокопрочного чугуна.

В	Ч	42	-	12
				Относительное удлинение-10 %
				Знак тире между символами
				Предел прочности при растяжении- 42 кгс/мм ²
				Чугун
				Высокопрочный

Высокопрочный чугун обладает высокой прочностью и удовлетворительной пластичностью.

Механические свойства высокопрочных чугунов.

Марка чугуна	Предел прочности при растяжении σ_B - Мпа	Относительное удлинение δ , %	Твердость по Бринеллю, НВ	
			Мпа	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

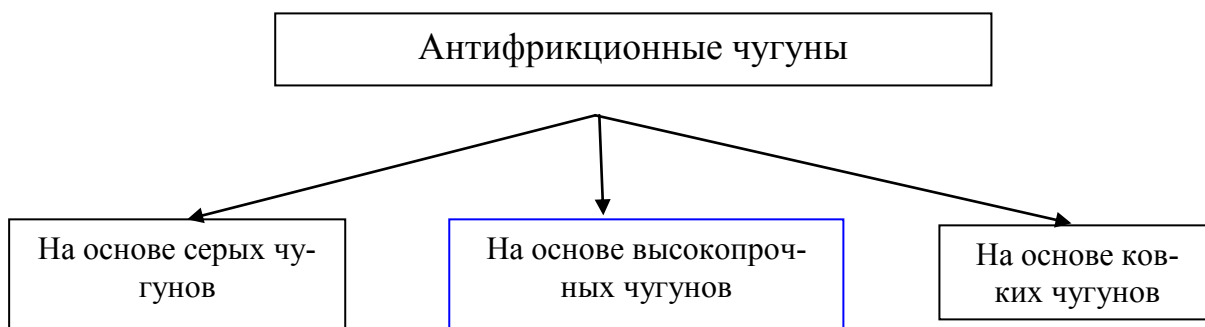
Высокопрочный чугун применяется в различных отраслях техники при изготовлении прокатных станов, кузнечно-прессового оборудования, деталей турбин и других ответственных деталей.



Коленчатый вал из высокопрочного чугуна

1.7 Антифрикционный чугун

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



Марки :

АЧС-1, АЧС-2...АЧС-6

Марки :

АЧВ-1, АЧВ-2

Марки :

АЧК-1, АЧК-2

Чугуны АЧС легированы: хромом (0,2-0,4 %)

никелем (0,2-0,4 %)

медью (0,3-2,0 %)

алюминием(0,4-0,8 %)

Чугуны АЧВ легированы: медью (< 0,7%),

магнием (< 0,03%).

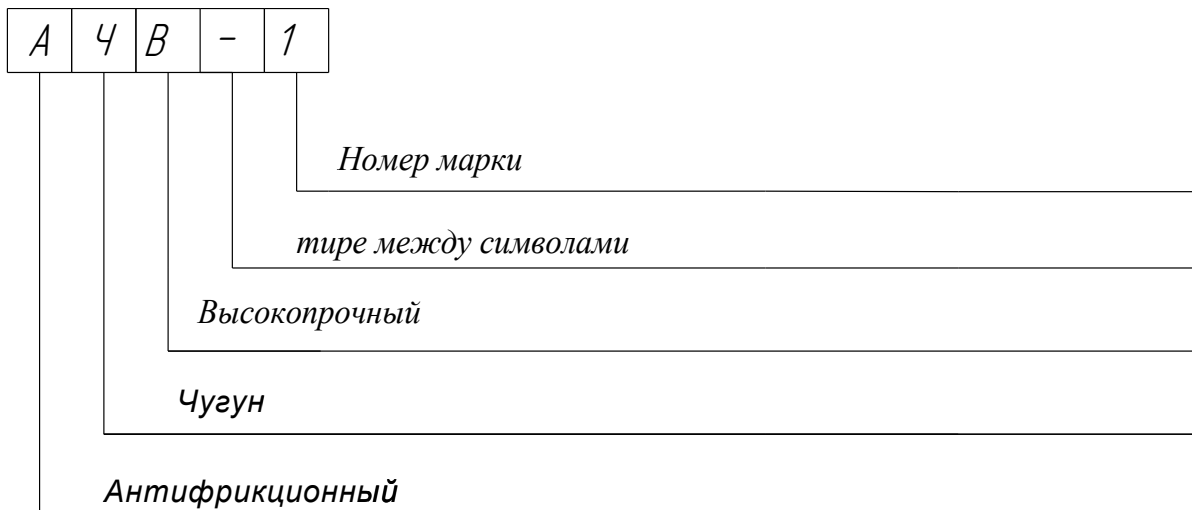
Чугуны АЧК легированы: медью (1-1,5%).

Маркировка антифрикционных чугунов.

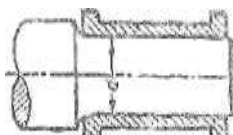
Обозначение марки антифрикционного чугуна включает:

- буквы АЧ (обозначают «антифрикционный чугун»);
- буква С - серый;
- буква В - высокопрочный;
- буква К - ковкий;
- цифры (указывают номер марки чугуна).

Пример маркировки антифрикционного чугуна:



Антифрикционный чугун обладает хорошей износостойкостью, поэтому эти чугуны используются для изготовления деталей, работающих в условиях трения скольжения.



Подшипник скольжения из антифрикционного чугуна

Механические свойства антифрикционного чугуна

Марка чугуна	Твердость по Бринеллю, НВ	
	МПа	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
АЧ8-2	1638-1933	167-197
АЧК-1	1834-2573	187-262
АЧК-2	1638-1933	167-197

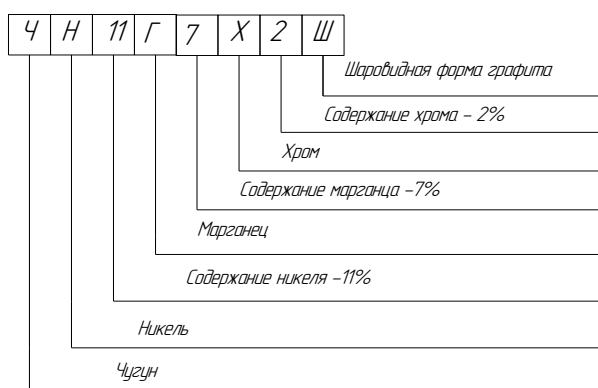
1.8 Чугуны со специальными свойствами

Путем введения легирующих элементов создаются чугуны со специальными физическими и химическими свойствами. К таким чугунам относятся жаропрочный, жаростойкий, коррозионно-стойкий и т.п.

Жаропрочный чугун предназначен для эксплуатации механизмов при температуре до 600°C. Легирован никелем, хромом, марганцем. Обозначение марки жаропрочного чугуна включает:

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

Пример маркировки жаропрочного чугуна:



Жаропрочный чугун сохраняет прочность при температурах до 600°C.

Имеет пониженную обрабатываемость резанием.

Химический состав и механические свойства жаропрочных чугунов.

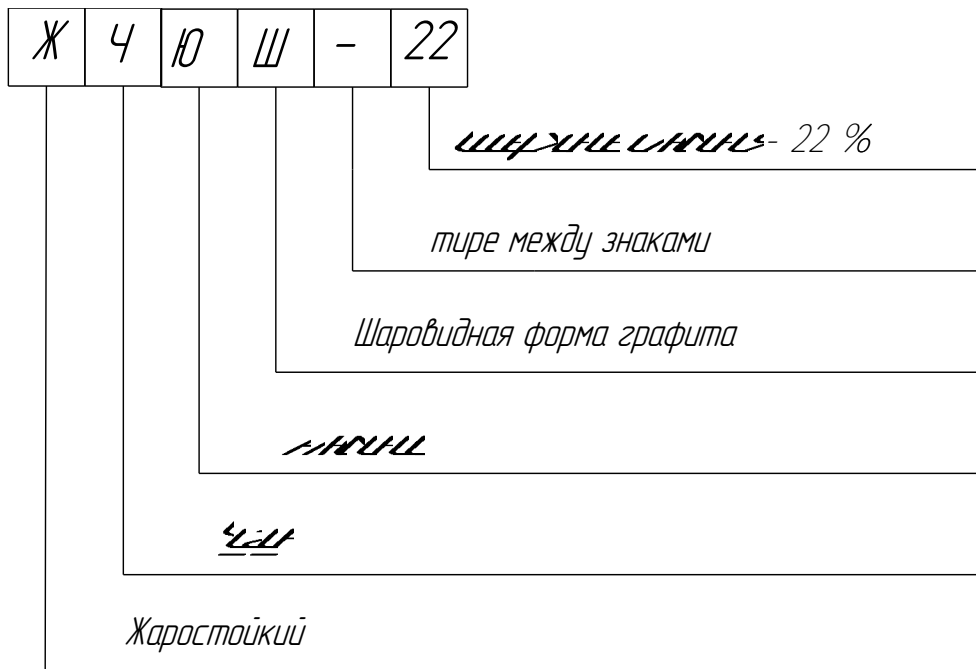
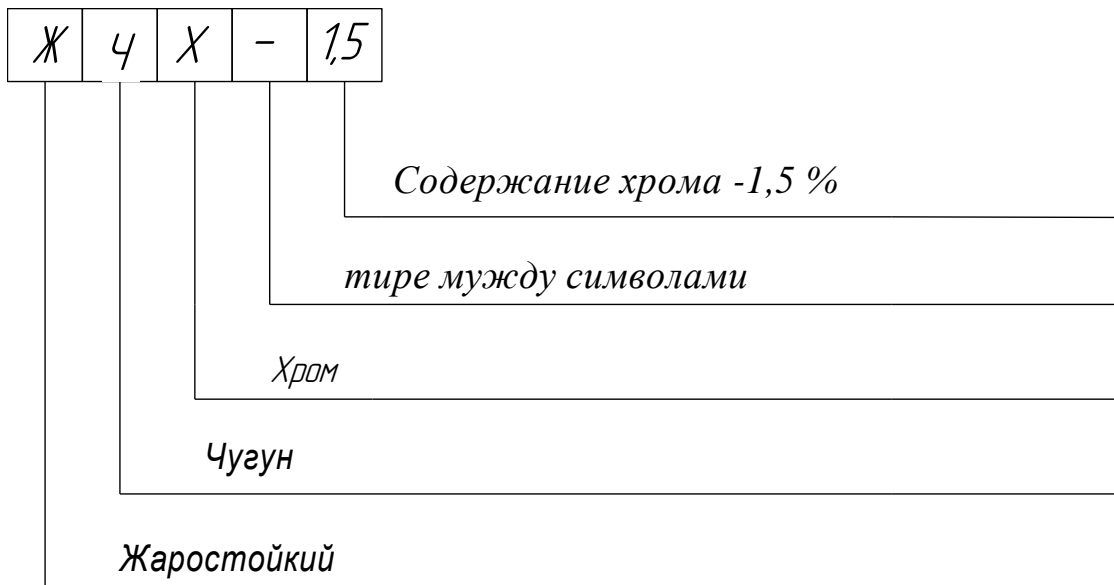
Марка чугуна	Химический состав, %							Механические свойства при 20°C		
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	σ _в , МПа; δ, %		НВ, МПа
				не более				не менее		
ЧН19ХЗШ	2,5-3,0	1,8-2,5	1,0-1,6	0,05	0,03	2,5-3,5	17-20	392	5	1176-2499
ЧН11Г7Х2Ш	2,5-3,0	1,8-2,5	5,0-8,0	0,05	0,03	1,0-2,5	10-12	392	4	1176-2499

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. Обозначение марки жаростойкого чугуна включает:

- буквы ЖЧ (обозначают «жаростойкий чугун»);
- буквы Х, С, Ю (обозначают легирующие элементы -хром, кремний, алюминий);
- букву Ш (обозначает, что графит имеет шаровидную форму);
- цифры (указывают процентное содержание легирующих элементов).

Пример маркировки разных марок жаростойкого чугуна:



Жаростойкий чугун сохраняет свойства при температуре до 600-1100°C.

Химический состав и механические свойства жаростойких чугунов

Чугун	Марка чугуна	Химический состав, %							Механические свойства при 20°C	
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	$\sigma_{0.2}$	HB, МПа
Хромистый	ЖЧХ-0,8	3,0-3,9	1,5-2,5	≤1,0	≤0,3	≤0,12	0,5-	-	176	2029-2803
	ЖЧХ-1,5	3,0-3,9	1,7-2,7	≤1,0	≤0,3	0,12	1,0		147	2029-2803
	ЖЧХ-2,5	3,0-3,9	2,8-3,8	≤1,0	≤0,3	≤0,12	1,1-		-	2234-3567
	ЖЧХ-30	2,4-3,0	1,0-2,0	≤0,7	≤0,1	≤0,08	1,9 2,0- 2,7		294	3626-5390
Кремнистый с пластичатым графитом	ЖЧС-5,5	2,4-3,2	5,0-6,0	0,5-1,2	0,03	≤0,12	0,5-0,9	-	98	1372-2409
Кремнистый с шаровидным графитом	ЖЧСШ-5,5	2,5-3,5	5,0-6,0	≤0,7	≤0,2	≤0,03	≤0,2	-	215	2234-3146
Алюминиевый с пластинчатым графитом	ЖЧЮ-22	1,6-2,5	1,0-2,0	0,4-0,8	≤0,2	≤0,08	-	19-25	88	1372-2803
Алюминиевый с шаровидным графитом	ЖЧЮШ-22	1,6-2,5	1,0-2,0	0,4-0,8	≤0,2	≤0,05	-	19-25	245	2362-3675

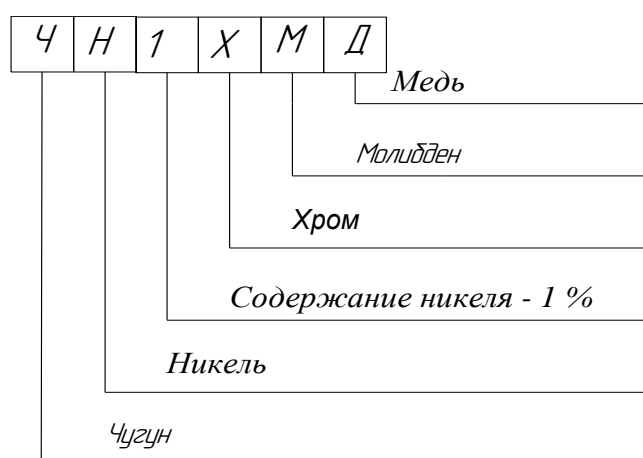
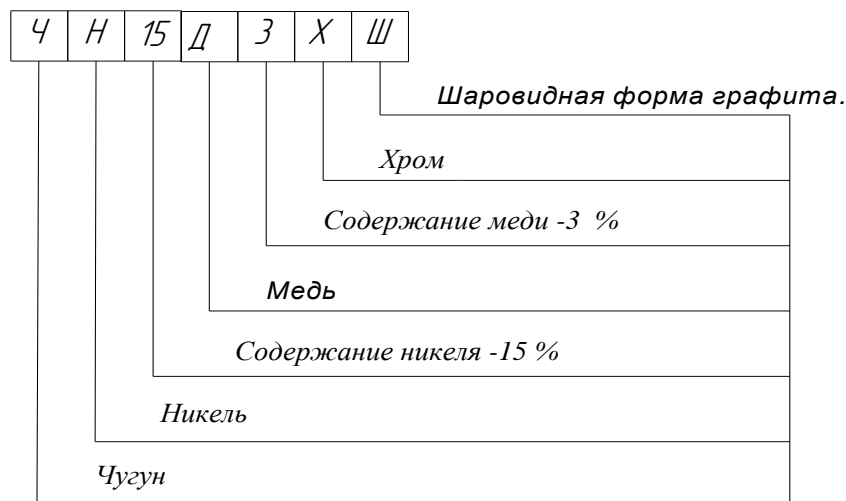
Жаростойкий чугун применяется для талей турбин, двигателей, работающих при температурах до 1000°C.

Коррозионно стойкие чугуны в состав которых вводится хром, титан, молибден, медь, никель с целью повышения его коррозионной стойкости

Обозначение марки коррозионно стойкого чугуна включает:

- букву *Ч* (обозначает «чугун»);
- буквы *X, T, M, Д, Н* (обозначают легирующие элементы - хром, титан, молибден, медь, никель);
- букву *Ш* (обозначает, что графит имеет шаровидную форму);
- цифры (указывают процентное содержание легирующих элементов).

Пример маркировки различных марок коррозионно-стойкого чугуна:



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

Химический состав и механические свойства коррозионностойких чугунов.

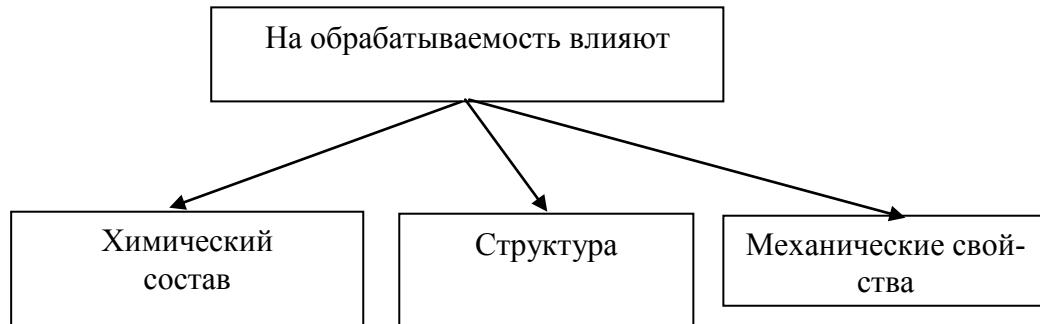
Чугун	Марка чугуна	Химический состав, %										Механические свойства при 20°C	
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Ti	σ _в МПа	НВ МПа
					Не более								
Низколегированный	ЧНХТ	2,7-3,4	1,4-2,0	1,0-2,6	0,5	0,15	0,2-0,4	0,3-0,7	-	-	0,05-0,12	235	1970-
	ЧН1ХМТ	2,8-3,2	1,6-2,0	0,5-1,2	0,15	0,12	0,2-0,6	0,7-1,5	0,3-0,6	0,2-0,5	-	294	2803
	ЧМ1МШ	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	
Высоколегированный	ЧН15Д7Х2	2,5-3,0	1,5-3,0	0,5-1,2	0,3	0,1	1,5-3,0-	1,4-1,7	-	6,0-8,0	-	176	1176-
	ЧН15Д3ХШ	2,5-3,0	2,0-2,5	1,3-1,8	0,1	0,03	0,2-0,6	1,4-1,7	-	3,0-3,5	-	343	1931

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

1.9 Обрабатываемость чугунов резанием

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.

2. Стали.

2.1 Стали, их состав и свойства

Изучив данный учебный элемент, вы будете знать:

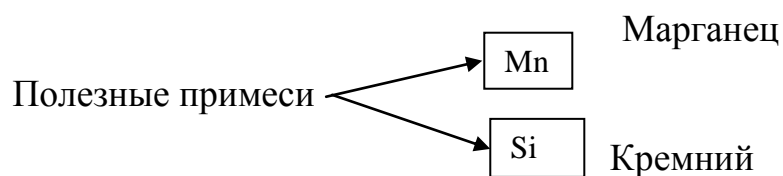
- что такое стали;
- основные свойства сталей;
- обрабатываемость сталей.

2.1.2 Состав стали

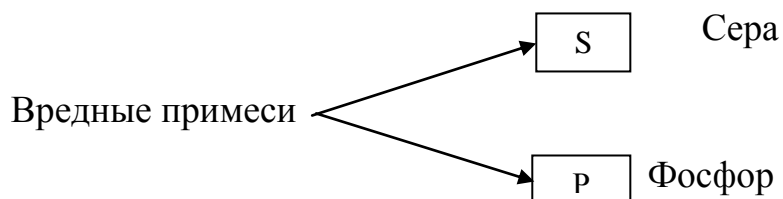
Сталь - сплав железа с углеродом (до 2%) и другими элементами.

Процесс получения стали из железной руды называют выплавкой. Непосредственному получению стали предшествует доменный процесс.

Кроме основы (железа) - Fe и углерода – С, в сталях в малых количествах присутствуют примеси:



Полезные примеси необходимы для ведения металлургического процесса выплавки стали.



Сера повышает хрупкость стали.

Фосфор снижает вязкость.

В составе стали присутствуют также специально добавленные легирующие элементы, которые придают сталям высокие конструкционные свойства. Это никель, хром, медь, молибден, алюминий, вольфрам, титан, ванадий, кобальт, ниобий и др.

Легирующие элементы имеют обозначения, указанные в таблице 1.

Таблица 1

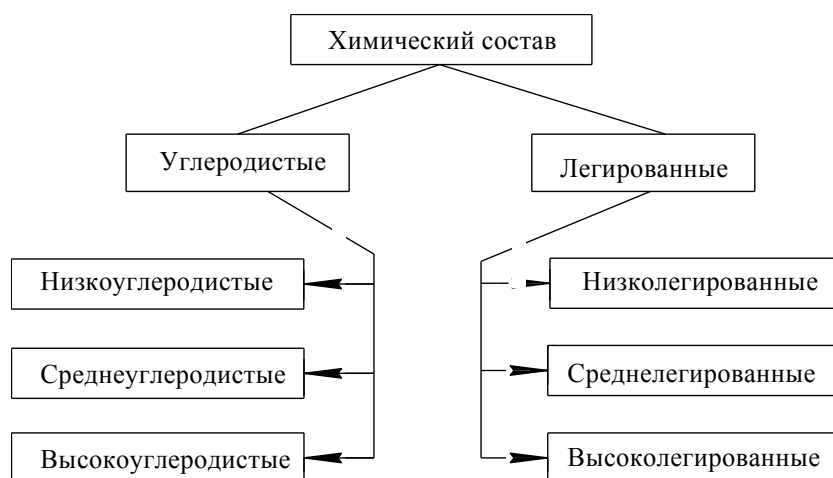
Легирующий элемент	Химический символ	Обозначение
Алюминий	Al	Ю
Бор	B	Р
Ванадий	V	Ф
Вольфрам	W	В
Кобальт	Co	К
Кремний	Si	с
Марганец	Mn	г
Медь	Cu	д
Молибден	Mo	м
Ниобий	Nb	Б
Никель	Ni	н
Титан	Ti	т
Хром	Cr	Х
Цирконий	Zr	Ц

2.2 Классификация сталей

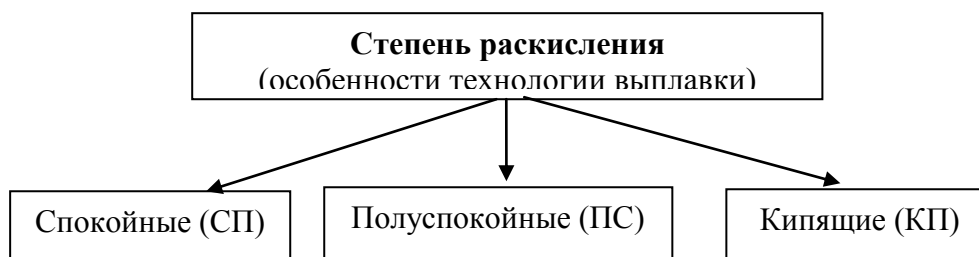
Стали классифицируют по: химическому составу, качеству, степени раскисления, методу придания формы и размеров, назначению.

а) По химическому составу стали разделяют на углеродистые и легированные.

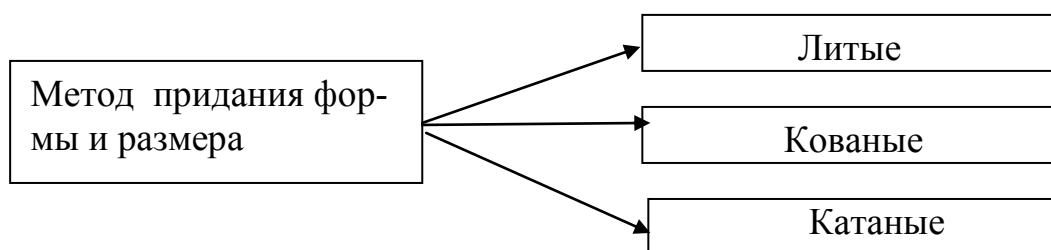
б) По качественному признаку углеродистые стали делятся на стали обыкновенного качества ГОСТ 380-2005 и стали качественные ГОСТ 1050-88



в) По степени раскисления стали разделяют на спокойные, полуспокойные и кипящие.



г) По методу придания формы и размера различают литые кованные, катаные стали.



д) По назначению стали разделяют на конструкционные, инструментальные и стали с особыми свойствами.



2.2.1 Углеродистые стали

Углеродистые стали сочетают удовлетворительные механические свойства с хорошей обрабатываемостью.

Количество углерода в двухкомпонентных сталях определяет комплекс свойств углеродистых сталей.

По концентрации углерода углеродистые стали разделяют на:

- низкоуглеродистые (содержание углерода до 0,3%);
- среднеуглеродистые (содержание углерода от 0,3 до 0,5%);
- высокоуглеродистые (содержание углерода более 0,5%).

Раскисление - процесс удаления из жидкого металла кислорода.

По особенностям технологии выплавки (степени раскисления) различают стали:

- кипящие,
- полуспокойные,
- спокойные.

Кипящие, полуспокойные и спокойные стали отличаются содержанием технологических примесей.

Степень раскисления указывается в марке стали следующими индексами:

- кипящая - «КП»;
- полуспокойная - «ПС»;
- спокойная ~ «СП».

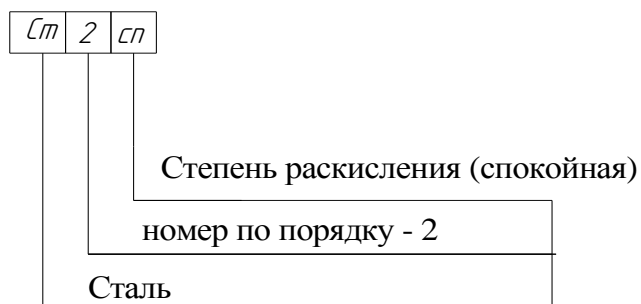
По качественному признаку углеродистые стали делятся на:

- стали обыкновенного качества ГОСТ 380-2005;
- качественные стали, которые содержат меньше вредных примесей ГОСТ 1050-88.

Маркировка сталей обыкновенного качества включает:

- буквы Ст (обозначают «сталь»);
- цифры от 0 до 6 (условный номер стали, который связан с содержанием углерода);
- букву Г (обозначает сталь с повышенным содержанием марганца);
- индекс кп, пс или СП (обозначает степень раскисления).

Примеры маркировки сталей обыкновенного качества



Маркировка качественных сталей включает:

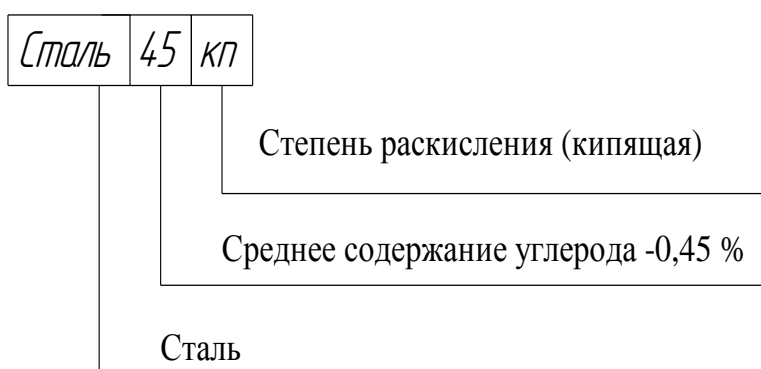
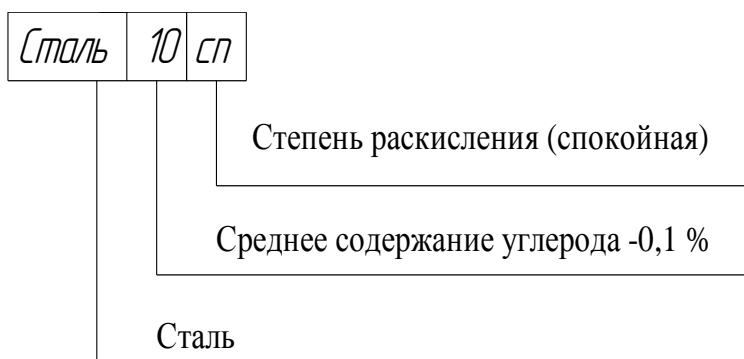
- две цифры (обозначают среднее содержание углерода в сотых долях процента);
- буква Г (обозначает сталь с повышенным содержанием марганца);

- буква К (обозначает т.н. котельную сталь);
- индекс кп или сп (обозначает степень раскисления для кипящих и полуспокойных сталей).

Содержание углерода в качественных сталях:

Марка стали	Углерод, %
08	0,05-0,12
10	0,07-0,14
20	0,17-0,24
30	0,27-0,35
40	0,37-0,45
45	0,42-0,50
50	0,47-0,55
60	0,57-0,65
80	0,77-0,85

Примеры маркировки качественных сталей:



2.2.2 Легированные стали

Обработываемость легированных сталей весьма различается в зависимости от их химического состава, механических свойств. Высоколегированные стали имеют низкую обработываемость резанием.

Леггирующие элементы придают сталям высокие конструкционные свойства и используются для получения сталей с особыми свойствами.

Легированные стали разделяют на:

- низколегированные

(содержание легирующих элементов в сумме менее 2,5%)

- среднелегированные

(содержание легирующих элементов в сумме от 2,5 до 10%)

- высоколегированные

(содержание легирующих элементов в сумме более 10%)

Маркировка легированных сталей включает:

- цифры (обозначают среднее содержание углерода в сотых долях процента);

- букву (обозначает легирующий элемент);

- цифры после буквы (обозначают содержание легирующего элемента в процентах.

- если содержание элемента менее 1%, то цифра не ставится;

- буква А в конце (обозначает высококачественную сталь, содержащую незначительное количество вредных примесей).

Каждый легирующий элемент обозначается буквой в соответствии с таблицей 1.

Пример маркировки легированных сталей:

12 X 18 H 10 T			
			титан (содержание менее 1%)
			содержание никеля -10%
		никель	
			содержание хрома -18%
		хром	
			содержание углерода - 0,12%

4	Х	12	Н	8	Г	8	М	Ф	Б
									Ниобий
								Ванадий	
							Молибден		
						Содержание марганца - 8%			
					Марганец				
				Содержание никеля - 8%					
			Никель						
		Содержание хрома - 12%							
	Хром								
Содержание углерода - 0,04%									

2.2.3 Классификация сталей по назначению

В зависимости от назначения стали делятся на конструкционные, инструментальные и стали с особыми свойствами.

Конструкционные стали применяются для изготовления оборудования, строительных конструкций и других сооружений.

Конструкционные стали можно разделить на стали:

- общего назначения (Ст3, 10, 45, 40Х и др.).

Применяются для изготовления различных деталей машиностроения, не требующих особых свойств.

Хорошо обрабатываются резанием.

- повышенной прочности (9Г2С, 10ХСНД и др.);

Применяются для изготовления деталей наружных конструкций.

Обрабатываемость резанием - удовлетворительная.

- высокопрочные (30ХГСНА, 30Х2ГСН2ВМ, 40ХГСН3ВА и др.);

Применяются в самолетостроении, машиностроении для деталей, требующих высокой прочности.

Обрабатываемость резанием - пониженная.

валковые (9Х2МФ, 45ХНМ и др.);

Применяются для изготовления валков, осей. Обрабатываемость резанием удовлетворительная.

подшипниковые (ШХ15 и др.);

Применяются для изготовления деталей подшипников. Обрабатываемость резанием - удовлетворительная.

- автоматные (А20, А30, АС20ХГНМ и др.);

С целью улучшения обрабатываемости в состав сталей введены сера, селен, теллур, кальций, свинец.

Инструментальные стали применяются для изготовления инструментов.

Инструментальные стали делятся на:

- **углеродистые** (У8, У8А, У12А и др.)

Используются при изготовлении инструментов для резания легкообрабатываемых материалов на низких скоростях резания.

Обрабатываемость резанием - хорошая.

- **легированные** (9ХС, ХВГ, ХВСГ и др.)

Применяются для изготовления некоторых видов режущего инструмента.

Обрабатываемость резанием - удовлетворительная.

- **быстрорежущие** (Р6М5, Р9М4К8 Р10К5Ф5и др.).

Применяются для изготовления большой номенклатуры режущего инструмента.

Обрабатываемость резанием - пониженная.

Стали с особыми свойствами - это высоколегированные стали для изготовления оборудования, работающего в особо неблагоприятных условиях.

Необходимое сочетание особых свойств достигается легированием хромом, никелем, титаном, молибденом, алюминием, ванадием, кобальтом и т.п.

Стали с особыми свойствами разделяются на:

- *теплоустойчивые* 25ХМФ, 15Х1М1Ф и др.);

Предназначены для работы при температурах до 560°.

Обрабатываемость резанием - пониженная.

- *жаропрочные* (1Х12Н2ВМФ, 4Х12Н8Г8МФБ, 3Х19Н9МВБТ и др.);

Предназначены для работы в условиях воздействия высоких температур и действия механических нагрузок.

Обрабатываемость резанием - низкая.

- *жаростойкие* (20Х23Н18, 15Х25Т и др.);

Предназначены для работы в малонагруженном состоянии в агрессивных газовых средах при высоких температурах.

Обрабатываемость резанием - пониженная.

- *коррозионностойкие* (среда кислот H₂SO₄ ; H₂S и т.д.)

12Х18Н10Т, 20Х13 и др.

Предназначены для работы в условиях воздействия агрессивных сред (кислоты, щелочи, морская вода и пр.).

Обрабатываемость резанием - пониженная.

При изготовлении ответственных деталей газовых турбин, авиационных двигателей находят применение:

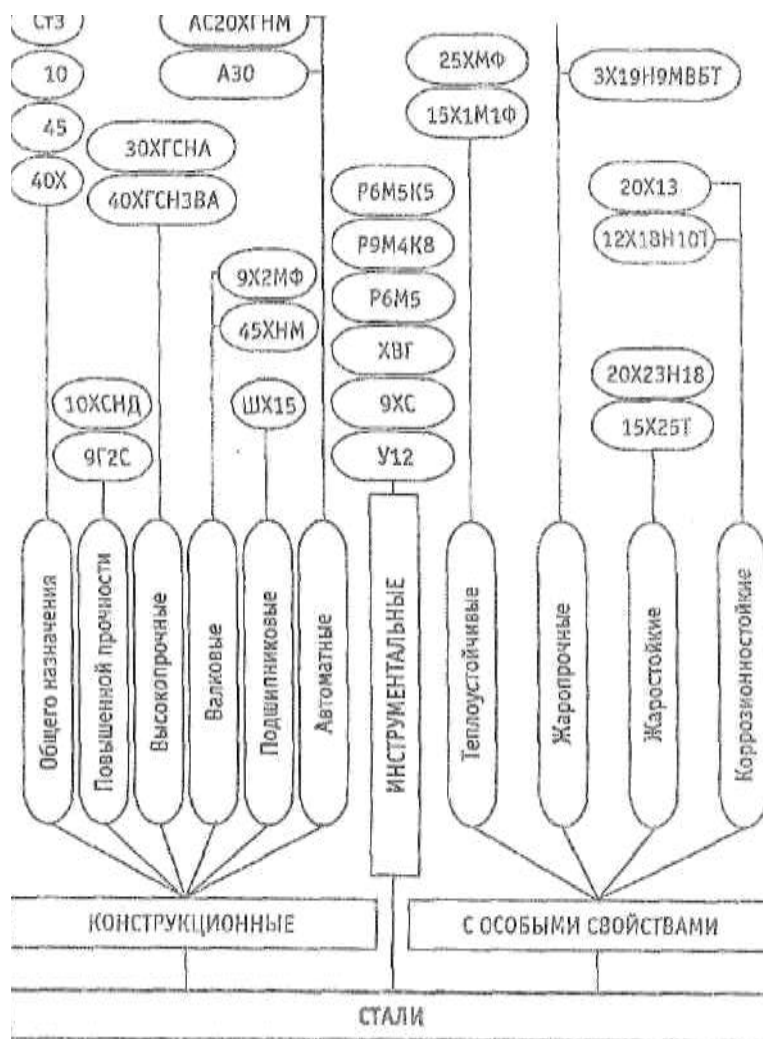
- *жаропрочные сплавы* на железо-никелевой основе:

ХН35ВТ; ХН35ВТЮ;

- *жаропрочные сплавы* на никелевой основе:

ХН77ТЮР; ХН80ТБЮ; ХН70ВМЮТ; ХН65В9М4ЮТ; ХН55ВМТФКЮ.

Эти материалы имеют высокие механические свойства и очень низкую обрабатываемость резанием.



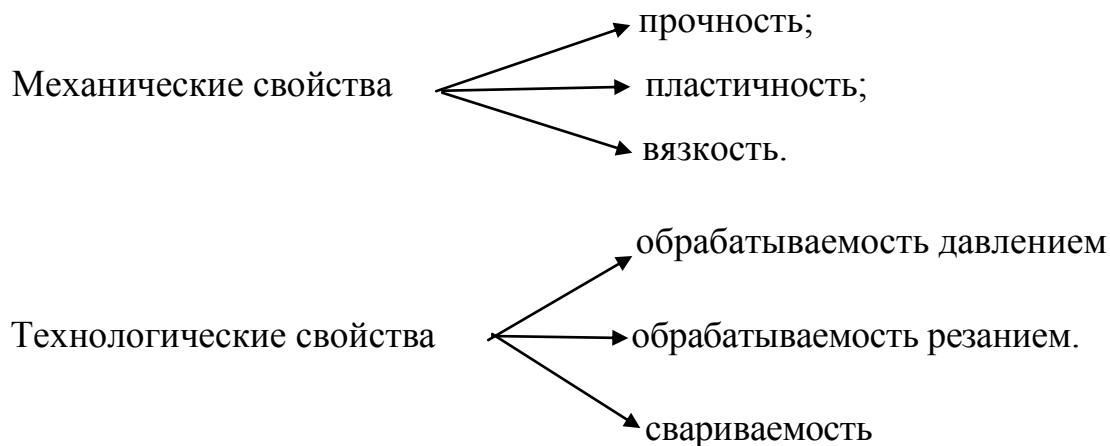
Классификация сталей

2.3 Свойства сталей: физические, механические и технологические.

Стали являются основным конструкционным материалом промышленности. Стали обладают комплексом физических, химических, механических, технологических свойств.

Наиболее важными для обработки металлов резанием являются физические, механические и технологические свойства.

Физические свойства → высокая электропроводность;
 → высокая теплопроводность;
 → температура плавления -1520 °С.



Необходимые свойства стали достигаются путем изменения содержания углерода и легированием.

В результате введения в состав стали никеля, хрома, титана, молибдена, вольфрама и других элементов повышаются теплостойкость, жаростойкость, жаропрочность, коррозионная стойкость сталей.

К легирующим элементам относятся: никель, титан, вольфрам, хром, молибден, ванадий и т.д.

Совокупность свойств сталей определяет их обрабатываемость резанием. Механические свойства металла - характеристики, определяющие поведение металла при нагружении и его сопротивление возможному разрушению.

Основные механические свойства сталей представлены в таблице.

Характеристика	Обозначение	Размерность
Предел текучести	σ_T	МПа
Предел прочности	σ_B	МПа
Относительное удлинение при разрыве	δ_5	%
Относительное сужение при разрыве	Ψ	%
Ударная вязкость	α_H	МДж/м ²
Твердость по Бринеллю	HB	МПа
Твердость по Роквеллу	HRC (HRA, HRB)	-

σ_T - предел текучести стали характеризует уровень безопасных нагрузок для деталей из этой стали.

σ_B - предел прочности стали характеризует уровень нагрузок, приводящих к разрушению деталей из этой стали.

δ_5 - относительное удлинение при разрыве и относительное сужение при разрыве стали характеризуют способность деталей изменять форму и размеры.

α_n - ударная вязкость стали характеризует способность стали сопротивляться разрушению при ударных нагрузках или при низких температурах.

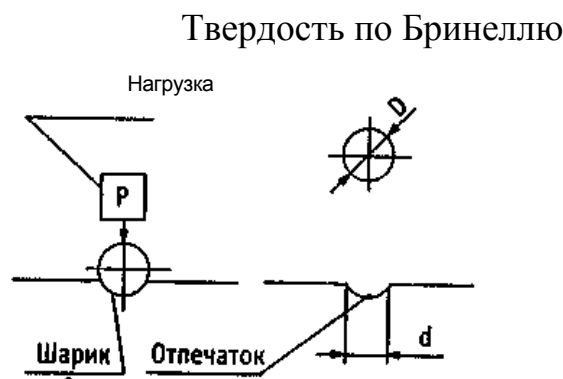
Предел текучести, предел прочности, относительное удлинение и относительное сужение при разрыве определяют при испытании цилиндрического образца на растяжение до разрыва.

2.4 Способы определения твёрдости сталей

Твёрдость - это сопротивление, которое одно тело оказывает проникновению в него другого, более твёрдого тела.

Наиболее распространёнными способами измерения твёрдости являются метод Бринелля и метод Роквелла.

а) **Метод Бринелля** устанавливает условные числа твёрдости НВ путем вдавливания в поверхность испытываемого материала **стального закаленного шарика** при определенной нагрузке и измерения диаметра отпечатка.



Твёрдость по Бринеллю: $HV = \frac{P}{\frac{\pi D^2}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{d^2}{D^2}}\right)}$

P - нагрузка; D - диаметр шарика; d - диаметр отпечатка; $\pi = 3,14$

Метод Бринелля применяется для определения твёрдости чугуна и незакалённой стали.

Размерность НВ - МПа ($\text{кгс}/\text{мм}^2$).

Пример обозначения твёрдости стали 40Х:

НВ 2129 МПа (или НВ 217 кгс/мм²).

б) Метод Роквелла устанавливает числа твердости трех градаций HRA, HRB и HRC путем вдавливания в поверхность испытываемого материала **алмазного наконечника** (шкалы А и С) или **стального шарика** (шкала В).

При измерении числа твердости по Роквеллу наконечник вдавливается в образец под действием двух последовательно прилагаемых сил:

- предварительной P_0 ;
- общей $P = P_1 + P_0$.



Твердость по Роквеллу:

- при измерении по шкалам А и С:

$$HR = 100 - e,$$

- при измерении по шкале В:

$$HR = 130 - e,$$

где $e = (h - h_0) / 0,002$ где:

h_0 - глубина внедрения наконечника (шарика) в металл под действием предварительной **нагрузки** P_0 ,

h - общая глубина внедрения наконечника (шарика) после снятия основной нагрузки с оставлением предварительной нагрузки P_0 .

Шкала С применяется для определения твердости закаленных металлов.

Шкала В - для мягких материалов.

Шкала А - для очень твердых материалов (твердых сплавов).

Пример обозначения твердости закаленной стали:

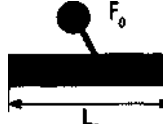
Твердость рабочей части 63...66 HRC

2.4.1 Схема испытания цилиндрического образца на растяжение

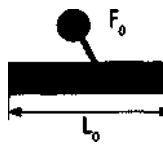
Изменение длины (L) и площади поперечного сечения (F) образца:

Зависимость растягивающей силы (F) от увеличения длины образца ($L-L_0$).

- до нагружения

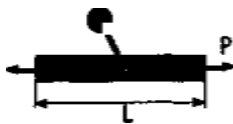


Разрушение образца
(здесь определяют σ_B , δ_5 , Ψ)



Начало нелинейного участка (здесь определяют σ_T)

- после разрыва.



σ_T - **Предел текучести** - это напряжение, при котором происходит рост длины образца без заметного увеличения нагрузки.

$$\sigma_T = \frac{P_T}{F_0}$$

σ_B - **Предел прочности** - это отношение разрушающей образец силы к его начальной площади.

$$\sigma_B = \frac{P_B}{F_0}$$

Величина: сила / площадь называется **напряжением**.

Предел текучести и предел прочности - это напряжения.

Предел текучести и предел прочности:

- характеризуют способность металла воспринимать нагрузки;

- это характеристики прочности стали.

δ_5 - **Относительное удлинение при разрыве** - это относительное изменение длины образца при разрыве.

$$\delta_5 = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Ψ - **Относительное сужение при разрыве** - это относительное изменение площади поперечного сечения образца при разрыве.

$$\Psi = \frac{\Delta S}{S_0}$$

Изменение формы и размеров тела при нагружении называется деформацией.

Относительное удлинение и относительное сужение - это деформации.

Относительное удлинение и относительное сужение при разрыве:

- характеризуют способность металла деформироваться вплоть до момента разрушения;

- это характеристики пластичности стали.

α_H - **Ударная вязкость** - это удельная энергия, идущая на разрушение материала при ударном нагружении.

$$\alpha_H = \frac{W}{S_0}$$

Величина с размерностью энергия / площадь, называется **удельной энергией**.

Ударная вязкость - это удельная энергия.

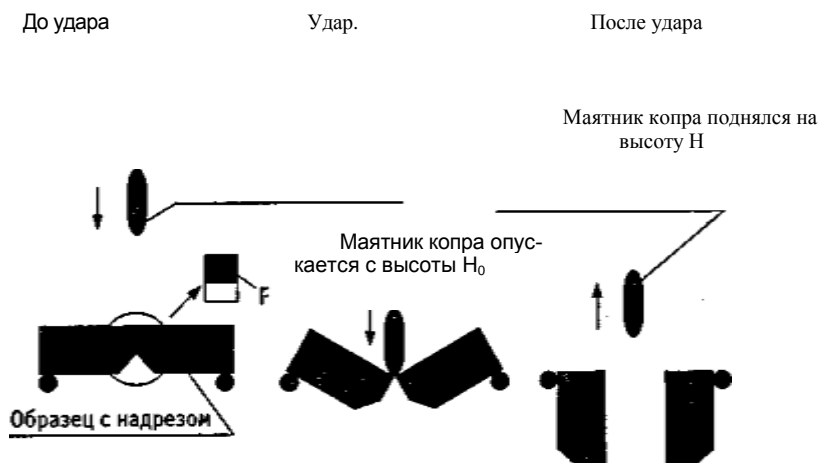
Ударная вязкость:

- характеризует способность металла поглощать энергию при ударном нагружении;

- это характеристика вязкости стали.

Ударную вязкость определяют при разрушении на маятниковом копре призматического образца с надрезом.

2.4.2 Схема определения ударной вязкости на маятниковом копре.



Энергия, затраченная на разрушение = $M \times g \times (H_0 - H)$

M - масса маятника;

g - ускорение свободного падения.

2.5 Коэффициенты обрабатываемости и свойства сталей.

Марка стали	Механические свойства		Коэффициент обрабатываемости	
	НВ, кгс/мм ²	σ_B , МПа	Быстрорежущая сталь	Твердый сплав
Ст.3	124	400	1,6	1,8
10	107	450	1,6	1,9
20	130	470	1,6	1,7
45	170	650	1,0	1,0
60	240	690	0,6	0,7
40X	170	610	0,7	0,8
ШХ15	202	750	0,4	0,9
У12	207		0,9	1,0
9ХС	220		0,5	0,9
хвГ	235	760	0,4	0,75
65Г	240	820	0,5	0,6
9Х2 МФ	200	588	0,8	0,85
45ХНМ	269	680	0,7	0,9
30ХГСНА	217	720	0,5	0,7
20Х13	240	735	0,5	0,7
12Х18Н10Т	170	608	0,3	0,5
15Х1М1Ф	200	570	0,7	0,9
25ХМФ	300	780	0,3	0,7
4Х12Н8Г8МФБ	269	784	0,2	0,4
3Х19Н9МВБТ	175	580	0,3	0,6
20Х23Н18	178	607	0,4	0,6
15Х25Т	160	0	0,5	0,7
ХН358Т	269	950	0,15	0,3
ХН67ВМТЮ	217	1038	0,08	0,1
ХН77ТЮР	262	1058	0,08	0,2
ХН65В9М4ЮТ	290	920	0,07	0,15

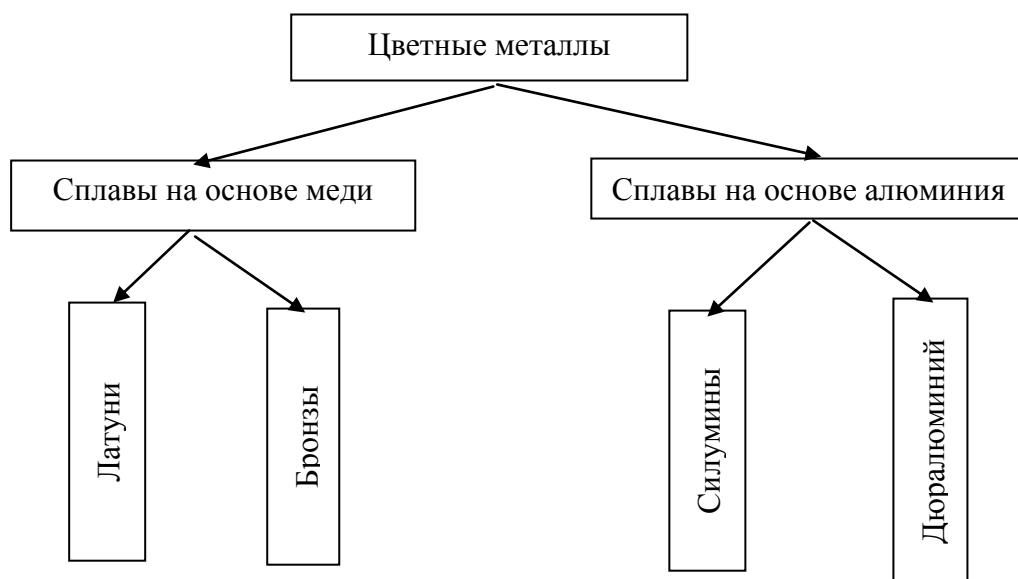
3. Цветные металлы и сплавы

3.1 Цветные металлы и сплавы, их свойства.

Изучив данный учебный элемент, вы будете знать:

- основные свойства медных и алюминиевых сплавов;
- классификацию и маркировку медных и алюминиевых сплавов.

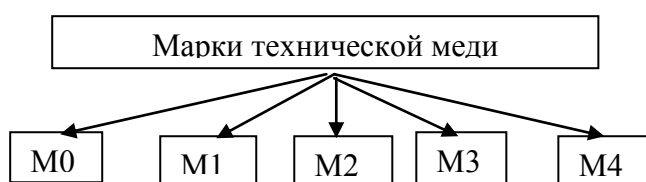
Среди сплавов цветных металлов наибольшее применение в промышленности находят:



3.2 Медь и ее сплавы

Техническая медь отличается от большинства металлов следующими свойствами:

- высокой теплопроводностью;
- высокой электропроводностью;
- высокой коррозионной стойкостью;
- высокой пластичностью.



Обозначение марки технической меди включает:

- букву М (обозначает медь);
- цифры (обозначают номер марки).

Пример маркировки технической меди.



Техническая медь содержит:

- медь - 99-99,9%;
- примеси (сурьма, висмут, сера, свинец, никель и др.)

Механические свойства ряда марок технической меди приведены в таблице *.

Марка меди	Предел прочности σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относительное удлинение δ , %	Твердость НВ
M2	200	75	44	40
M3	240	150	55	50

* Определение основных механических свойств приведено в учебном элементе «Стали и их свойства».

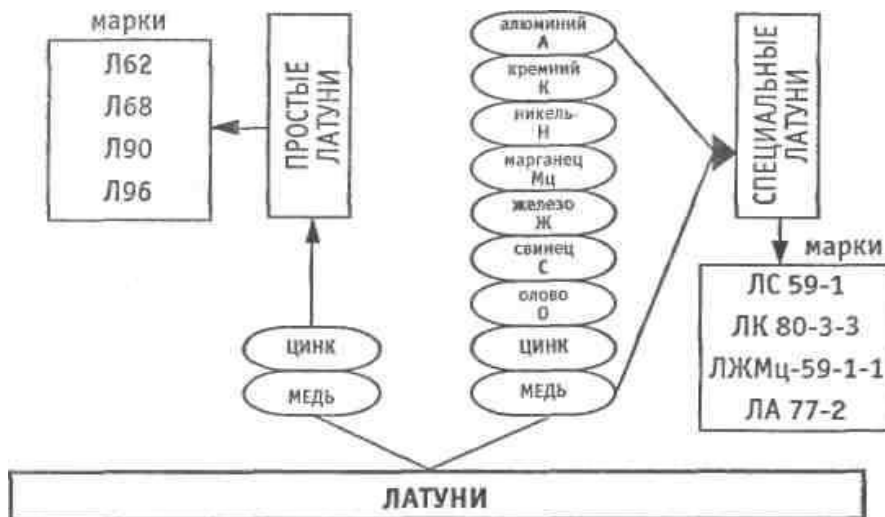
3.3 Латунь

Латунь - сплавы меди и цинка с различными легирующими добавками (алюминий, кремний, никель, марганец, железо, свинец, олово и др.).

В зависимости от химического состава латуни делятся на две группы: простые и специальные.

Простые латуни состоят только из меди и цинка.

Специальные латуни содержат кроме меди и цинка от 1 до 8% различных легирующих элементов.



Обозначение марки латуни включает:

- букву Л (обозначает «латунь»);
- буквы А, К, Н, Мц, Ж, С, О (обозначают легирующие элементы);
- цифры (показывают процентное содержание меди и легирующих элементов).

Пример маркировки простых латуней.

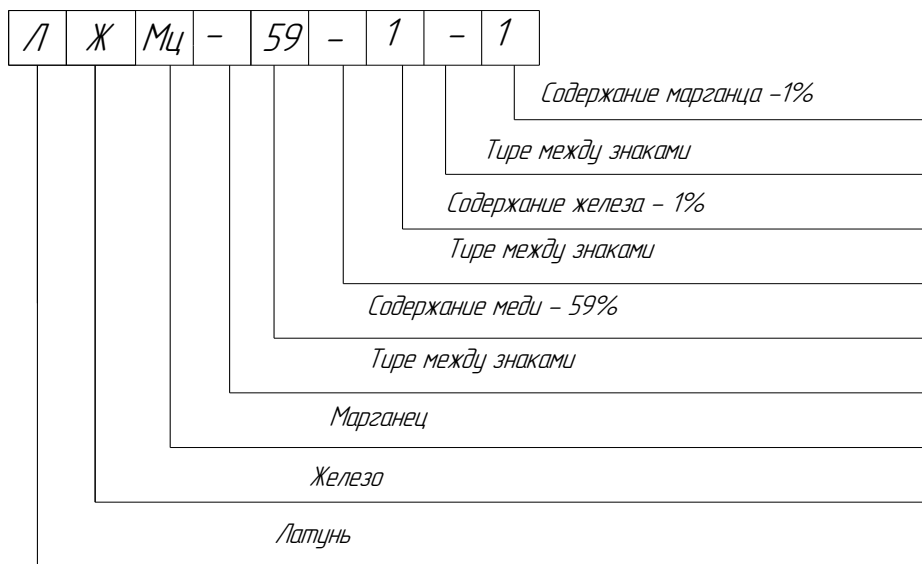


Остальное – 38%, содержание в цветном сплаве цинка.

Пример маркировки специальных латуней.

Л К 80-3

		содержание кремния - 3%
		содержание меди - 80%
	кремний	
	латунь	



Латуни обладают хорошими литейными свойствами. Превосходят медь по прочности, вязкости и коррозионной стойкости.

Хорошо обрабатываются резанием.

Механические свойства латуней

Марка латуни	$\sigma_{\text{МПа}}$	$\delta_5, \%$	НВ
Л62	330	49	56
Л 68	300	55	62
Л 90	270	45	53
Л КС 80-3-3	300	15	110
ЛЖМц-59-1-1	450	50	88
ЛА 77-2	400	55	60

В зависимости от назначения латуни разделяются на две группы:

- литейные, из которых изделия получают способом литья;
- обрабатываемые давлением, из которых получают прутки, листы, поковки, штамповки.

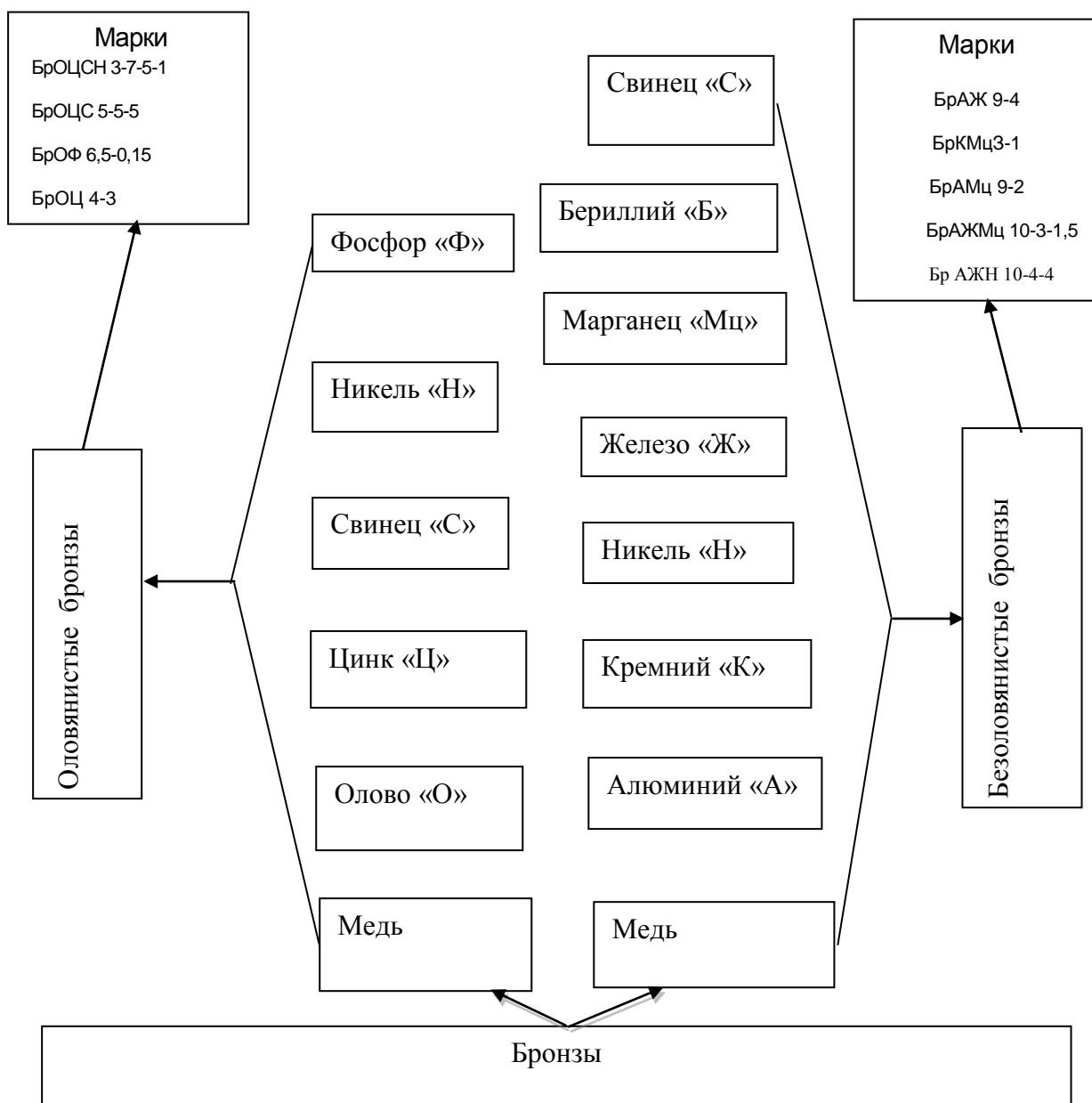
3.4 Бронзы

Бронзы - сплавы меди и олова, а также сплавы меди с другими элементами (алюминий, кремний, марганец, бериллий, свинец).

В зависимости от химического состава бронзы делятся на две группы: оловянистые и безоловянистые.

Оловянистые бронзы - сплавы меди и олова.

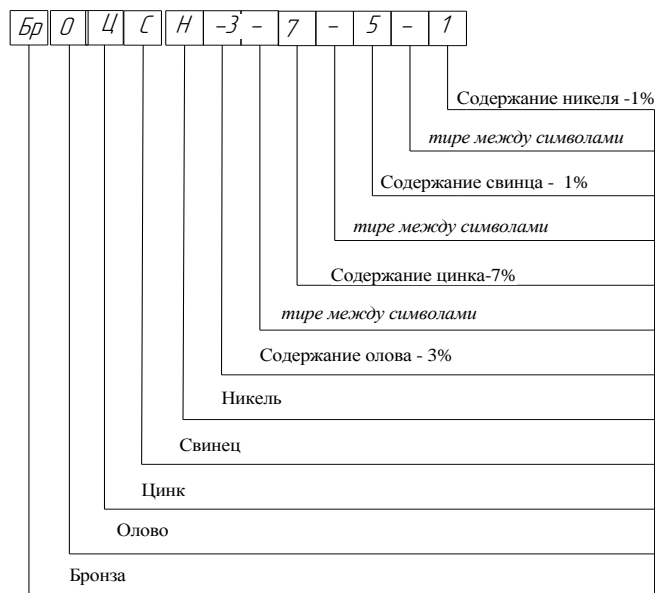
Безоловянистые бронзы - сплавы меди с другими элементами.



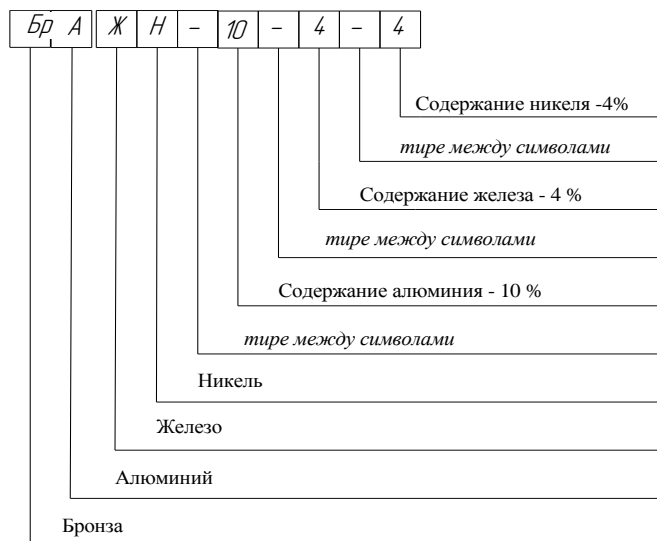
Обозначение марки бронзы включает:

- буквы Бр (обозначают «бронза»);
- буквы О, А, К, Н, Мц, Ж, Б, С, Ф, Ц (обозначают легирующие элементы);
- цифры (показывают процентное содержание олова и легирующих элементов).

Пример маркировки оловянистых бронз



Пример маркировки безоловянистых бронз:



Бронзы имеют высокую коррозионную стойкость, хорошие антифрикционные свойства. Хорошо обрабатываются резанием.

Механические свойства бронз

Марка бронзы	σ_b , МПа	δ_5 , %	НВ
БрОЦСН 3-7-5-1	210	5	60
БрОЦС 5-5-5	180	4	60
БрОЦС 4-4-17	150	5	60
БрОФ 6,5-0,15	350	70	70
БрОФ 4-0,25	340	52	55-70
БрОЦ 4-3	350	40	60
БрАЖ 9-4	400	10	110
БрАМц 9-2	400	25	160
БрАЖН 10-4-4	600	35	140-160

По технологическим свойствам различают:

- деформируемые бронзы,
- литейные бронзы.

Из бронз изготавливают антифрикционные детали;

- изделия, работающие в воде и парах.

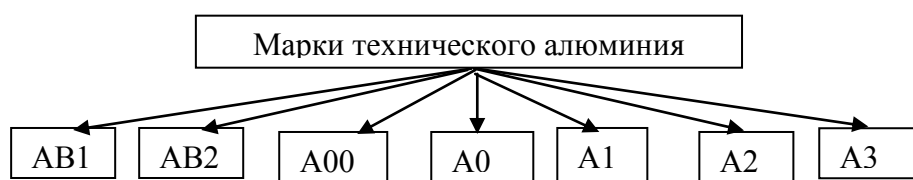
3.5 Алюминий и его сплавы

Технический алюминий отличается от большинства металлов следующими свойствами:

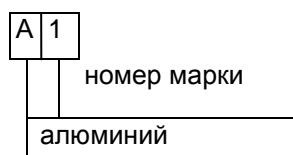
- высокой электропроводностью,
- хорошей пластичностью,
- высокой коррозионной стойкостью,
- малым удельным весом.

Обозначение марки технического алюминия включает:

- букву А (обозначает алюминий),
- цифры (обозначают номер марки).



Пример маркировки технического алюминия.



Технический алюминий содержит:

- алюминий - 98-99,9%;
- примеси (железо, медь, кремний и др.).

Механические свойства ряда марок технического алюминия приведены в таблице.

Марка алюминия	Предел прочности σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относительно удлинение δ_5 , %	Твердость НВ
А1, А2	80-140	30-100	6-35	25-30

Обрабатываемость алюминия резанием пониженная.

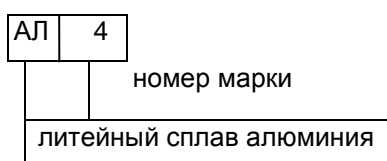
3.5.1 Силумины

Силумины - сплавы алюминия и кремния с добавками магния, марганца, железа, меди и др.

Обозначение марки силуминов включает:

- буквы **АЛ** (обозначают литейный сплав алюминия),
- цифры (обозначают номер сплава).

Пример маркировки силумина.



Силумины обладают хорошими литейными и механическими свойствами.

Обрабатываемость резанием удовлетворительная.

Механические свойства силуминов

Марка силумина	σ_B , МПа	δ_5 , %	НВ
АЛ2	150	4	50
АЛ4	150-200	2-1,5	50-70
АЛ9.	160-200	2-4	50-60

Силумины применяются для изготовления деталей приборов, двигателей, самолетов.

3.5.2 Дюралюминий

Дюралюминий - алюминиевый сплав, содержащий медь, магний, марганец.

Обозначение марки дюралюминия включает:

- букву Д (обозначают сплав типа дюралюминия),
- цифры (обозначают номер сплава),
- буквы после цифр (указывают состояние полуфабрикатов).

Например:

М - мягкий, отожженный;

Т - закаленный;

Н - нагартованный;

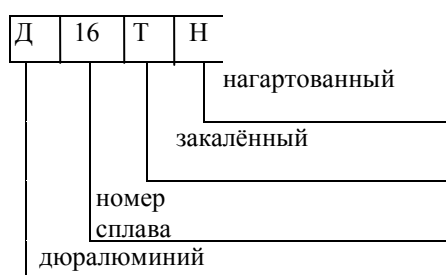
В - повышенное качество выкатки;

П - сплав для проволоки;

А - улучшенный алюминий;

Б - листы без плакировки.

Пример маркировки дюралюминия.



Дюралюминий имеет увеличенную прочность, твердость, коррозионную стойкость. Хорошо деформируется. Обрабатываемость резанием удовлетворительная.

Механические свойства дюралюминия.

Марка дюралюминия	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ_5 , %	НВ
Д1	420	18	100
Д16	460	17	105
Д18П	300	24	70

Дюралюминий применяется для изготовления деталей и элементов конструкций средней прочности, штампованных деталей, заклепок и др.

4. Инструментальные материалы

Изучив данный учебный элемент, вы будете знать:

- материалы для изготовления фрез и другого инструмента;
- состав, механические свойства, маркировку инструментальных материалов;
- рекомендуемые марки инструментальных материалов при обработке резанием.

Материалы, из которых изготавливают режущий инструмент, должны обладать достаточной твердостью, прочностью, износостойкостью, способностью сохранять свои свойства при высоких температурах.

Для изготовления режущего инструмента применяют следующие инструментальные материалы:

- быстрорежущие стали;
- углеродистые и легированные инструментальные стали;
- твердые сплавы;
- синтетические сверхтвердые материалы (ССМ).

4.1 Быстрорежущие стали

Быстрорежущая сталь - это высоколегированная сталь повышенной прочности, способная осуществлять резание без существенной потери твердости и прочности, но при более низких скоростях резания, чем твердый сплав.

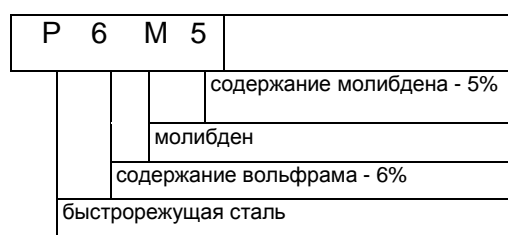
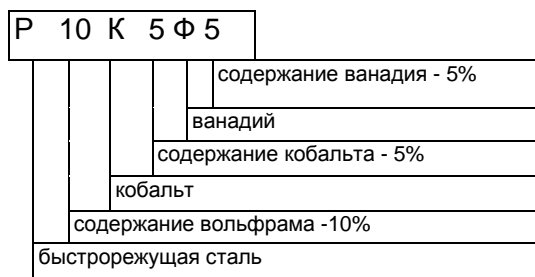
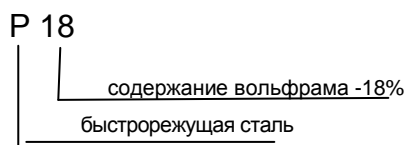
Обозначение марки быстрорежущей стали включает:

- букву Р (обозначают быстрорежущую сталь);
- буквы М, Ф, К (обозначают легирующие элементы - молибден, ванадий, кобальт);
- цифры (показывают процентное содержание легирующих элементов).

Состав и свойства основных марок быстрорежущих сталей приведены в таблице.

Марка стали	Содержание элементов, %						HRC после термообработки (не менее)
	C	Cr	W	V	Co	Mo	
P18	0,7-0,8	3,8-4,4	17,5-19,0	1,0-1,4		0,5-1,0	64-65
P12	0,8-0,9	3,2-3,7	12,0-13,0	1,5-1,9		До 1,0	63-64
P9	3,85-0,95	3,8-4,4	8,5-10,0	2,0-2,6		ДО 1,0	62-64
P18Ф2	0,85-0,95	3,8-4,4	17,5-19,0	1,8-2,4		0,5-1,0	63-66
P6M5	0,8-0,88	3,8-4,4	5,5-6,5	1,7-2,1		5-5,5	64-65
P9Ф5	1,4-1,5	3,8-4,4	9,0-10,5	4,3-5,1		ДО 1,0	63-66
P14Ф4	1,2-1,3	4,0-4,6	13,0-14,5	3,8-4,1		ДО 1,0	63-66
P9K5	0,9-1,0	3,8-4,4	9,0-10,5	2,0-2,6	5,0-2,6	ДО 1,0	63-66
P9K10	0,9-1,0	3,8-4,4	9,0-10,5	2,0-2,6	9,5-10,5	ДО 1,0	63-66
P10K5Ф5	1,44-1,55	4,0-4,6	10,0-11,5	4,3-5,1	5,0-6,0	ДО 1,0	63-66
P18K5Ф2	0,7-0,8	3,8-4,4	17,5-19,0	4,3-5,1	5,0-6,0	0,5-1,0	63-66
P9M4K8	1,0-1,1	3,0-3,6	8,5-9,6	2,1-2,5	7,5-8,5	3,8-4,3	66-69
P6M5K5	0,8-0,88	3,8-4,3	9,0-10,5	1,7-2,2	4,8-5,3	4,8-5,8	65-67

Пример маркировки быстрорежущих сталей.



4.2 Выбор марки быстрорежущей стали

Быстрорежущие стали обладают большей прочностью, чем твердые сплавы. Могут работать в условиях прерывистой обработки с ударами в зоне относительно низких скоростей резания.

Выбор марки быстрорежущей стали производится в зависимости от обрабатываемого материала и условий обработки.

Рекомендации по выбору быстрорежущей стали приведены в таблице.

Обрабатываемый материал	Марка быстрорежущей стали
Углеродистые и легированные стали	P6M5, P12, P9
Жаропрочные сплавы	P6M5K5, P9M4K8, P18K5Ф2
Нержавеющие стали	P6M5K5, P9M4K8, P10K5Ф5
Титановые сплавы	P9M4K8, P6M5K5
Чугуны	P6M5, P9M4K8
Цветные металлы и сплавы	P6M5

4.3 Углеродистые и легированные инструментальные стали

В группу инструментальных сталей входят углеродистые и легированные стали.

Для изготовления режущего инструмента применяются:

- углеродистые стали (У8, У8А, У12А);
- легированные стали (9ХС, ХВГ, ХВСГ).

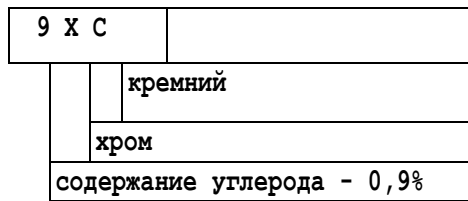
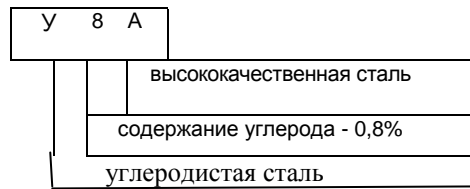
Состав и свойства инструментальных сталей приведены в таблице.

Марка стали	Содержание элементов, %								Твердость HRC
	С	Si	Мп	Cr	№	Si	W	V	
У8	0,75-0,84	0,15-0,35	0,-0,4	20,2	20,25	20,25			60-62
У8А	0,75-0,84	0,15-0,3	0,15-0,3	20,15	20,2	20,2			60-62
У12А	1,15-1,24	0,15-0,3	0,15-0,3	20,15	20,2	20,2			262
9ХС	0,85-0,95	1,2-1,6	0,3-0,6	0,95-1,25	20,35	20,3			62
ХВГ	0,9-1,05	0,15-0,35	0,3-1,1	0,9-1,2	20,35	20,3	1,2-1,6		62-63
ХВСГ	0,95-1,05	0,65-1,0	0,6-0,9	0,6-1,1	20,25	20,3	0,5-0,8	0,05-0,15	60-62

Обозначение марки инструментальных сталей включает:

- буквы Х, В, С, Г (обозначают легирующие элементы -хром, вольфрам, кремний, марганец);
- букву У (обозначает углеродистую сталь);
- букву А в конце маркировки (обозначает высококачественную сталь);
- цифры перед буквами (указывают содержание углерода в десятых долях %; если содержание углерода близко к 1 %, то цифра не указывается);
- цифры после букв (указывают процентное содержание легирующих элементов; отсутствие цифр означает содержание элемента $\approx 1\%$).

-



Сталь ХВГ содержит углерода, хрома, вольфрама и марганца \approx по 1,0%

4.3.1 Применение инструментальных сталей

Углеродистые и легированные инструментальные стали находят ограниченное применение при изготовлении фасонных фрез малых диаметров, дисковых зубрезных фрез малых модулей и других инструментов, работающих при низких скоростях резания и малых сечениях стружки при обработке легкообрабатываемых материалов, дерева, неметаллических материалов.

4.4 Твердые сплавы

Твердые сплавы - тугоплавкие, износостойкие металлические материалы большой твердости, способные сохранять эти свойства при высоких температурах.

Для изготовления фрез используются твердые сплавы трех основных групп:

- вольфрамовые;
- титановольфрамовые;
- титанотанталовольфрамовые.

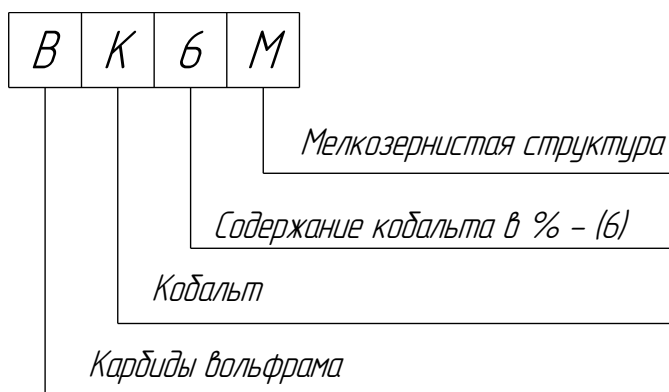
Обозначение марки твердого сплава включает:

- буквы В, К, Т, ТТ (обозначают основные составляющие сплава);
- букву М (обозначает мелкозернистую структуру);
- букву В (в конце маркировки означает, что спекание пластины производится в атмосфере водорода);
- цифры (обозначают процентное содержание основных составляющих сплава).

В маркировку сплавов вольфрамовой группы входят:

- буква В - карбид вольфрама;
- буква К - кобальт;
- цифры - показывают процентное содержание кобальта;
- буква М - мелкозернистая структура.

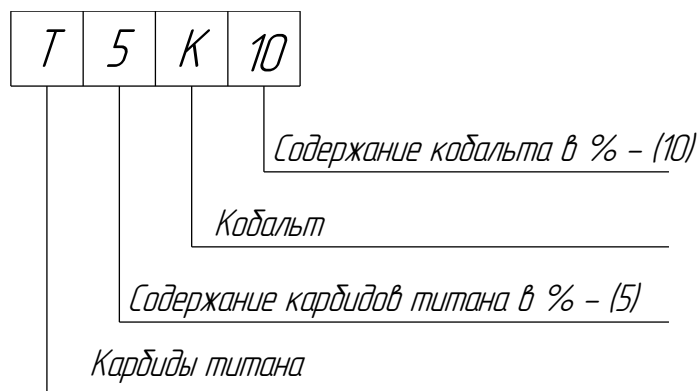
Пример маркировки твердого сплава группы ВК



В маркировку сплавов титановольфрамовой группы входят:

- буква Т - карбиды титана;
- буква К - кобальт;
- цифры - показывают процентное содержание карбидов титана и кобальта.

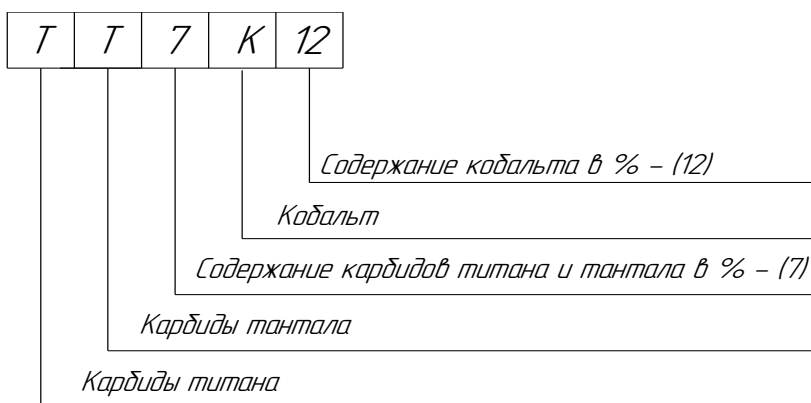
Пример маркировки твердого сплава группы ТК



В маркировку сплавов титанотанталовольфрамовой группы входят:

- буква Т - карбиды титана;
- буква Т - карбиды тантала;
- буква К - кобальт;
- цифры - показывают процентное содержание карбидов титана, тантала и кобальта.

Пример маркировки твердого сплава группы ТТК.



Твердые сплавы могут работать при высоких скоростях резания и температурах, но они менее прочные, **чем** быстрорежущие стали. Твердосплавный инструмент сложен в изготовлении, имеет высокую стоимость. Выбор марки твердого сплава производится в зависимости от обрабатываемого материала и условий обработки.

Безвольфрамовые твердые сплавы ТМ1, ТМ3, ТН-30, КТН-16 и др. производят на основе карбидов или других соединений титана с добавками молибдена, никеля и других тугоплавких соединений.

Пример расшифровки сплава ТН-30: 30% Ni + 70% TiC.

Каждая марка твердого сплава может эффективно применяться лишь в конкретных условиях. Наша промышленность производит твердые сплавы для всех условий обработки (табл. 1.6). В ряде случаев режущие пластины сплавов покрывают тонким (5–10 мкм) слоем износостойкого материала (карбида, нитрида, карбонитрида титана и др.), что повышает стойкость пластин в 2–3 раза и позволяет вести обработку со скоростями резания до 800–1000 м/мин.

4.5 Синтетические сверхтвердые материалы

Синтетические сверхтвердые материалы (ССМ) :

- поликристаллы сверхтвердых материалов на основе поликристаллических алмазов и кубического нитрида бора.

- отличаются высокой твердостью, теплостойкостью, хорошей теплопроводностью.

В зависимости от исходных материалов и технологии изготовления (давление, температура, время выдержки) получают несколько разновидностей поликристаллов кубического нитрида бора.

Свойства ССМ приведены в **таблице**.

Марка	Твердость, HV*	Прочность на сжатие, ГПа
Композит 01 (Эльбор-Р)	37	2,7
Композит 05	18,8	2,2
Композит 10 (Гексанит-Р)	30	2-4

4.6 Минералокерамика

Минералокерамика создана на основе окиси алюминия (99%) с добавлением легирующих элементов. К ней относятся марки ЦМ-332, ВШ-75, ВО-13 и др.

Материал ЦМ-332 широко применяется для чистовых и финишных операций при обработке стальных и чугунных заготовок. Улучшение свойств минералокерамики достигается уменьшением размеров зерен структуры и добавлением карбидов тугоплавких материалов (вольфрама, титана), связующих элементов (никеля и др.).

Всесоюзным научно-исследовательским институтом твердых сплавов создана минералокерамика оксидно-карбидного типа марки В-3. Ее прочность при изгибе в 2,5 раза выше, чем у ЦМ-332 при той же твердости, теплостойкость около 1200 °С, что позволяет вести обработку при скорости резания до 1500 м/мин. Также освоен выпуск минералокерамики марок ВОК-60, ВОК-63 и др. (табл. 1.8).

4.7. Алмазы

Резцы из природных алмазов массой 0,21–0,85 карата закрепляют механическим способом или напайкой в переходных державках диаметром до 10 мм и длиной до 50 мм. Их применяют для чистового точения деталей из цветных металлов и сплавов, пластмасс и др. неметаллических материалов. Синтетические алмазы применяют для обработки твердых сплавов, высококремнистых материалов, стеклопластиков и других пластмасс. Синтетические алмаза типа карбонадо и баллас (марки АСПК и АСБ) по своим свойствам соответствуют природным алмазам тех же сортов. Обработку ведут со скоростями резания 200–300 м/мин. Алмаз теплостоек до 800 °С (при большем нагреве он графитизируется). Область применения алмазных инструментов ограничивается высокой адгезией к железу, что является причиной его низкой износостойкости при точении сталей и чугунов.

4.8. Нитрид бора

Поликристаллы кубического нитрида бора (КНБ), известные под названием эльбор-Р, композит, исмит, боразон, кубонит и гексанит-Р, применяют для изготовления режущей части резцов. Выпускается в виде пластин круглой формы диаметром до 30 мм и длиной до 8 мм. Обладая химической инертностью к углероду и железу, КНБ успешно используется при обработке сталей и чугунов. КНБ по твердости приближается к алмазу и примерно вдвое превосходит его по теплостойкости (1600 °С).

При финишной обработке таким инструментом заготовок из чугуна и закаленных сталей высокой твердости достигается шероховатость поверхности, соответствующая шлифованию.

4.9. Свойства инструментальных материалов

Основные свойства инструментальных материалов и их назначение представлены в таблицах 1.2 – 1.6

Таблица 1.2

Материал	Марка	Марка зарубежная	Твердость	Тепло-стойкость, °С	Скорость резания, м/мин.
Углеродистая сталь	У10А	SK4	HRC 61 - 63	150 – 250	15 – 18
Легированная сталь	ХВГ	SKS31	HRC 62 – 64	250 – 350	25
Быстрорежущая сталь	P18	P10	HRC 63 – 66	600 – 650	100
Твердые сплавы	T15K6 BK8	K40	HRA 87 - 92	1000	1000
Минералокерамика	ЦМ - 332		HRA 91 - 95	1200	1500
Кубический нитрид бора	Эльбор		HV 90700	1500	1500
Алмаз искусств.	АСБ		HV 98700	800 - 850	300
Алмаз природный	АП		HV 100000	800	300

Углеродистые инструментальные стали (ГОСТ 1435–90)

Таблица 1.3

Марка стали	Твердость HRC не менее	Примерное назначение
У7, У7А У8, У8А У8Г, У8ГА	62	Зубила, клейма, ножницы, инструмент для обработки дерева, штампы
У9, У9А У10, У10А У11, У11А	62	Метчики, сверла, развертки, ножовки, резцы для обработки мягких материалов
У12, У12А У13, У13А	62	Напильники, бритвы, граверный инструмент

Легированные инструментальные стали (ГОСТ 5950–73)

Таблица 1.4

Марка стали	Твердость HRC не менее	Примерное назначение
ХВ4	65	Граверный инструмент, резцы
Х	60	Зубила, строгальные и долбежные резцы
9ХС	60	Сверла, развертки, метчики, плашки
Х12ВМ	60	Холодные штампы, волоки
4Х5В2ФС	50	Пресс-формы для литья под давлением
6ХВГ	57	Пуансоны сложной формы

Быстрорежущие стали (ГОСТ 19265–73)

Таблица 1.5

Марка стали	Твердость HRC не менее	Обрабатываемый материал
P18	63	Легированные конструкционные стали
P6M5	64	Легированные конструкционные стали
P9K5	64	Чистовая и получистовая обработка углеродистых и легированных конструкционных сталей
P6M5Ф3	65	Чистовая и получистовая обработка углеродистых и легированных конструкционных сталей
P6M5K5	65	Чистовая и получистовая обработка улучшенных легированных и нержавеющей сталей
P12Ф3	64	Чистовая обработка вязкой аустенитной стали и материалов, обладающих абразивными свойствами

4.10 Назначение марок твердых сплавов

Таблица 1.6

Марка сплава	Примерное назначение
ВК3	Чистовое точение, нарезание резьбы, развертывание отверстий чугуна, цветных металлов и их сплавов и неметаллических материалов
ВК4	Фрезерование, черновое точение и зенкерование, рассверливание, растачивание чугуна, цветных металлов и сплавов
ВК6	Черновое и получистовое точение, предварительное нарезание резьбы, растачивание отверстий, зенкерование серого чугуна, цветных металлов и сплавов и неметаллических материалов
ВК8	Черновое точение, фрезерование, рассверливание, зенкерование, строгание, сверление серого чугуна, коррозионно-стойких, высокопрочных, жаропрочных и цветных сталей и сплавов
ВК15	Режущий инструмент для обработки дерева
Т30К4	Чистовое точение с малым сечением среза, нарезание резьбы и развертывание отверстий в деталях из незакаленных и закаленных углеродистых сталей
Т15К6	Получерновое и чистовое точение, нарезание резьбы, получистовое и чистовое фрезерование углеродистых и легированных сталей
Т5К10	Черновое точение и фрезерование углеродистых и легированных сталей, преимущественно в виде поковок, штамповок и отливок
Т5К12 ТТ17К12	Черновое точение стальных поковок, штамповок и отливок по корке, строгание сталей
ТТ10К8	Черновая и получистовая обработка труднообрабатываемых материалов, коррозионно-стойких сталей аустенитного класса, жаропрочных сталей и сплавов
ТН20,ТН30,ТН40	Чистовая и получистовая обработка цветных металлов и сплавов

Соответствие марок твердых сплавов международной классификации ИСО

Таблица 1.7

Марки по ГОСТ 3882–74	Основная группа	Подгруппа
T30K4 T15K6 T14K8 TT20K9 T5K10, TT10K8-Б T5K12 TT7K12	P	P01 P10 P20 P25 P30 P40 P50
BK6-OM BK6-M, TT8K6 TT10K8-Б BK8, BK10-OM, BK10-M TT7K12	M	M05 M10 M20 M30 M40
BK3, BK3-M BK6-OM, BK6-M TT8K6 BK6, BK4 BK8, BK4	K	K01 K05 K10 K20 K30

Минералокерамика

Таблица 1.8

Марка сплава	Обрабатываемый материал
ВШ-75, ВОК-60, ЦМ-332, ВО-13, В-3, кортинит	Серый и ковкий чугун (НВ 163–270)
ВОК-60, ВОК-63, кортинит	Отбеленный чугун (НВ 400–650)
ВО-13, ВШ-75, ВОК-60	Сталь конструкционная (НВ 229)
ВШ-75, ВОК-60, кортинит	Сталь улучшенная (НВ 229–380)
ВОК-60, В-3, кортинит	Сталь закаленная (HRC 36–64)
В-3, кортинит	Цветные сплавы на основе меди
Силинит-Р, кортинит	Сплавы на основе никеля

5. Абразивный инструмент

5.1. Общие положения

Абразивный инструмент – это режущий инструмент, изготовленный из синтетических или природных материалов высокой твердости. Процесс резания осуществляется множеством зерен абразивного материала, из которого изготовлен инструмент.

Все данные о конкретном инструменте закодированы в виде условного обозначения. Условное обозначение абразивного инструмента включает в себя следующие характеристики:

- типоразмер инструмента;
- вид, марку и зернистость абразивного материала;
- степень твердости инструмента;
- вид и марку связки;
- рабочую скорость применения инструмента;
- класс точности.

Кроме того, в характеристике могут указываться процентное содержание пор в высокопористых кругах и вид пропитки инструмента.

Абразивный инструмент применяют для обработки практически всех известных материалов (сталь, чугун, цветные металлы и сплавы, дерево, стекло, резина и др.). Различают следующие виды абразивной обработки: шлифование, полирование, доводку, суперфиниширование, хонингование, отрезку. Для этих целей применяют абразивный инструмент различных типов и конструкций:

- шлифовальные круги, в том числе шлифовальные головки,
- отрезные круги;
- шлифовальные сегменты;
- абразивные бруски;
- абразивные шеверы;

- абразивный инструмент на гибкой основе с нанесенным на нее слоем шлифовального материала, закрепленного связкой (шлифовальная шкурка и изделия из нее);
- абразивные круги
- полировальные круги.

5.2 Типы абразивного инструмента

Наиболее широко при различной обработке деталей применяются **шлифовальные круги** общего применения из **электрокорунда и карбида кремния**, типы и размеры которых определены ГОСТ 2424–83 представлены в таблице 2.1.

Типы шлифовальных кругов

Таблица 2. 1

Тип	Ранее применяемое обозначение	Вид круга
1	ПП	Плоский прямого профиля
2	К	Кольцевой
3	ЗП	С коническим профилем
4	2П	С двусторонним коническим профилем
5	ПВ	Плоский с односторонней выточкой
6	ЧЦ	Чашечный цилиндрический
7	ПВД	Плоский с двусторонней выточкой
11	ЧК	Чашечный конические
12, 14	Т	Тарельчатый
23	ПВК	Плоский с конической выточкой
26	ПВДК	Плоский с двусторонней конической выточкой
36	ПН	С запрессованными крепежными элементами

Шлифовальные круги широкого применения выпускают следующих размеров:

наружный диаметр $D = 3-1060$ мм;

ширина $T = 1-250$ мм;

диаметр посадочного отверстия $H = 1-305$ мм.

Типы и размеры **шлифовальных кругов из эльбора** регламентированы ГОСТ 17123–79 и ГОСТ 24106–80. Круги состоят, как правило, из корпуса и режущего (рабочего) эльбор содержащего слоя. Режущий слой расположен на наружных участках поверхности инструмента и имеет разную ширину, высоту и толщину.

Для окончательной обработки стальных закаленных цилиндрических зубчатых колес с некоррегированным профилем применяют **абразивные шеверы**, которые представляют собой абразивный инструмент в виде твердого тела, имеющего форму зубчатого колеса и изготовленного методом литья.

5.3. Абразивные материалы

Абразивные материалы разделяются на два класса: природные и синтетические. К **природным** материалам относят природный алмаз, корунд, наждак, кремнь, гранат, техническое стекло. Природные материалы применяют в ограниченном количестве, как правило, в виде зерна для свободного шлифования, изготовления шлифовальной шкурки.

К **синтетическим** материалам относят синтетический алмаз, электрокорунд, карбид кремния, карбид бора и материалы на основе кубического нитрида бора. Они обладают большей стабильностью физико-механических свойств чем природные, поэтому им отдают предпочтение.

Электрокорунд (Al_2O_3) – синтетический абразивный материал, состоящий в основном из окиси алюминия в виде ее кристаллической модификации (минерал корунд). Содержание корунда в зависимости от марки материала достигает 99% (табл. 2.2). Чем выше содержание корунда, тем прочнее, тверже

зерна и тем они острее. Электрокорунд применяют для шлифования сталей, чугунов и цветных сплавов.

Марки электрокорунда

Таблица 2.2

Марка	Наименование электрокорунда	Содержание Al_2O_3 , %
12А, 13А, 14А, 15А, 16А	Нормальный	93 - 96
22А, 23А, 24А, 25А	Белый	96 - 99
32А, 33А, 34А	Хромистый	91 – 98
37А	Титанистый	91 – 98
38А	Циркониевый	91 – 98
43А, 44А, 45А	Монокорунд	98 - 99
91А, 92А	Хромотитанистый на основе белого электрокорунда	60 - 75
93А, 94А	Хромотитанистый на основе нормального электрокорунда	60 - 75
96А	Магниево-кремниевый	60 - 75

Карбид кремния (SiC) – синтетический абразивный материал, состоящий, в основном, из кристаллов гексагонального карбида кремния, содержание которого колеблется в различных марках материала в пределах 97,5–99% представлены в таблице 2.3.

Карборунд более твердый, но и более хрупкий, чем электрокорунд.

Марки карборунда

Таблица 2.3

Марка	Наименование	Содержание SiC, %	Применение
53С, 54С, 55С	Черный	97	Обработка хрупких металллических материалов, цветных сплавов и неметаллов
63С, 64С	Зеленый	99	Заточка твердосплавного режущего инструмента

Карбид бора (B_4C) изготавливают термическим путем из борсодержащего и углеродистого сырья. Содержание в материале B_4C составляет 85–90%. Материал обладает чрезвычайно высокой твердостью и хрупкостью. При нагревании свыше 500 °С окисляется, поэтому используется не для изготовления инструмента, а в виде порошков для доводки твердосплавного инструмента и притирки драгоценных камней.

Кубический нитрид бора (КНБ) – это синтетический сверхтвердый материал, получаемый из гексагональной модификации нитрида бора BN в результате воздействия на него высоких давлений и температур. Отечественной промышленностью материал выпускается под торговой маркой «эльбор», который в зависимости от физико-механических свойств разделяется на марки:

- ЛО – обычной прочности;
- ЛП – повышенной прочности;
- ЛКВ – высокопрочный.

Содержание кубического нитрида бора в различных марках эльбора колеблется от 90 до 96%. Как абразивный материал эльбор широко применяют для изготовления шлифовальных кругов различных типов. КНБ близок по твердо-

сти к алмазу, при этом более теплостоек (до 1500 °С). Он обладает высокой твердостью, теплостойкостью и малым химическим сродством к железу, что дает возможность использовать этот материал для обработки высокопрочных и закаленных сталей и прочих сплавов на основе железа.

Алмаз синтетический (АС) получают из графита в специальных камерах при температуре 1200–2400°С и давлении 1,3 ГПа в присутствии катализатора. Алмазы обладают высокой твердостью, теплопроводностью, износостойкостью, режущими свойствами, но недостаточной теплостойкостью (до 800 °С). Их применяют для обработки хрупких материалов, цветных металлов и неметаллических материалов (пластмасс, керамики.). Алмазы имеют высокую адгезию к железу, что является причиной низкой износостойкости при обработке сталей и чугунов. Синтетические алмазы имеют большую остроту режущих кромок по сравнению с природными, поэтому они более производительны.

Для производства инструмента абразивные материалы дробят, измельчают и классифицируют, получая *шлифовальные материалы* определенного размера и формы.

5.4 Зернистость абразивных материалов

Зернистость шлифовальных материалов из электрокорунда, карбида кремния и бора, природных абразивных материалов по ГОСТ 3647–80 определяется размером абразивных зерен, т. е. группой материала представлена в таблице 2.4

Зернистость абразивных материалов

Таблица 2.4

Группа материала	Размер зерен, мкм	Обозначение зернистости
------------------	----------------------	-------------------------

Шлифзерно	2000 – 160	200; 160; 125; 100; 80; 63; 50; 40; 32; 25; 20; 16
Шлифпорошки	125 – 40	12; 10; 8; 6; 5; 4
Микропорошки	63 – 10	M63; M50; M40; M28; M14
Тонкие микрошлифпорошки	10 – 3	M10; M7; M5
Особо тонкие микрошлифпорошки	3 - 1	M3; M2; M1

Цифровое обозначение зернистости означает: 200 – соответствует размеру зерен основной фракции 2500–2000 мкм, 160 соответственно 2000–1600 мкм и т. д.; M63 соответствует размеру основной фракции 63–50 мкм; M50 соответственно 50–40 мкм и т. д.

Для *эльбора* существует следующее разделение по группам и обозначение по зернистости:

- шлифзерно Л20 и Л16;
- шлифпорошки Л12, Л10, Л8, Л6, Л5, Л4;
- микропорошки ЛМ63, ЛМ50, ЛМ40, ЛМ28, ЛМ20, ЛМ14;
- тонкие микрошлифпорошки ЛМ10, ЛМ7, ЛМ5, ЛМ3;
- особо тонкие микрошлифпорошки ЛМ1.

Цифровое обозначение зернистости *эльбора* аналогично абразивным материалам:

- Л20 – зерновой состав основной фракции от 250 до 200 мкм;
- Л16 – от 200 до 160 мкм;
- ЛМ63 – зерновой состав основной фракции от 60 до 40 мкм;
- ЛМ50 – от 40 до 28 мкм;
- ЛМ1 – мельче 1 мкм.

Зернистость материала шлифовального круга выбирают в зависимости от размера снимаемого припуска и требуемой шероховатости поверхности пред-

ставлена в таблице 2.5.

Зернистость абразивного материала в зависимости от вида обработки

Таблица 2.5

Зернистость	Вид обработки
200–80	Обдирочные операции: зачистка заготовок, отливок, поковок, штампованных заготовок
80–50	Плоское шлифование торцом круга, заточка средних и крупных резцов, правка абразивного инструмента, отрезка
50–25	Черновое и комбинированное шлифование с припусками 0,5 –1,0мм, заточка режущего инструмента
32–16	Чистовое шлифование с припусками 0,2–0,3 мм, обработка профильных поверхностей, заточка мелкого инструмента, шлифование хрупких материалов
12–6	Отделочное шлифование, доводка твердых сплавов, доводка режущего инструмента, предварительное хонингование, заточка тонких лезвий
6–M28	Тонкое шлифование с припусками 0,05–0,10 мм металлов, стекла, мрамора и т. п.
M40 и мельче	Суперфиниширование, окончательное хонингование, доводка, полирование

5.5 Связка абразивных материалов.

В качестве связок, применяемых для закрепления зерен в абразивном инструменте, могут применяться:

- неорганические вещества (керамические, магнезиальные, металлические);
- органические вещества природные (шеллаковые связки) и синтетические (бакелитовые, вулканитовые, эпоксидные, глифталевые связки);
- комбинации органических и неорганических веществ (металлоорганические, металлокерамические и другие виды).

Связка абразивного инструмента (таблица 2.6) в значительной степени

обуславливает интенсивность съема материала заготовки, качество обработки, износ инструмента и экономичность операции. Основными видами связок для производства шлифовальных кругов являются керамические (К), бакелитовые (Б), вулканитовые (В) и металлические (М).

Керамические связки характеризуются высокой теплостойкостью, прочностью, хрупкостью, жесткостью и химической стойкостью. Для производства керамических связок используют глину, полевошпатовые материалы, стекло.

Бакелитовые связки имеют высокую прочность и низкую теплостойкость. Основу связки составляет бакелит в виде порошка (смесь новолачной смолы с уротропином) или жидкости (жидкая резональная смола). Бакелитовые связки применяют для изготовления инструмента, имеющего высокую самозатачиваемость (обдирочные, отрезные круги).

Вулканитовая связка – это вид резины (провулканизированная смесь каучука с серой и другими наполнителями). Инструмент на вулканитовой связке, обладая повышенной эластичностью, в процессе шлифования деформируется, что снижает интенсивность его самозатачивания и повышает полирующий эффект.

Металлические связки применяют при производстве инструмента из эльбора марки ЛКВ. В состав металлических связок входят порошки меди, олова, железа, титана, ванадия и других металлов.

5.6 Твердость абразивного инструмента

Твердость абразивного инструмента характеризует способность связки сопротивляться вырыванию абразивных зерен с поверхности инструмента под влиянием сил резания. Чем тверже круг, тем большая сила необходима, чтобы вырвать зерно из связки, но в то же время в большей степени проявляется склонность инструмента к засаливанию (забивание пор круга стружкой).

Различают следующие степени твердости инструмента (цифры 1, 2 и 3 характеризуют возрастание твердости внутри данной степени):
-ВМ1, ВМ2 – весьма мягкий; - СТ1, СТ2, СТ3 – средне - твердый;

- М1, М2, М3 – мягкий;
- Т1, Т2 – твердый;
- СМ1, СМ2 – средне - мягкий;
- С1, С2 – средний;
- ЧТ – чрезвычайно твердый;
- ВТ – весьма твердый;

При выборе абразивных кругов по твердости учитывают материал обрабатываемой детали, вид шлифования, зернистость шлифматериала круга, размеры и профиль рабочей поверхности круга, наличие смазывающе - охлаждающей жидкости (СОЖ), режимы резания (таблица. 2.7). Обычно для мягких материалов выбирают твердый круг, а для твердых материалов – мягкий.

5.7 Виды связки абразивного инструмента

Таблица 2.6

Обозначение	Основные компоненты	Область применения
Связки для абразивных инструментов		
К Керамическая,	Глина, кварц, полевой шпат, жидкое стекло	Все виды шлифования (за исключением скоростной обдирки, разрезания и прорезания узких пазов)
С Силикатная,	Жидкое стекло, наполнители	Плоское шлифование закаленной стали, заточка инструментов с тонкими режущими лезвиями
М Магнезиальная,	Каустический магнезит, раствор хлористого магния	Заточка топоров, столовых ножей, напильников, лезвий безопасных бритв
Б Бакелитовая,	Фенолформальдегидная смола	Плоское шлифование, обдирочное шлифование, отрезание и прорезание пазов, заточка инструментов, круглое наружное шлифование, хонингование, резьбошлифование

Глифталевая, Г	Синтетическая смола из глицерина и фталевого ангидрида	Отделочное шлифование деталей из закаленной стали
Вулканитовая, В	Каучук, вулканизирующие добавки	Отделочное шлифование и полирование, чистовые операции, отрезание, прорезание, шлифование пазов, ведущие круги при бесцентровом шлифовании
Связки для алмазных абразивных инструментов		
Органическая, О	Наполнитель: абразивные порошки, порошки металлов, органические смолы	Чистовое шлифование твердых сплавов, закаленных сталей, заточка инструментов, суперфиниширование. Алмазные круги из порошка марки АСО. Они работают в режиме самозатачивания и не требуют частой правки
Металлическая, М	Медь, олово, алюминий, абразивные порошки	Шлифование твердых сплавов, керамики, оптического стекла, ферритов, драгоценных камней, бетона; заточка твердосплавных инструментов; хонингование закаленных сталей и чугуна, хромовых покрытий, алюминиевых сплавов. Круги из алмазных порошков марок АСР и АСВ.
Керамическая, К	Металлический порошок, глина	Шлифование быстрорежущей стали. Алмазные круги изготавливают из порошков марки АСР

При выборе абразивных кругов по твердости учитывают материал обраба-

тываемой детали, вид шлифования, зернистость шлифматериала круга, размеры и профиль рабочей поверхности круга, наличие смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ), режимы резания (таблица. 2.7). Обычно для мягких материалов выбирают твердый круг, а для твердых материалов – мягкий.

5.8 Применение абразивного инструмента

Таблица 2.7

Степень твердости	Область применения
ВМ1, ВМ2, М1, М2, М3, СМ1, СМ2	Плоское шлифование торцом круга (на бакелитовой связке), периферией круга (на керамической связке); шлифование и заточка инструмента из твердых сплавов, минералокерамики. Тонкое шлифование, резьбошлифование, зубошлифование, суперфиниширование. Шлифование закаленных сталей, цветных сплавов
СМ2, С1, С2	Чистовое шлифование (круглое, плоское, внутреннее, бесцентровое) закаленной стали; шлифование резьб с крупным шагом. Обдирочное шлифование торцом круга
С2, СТ1, СТ3	Шлифование (круглое, бесцентровое, профильное, резьбошлифование) незакаленных, углеродистых и легированных сталей и сплавов; плоское шлифование сегментами; хонингование
СТ1, СТ2, Т1, Т2	Обдирочное шлифование, шлифование фасонных профилей, прерывистых поверхностей, отрезные работы, зачистка поковок и отливок, ведущие круги для бесцентрового шлифования, хонингование закаленных сталей
ВТ, ЧТ	Обдирочное шлифование, правка абразивных кругов мето-

	дом обкатки и шлифования. Шлифование заготовок с малым припуском, шлифование шариков для подшипников
--	--

5.9 Структура абразивного инструмента

Структура абразивного инструмента – это соотношение объемов шлифовального материала, связки и пор в абразивном инструменте. Чем больше номер структуры, тем меньше зерен и больше пор. Чем больше суммарный объем пор и чем крупнее сами поры, тем эффективнее удаляется стружка при резании, лучше охлаждается место контакта инструмента и детали, быстрее идет самозатачивание инструмента. В то же время инструмент с высоким содержанием пор менее прочен и подвергается большему износу. Таким образом, для каждой конкретной операции шлифования необходимо подбирать инструмент со строго заданной структурой.

Различают четыре группы по структурам абразивного инструмента:

- № 1–4 – закрытые (плотные) структуры;
- № 5–8 – средние;
- № 9–12 – открытые;
- № 13 и более – высокопористые.

Структуру шлифовального круга выбирают, исходя из следующих рекомендаций:

- № 4–6 – для чернового шлифования;
- № 6–8 – для получистового и чистового шлифования;
- № 10–12 – для профильного шлифования.

5.10 Классы неуравновешенности, точности и рабочие скорости шлифовальных кругов

Как любое тело вращения, шлифовальные круги обладают неуравновешенностью. В зависимости от допустимых неуравновешенных масс уста-

навливаются четыре класса неуравновешенности шлифовальных кругов (ГОСТ 3060–86). Классу 1 соответствует минимальная, а классу 4 – максимальная неуравновешенность круга.

В соответствии с ГОСТ 2424–83 круги изготавливают трех классов точности: АА, А и Б. Класс точности круга должен соответствовать классу его неуравновешенности.

Класс точности	АА	А	Б
Класс неуравновешенности	1	1 - 2	1 - 3

Выбор класса точности шлифовальных кругов зависит от вида операции и требований к точности обрабатываемых деталей. Для большинства видов шлифования точных деталей, а также для шлифования с повышенными скоростями рекомендуется применять круги класса А, для зубошлифования и обработки высокоточных деталей – круги класса АА.

Прочность круга и степень его неуравновешенности должны гарантировать безопасную работу при шлифовании. Абразивный инструмент в зависимости от типоразмера и вида связки может применяться для работы при скоростях от 15 до 120 м/с. Круги, изготовленные для рабочих скоростей свыше 60 м/с, маркируются (кроме кругов диаметром менее 250 мм и эльборовых) цветной полосой.

Цвет полосы	Желтый	Красный	Зеленый	Синий и зеленый
Рабочая скорость, м/с	60	80	100	125

5.11 Обозначение шлифовальных кругов

Характеристика абразивного инструмента в виде условного обозначения обязательно указывается в нормативно-технической документации.

Так, например, в соответствии с ГОСТ 2424–83 шлифовальный круг обозначается

1 500 x 50 x 305 24A 10 C2 7 K 35 м/с А 1 кл ГОСТ 2424–83,

что означает: круг плоский прямого профиля тип 1 с наружным диаметром $D = 500$ мм, высотой $T = 50$ мм, диаметром посадочного отверстия $H = 305$ мм, выполнен из белого электрокорунда марки 24А, зернистостью 10, степенью твердости С2, номером структуры 7 (средней), на керамической связке К, для работы со скоростью 35 м/с, класса точности А, 1-го класса неуравновешенности.

Пример условного обозначения шлифовального круга из эльбора:

1 А1 250 х 16 х 76 х 5 ЛП Л12 С2 К 7 100,

где *1 А1* – круг плоский прямого профиля, диаметр $D = 250$ мм, высота $T = 16$ мм, посадочное отверстие $H = 76$ мм, ширина эльбор содержащего слоя $S = 5$ мм, эльбор повышенной прочности ЛП, зернистость 12, твердость С2, керамическая связка К, структура 7, концентрация эльбора 100%.

Отрезной круг диаметром $D = 400$ мм, высотой $T = 4$ мм, диаметром посадочного отверстия $H = 51$ мм, из нормального электрокорунда марки 14А, зернистостью 40, звуковым индексом 41, с бакелитовой связкой с упрочняющим элементом БУ, рабочая скорость 80 м/с, 2 кл. точности:

400 х 4 х 51 14А 40 41 БУ 80 м/с 2 кл ГОСТ 21963–82.

Аналогичный принцип обозначения характеристик применяется и для других видов абразивного инструмента.

5.12 Шлифовальная шкурка

Шлифовальная шкурка выпускается на бумажной и тканевой основе в виде листов, лент, дисков, кругов и т. д.

Шкурка абразивная тканевая (ГОСТ 5009–82) выпускается двух типов:

1 – для машинной обработки неметаллических материалов, металлов и сплавов низкой твердости и для ручной обработки различных материалов;

2 – для машинной и ручной обработки твердых и прочно-вязких материалов.

В качестве основы применяют хлопчатобумажные ткани, имеющие соответствующее обозначение по ГОСТ 3357–82:

- ЛОГ – саржа легкая гладкая;

- Л1 – саржа легкая № 1 суровая;

- Л2Г – саржа легкая № 2 гладкая; - С2 – саржа средняя № 2 суровая и т.

д.

Шлифовальный материал связывается с основой мездровым клеем (М), комбинированной связкой (К) или другими связующими. Шкурка выпускается в рулонах шириной 725; 740; 770; 800 и 830 мм и длиной 30 и 50 м. В зависимости от дефектов на поверхности шкурки она маркируется классом А, Б, и В.

Пример условного обозначения абразивной тканевой шлифовальной шкурки типа 2, шириной 830 мм, длиной 50 м, на сарже средней № 2 суровой, из белого электрокорунда марки 24А, зернистостью 40, на мездровом клее, класса А:

2 830 х 50 С2 24А 40 М А ГОСТ 5009-82.

Шкурку шлифовальную тканевую водостойкую (ГОСТ 13344–79) также выпускают двух типов:

- однослойной (О)
- двухслойной (Д).

Шкурку поставляют в рулонах. В качестве основы применяют саржу утяжеленную № 1 и № 2 гладкокрашеную (условное обозначение У1Г, У2Г), среднюю № 1 и № 2 гладкокрашеную (С1Г, С2Г), саржу специальную прочную (СП) и полудвунитку гладкокрашеную (П). В качестве связующего используются фенолформальдегидные смолы СФЖ-3038 и СФЖ-3039 и лак ЯН-153.

Пример условного обозначения водостойкой тканевой двухслойной шлифовальной шкурки типа 2 в рулоне:

Д2 820 х 20 У1Г 63С 40 СФЖ А ГОСТ 13344–79.

Шкурка шлифовальная бумажная (ГОСТ 6456–82) выпускается двух типов:

1 – для машинной и ручной обработки неметаллических материалов (дерева, кожи, резины, пластмассы и т. п.);

2 – для машинной и ручной обработки металлов и сплавов.

Шлифовальная шкурка выпускается в рулонах со следующими видами рабочего слоя: С – сплошной, Р – рельефный. В качестве основы применяют

бумагу по ГОСТ 18277–82 с условным обозначением П1–П11.

Пример условного обозначения бумажной шлифовальной шкурки типа 1, со сплошным рабочим слоем С, шириной 1000 мм, длиной 50 м, на бумаге П2, из нормального электрокорунда марки 15А, зернистости 25, на мездровом клее М, класса А:

1С 1000 х 50 П2 15А 25 М А ГОСТ 6456–82.

Шкурка шлифовальная бумажная водостойкая (ГОСТ 10054–82) предназначена для абразивной обработки различных материалов с применением СОЖ. Выпускается в рулонах и листах. В качестве основы применяется влагопрочная бумага (условное обозначение М) и влагопрочная с полимерным латексным покрытием (Л1, Л2). Шлифовальное зерно связывается с основой лаками марок ЯН-153, ПФ-587 и другими водостойкими связками.

Пример условного обозначения водостойкой шлифовальной шкурки в рулоне шириной 750 мм, длиной 50 м, на влагопрочной бумаге М, из зеленого карбида кремния 64С, зернистостью 16, со связкой ЯН-153, класса А:

750 х 50 М 64С 16 ЯН А ГОСТ 10054–82.

То же для шлифовального листа шириной 230 мм, длиной 280 мм:

Л 230 х 280 М 64С 16 ЯН А ГОСТ 10054–82.

К изделиям из шлифовальной шкурки относятся: бесконечные (склеенные) шлифовальные ленты, шлифовальные ленты, конуса, кольца, диски, лепестковые круги.

6. Термическая обработка

6.1 Цель термической обработки

Термическая обработка — совокупность операций, связанных с нагревом до определенной температуры с заданной скоростью, выдержкой при этой температуре в течение определенного времени и последующим охлаждением также с заданной скоростью.

Цель такой обработки — получить необходимую структуру материала с требуемыми физико-механическими свойствами. Термическая обработка, являясь наиболее эффективным способом воздействия на физико-механические свойства металлов и сплавов, включает в себя несколько схем теплового воздействия:

- отжиг;
- отпуск;
- нормализацию;
- закалку.

6.2 Отжиг.

Отжиг состоит в нагреве стальной заготовки до определенной температуры (в зависимости от вида отжига), выдержке при этой температуре и последующем охлаждении, как правило, медленном в печи или золе для получения более равномерной структуры. Целью отжига является улучшение обрабатываемости металла резанием и давлением за счет снижения твердости и увеличения пластичности и вязкости, а также снятие внутренних напряжений. Применяют несколько видов отжига:

- полный;
- неполный;
- диффузионный;
- для снятия внутренних напряжений.

Полный (смягчающий) отжиг производится путем нагрева стали до температуры на 30... 50 °С выше температур линии GS на диаграмме состояния железо — цементит (Fe — Fe₃C) (рис. 1) и выдержке при этой температуре с последующим медленным охлаждением вместе с печью со скоростью 20... 50 °С/ч. Этому виду отжига подвергают конструкционные стали с целью снижения их твердости и повышения пластичности, а также для снятия внутренних напряжений, возникающих, например, после сварки.

Неполный отжиг применяют для высокоуглеродистых сталей с целью улучшения их обрабатываемости. Он осуществляется при температуре около 780°C с выдержкой и последующим медленным охлаждением вместе с печью.

Диффузионный отжиг производится для выравнивания химического состава фасонных отливок в основном из легированных сталей, которое происходит за счет диффузионных процессов в металле, поэтому температура отжига должна быть достаточно высокой (1 100... 1 200 °С). Выдержка в печи при этой температуре продолжается в течение ACD — линии ликвидуса; AECF — линии солидуса; AC, CD, FT, GP, GS, SE, PQ, PSK, ECF — линии равновесия

10... 15 ч, после чего изделие охлаждают вместе с печью до температуры 850 °С в течение 6... 8 ч. Дальнейшее охлаждение ведется на воздухе.

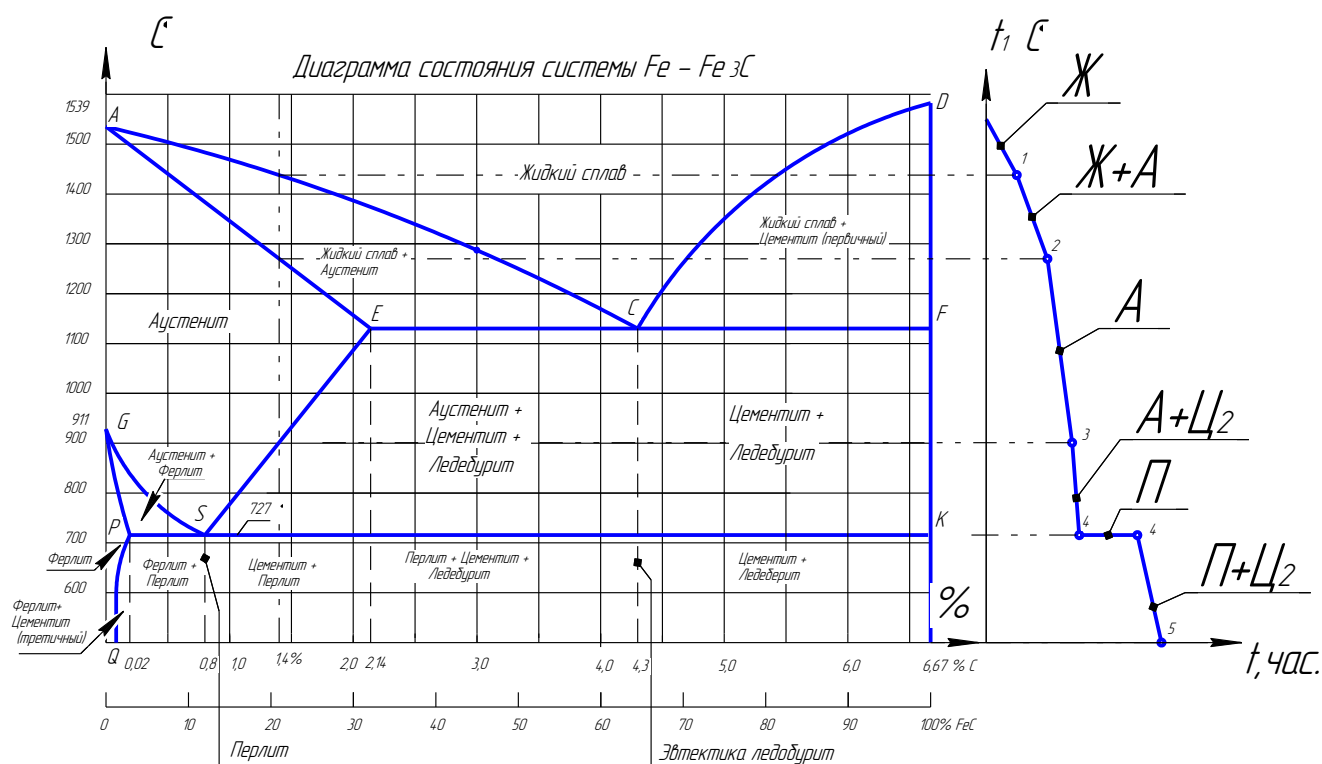


Рисунок 1

Отжиг для снятия внутренних напряжений применяют в основном для сварных конструкций и отливок, нагревая их до температур, при которых отсутствуют фазовые превращения, т.е. до температур ниже 727 °С (см. рис. 1, линия PSK). Если отжиг производится при температуре 600 °С с выдержкой в течение 20 ч, то напряжения снимаются полностью, независимо от их первоначальной величины. Для сокращения продолжительности отжига температуру увеличивают до 700 °С.

6.3 Нормализация

Поскольку отжиг достаточно длительный процесс, то часто вместо него применяют другой вид термической обработки — нормализацию.

Нормализация обеспечивает улучшение обрабатываемости металлов резанием и подготовку стальных заготовок к последующей термической обработке — закалке. При нормализации изделие нагревают до температуры на 30... 50 °С выше температуры, соответствующей линиям GS и SE на диаграмме состояния железо — цементит (см. рис. 5.1). После нагревания до указанного уровня заготовка выдерживается при этой температуре в течение 0,5... 1,0 ч, а затем охлаждается на воздухе.

6.4 Закалка

Закалка — наиболее распространенный процесс термической обработки стали с целью повышения ее твердости и прочности. Закалка включает в себя следующие этапы: нагрев изделия несколько выше линии GS или PSK, выдержку изделия при заданной температуре и быстрое охлаждение. Закалке подвергается большинство деталей машин и механизмов, режущие инструменты и штампы. В результате этой обработки повышаются твердость, прочность, сопротивляемость износу (износостойкость), но снижается пластичность материала.

Для закалки конструкционных сталей изделие нагревают на 30... 50 °С выше температуры линии GS или PSK и выдерживают в печи до полного прогрева и завершения структурных превращений.

В зависимости от способа нагревания различают газопламенную, плазменную, электронно-лучевую, лазерную закалку и закалку с нагревом токами высокой частоты.

Продолжительность нагревания и время выдержки при температуре нагрева под закалку определяются в зависимости от марки стали по справочным таблицам. Скорость охлаждения стали, нагретой до температуры под закалку, оказывает решающее влияние на результат термической обработки — сочетание свойств прочности, вязкости, свариваемости.

Охлаждение изделия после нагревания, т.е. закалка, производится в разных средах: воде, водных растворах солей и щелочей или машинном масле, которые, имея

разные теплоемкости, обладают соответствующей охлаждающей способностью.

Вода, по сравнению с машинным

маслом, охлаждает детали приблизительно в 10 раз быстрее. Воду применяют при охлаждении углеродистых инструментальных сталей, которым требуется большая скорость закалки. Для обеспечения малой скорости охлаждения при закалке легированных сталей используют машинное масло.

Большая скорость охлаждения в воде создает опасность возникновения структурных напряжений, которые могут привести к появлению трещин. Для предупреждения этого к воде добавляют соли или щелочи. Состав охлаждающей (закалочной) среды выбирают в соответствии с требуемой скоростью охлаждения по справочным таблицам.

6.5 Отпуск

Отпуск — нагрев стальной закаленной заготовки до определенной температуры ниже линии PSK на диаграмме состояния железо — цементит (см. рис. 5.1), выдержка при этой температуре и охлаждение с заданной скоростью, как правило, на воздухе. Отпуск — очень ответственная конечная операция термической обработки, которая производится после закалки с целью снятия внутренних напряжений и получения более равномерной структуры. Режим отпуска определяет рабочие свойства изделия. В зависимости от температуры нагрева различают три вида отпуска: низкий, средний и высокий.

Низкий отпуск — при температурах 80... 200 °С; при этом сталь, сохраняя высокую твердость, приобретает повышенную ударную вязкость и пластичность. Продолжительность низкого отпуска 1,0... 2,5 ч. Низкий отпуск производят в масляных ваннах, что обеспечивает быстрое и равномерное прогревание изделий и точное регулирование температуры нагрева.

Средний отпуск — при температурах 300... 350 °С. Среднему отпуску подвергают такие изделия, как рессоры, пружины, штампы. Этот вид отпуска производят в расплавах солей или воздушных электрических печах.

Высокий отпуск — при температурах 500... 650 °С. Данный вид отпуска производят в расплавах солей или воздушных электрических печах. В результате высокого отпуска уменьшается твердость поверхности сплава и значительно увеличивается вязкость и пластичность. Этому виду отпуска подвергают изделия, которые в процессе эксплуатации испытывают высокие напряжения и ударные нагрузки.

6.6 Оборудование для термической обработки

Оборудование для термической обработки условно можно разделить на две группы: основное и вспомогательное.

Основное оборудование — нагревательные печи, печи-ванны, закалочные баки, которые предназначены для выполнения основных операций термической обработки.

Нагревательные печи классифицируют следующим образом:

- по назначению — универсальные для проведения основных операций термической обработки, цементационные и печи специального назначения;
- по уровню температуры — низко-, средне- и высокотемпературные печи;
- по источнику тепловой энергии — твердотопливные, мазутные, газовые, электрические и индукционные печи;
- по способу загрузки-выгрузки — камерные, шахтные, с выдвижным сводом, со съёмным сводом и т. п.

Вспомогательное оборудование предназначено для предварительной подготовки восстанавливаемых деталей к термической обработке. К этому оборудованию относятся правильные прессы, контрольно-измерительная аппаратура и приборы, позволяющие выполнять контроль параметров процесса термической обработки, оборудование для очистки, мойки и сушки восстанавливаемых деталей.

Литература

1. .Г. Чумак Материалы и технология машиностроения М. 1979,169с
 2. В.М. Раскатов и др.Машиностроительные материалы М. 1980, 511с
 3. А.Н. Балабанов Краткий справочник технолога машиностроителя м. Издательство стандартов, 1992, 461с
 4. Журавлев В.Н. Машиностроительные стали. Справочник .М, 1992, 480с
 5. П.П Серебrenицкий Краткий справочник технолога машиностроителя СПб. Политехника, 2007, 951с
 6. С.А. Филинов И.В.Фиргер Справочник термиста М,1975 486с
 7. П.Н. Орлова Краткий справочник металлиста М, 1987, 289с
- В.К. Крыжановский Технические свойства полимерных материалов.