

**Цель работы:** изучить классификацию, маркировку, свойства и область применения сталей и чугуна.

**Материальное обеспечение:** стенды с образцами сталей и чугунов, плакаты, справочная литература, методические указания.

## 1. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Во время индивидуальной работы по методическим указаниям и рекомендуемой литературе изучить общие принципы маркировки конструкционных сталей и чугуна; принципы выбора материала, детально ознакомиться с заданием и материалом по данной работе.

2. Во время занятия определить, используя справочную литературу, механические свойства, химический состав и применение некоторых марок материала, по заданию преподавателя.

### Задание

1. Расшифровать марки, дать описание свойств и область применения следующих материалов: конструкционные стали, чугун, стали с особыми свойствами (приложение, табл. 1, вариант №...).

2. Марки материалов для расшифровки, описания свойств и области применения задаются преподавателем.

### Содержание отчёта

Таблица 1. Форма отчёта.

Марка материала	Хим. состав материала:	Мех. св-ва материала	Применение
	C -	$\sigma_b =$ (МПа)	
	P -	$\sigma_r =$ (МПа)	
	S -	$\delta =$ (%)	
	Mn -	KCU = (МДж/мм <sup>2</sup> )	
	Si -	HB = (МПа)	
	Другие эл.-		

1. Принцип маркировки конструкционных углеродистых сталей обыкновенного качества, конструкционных углеродистых качественных сталей, конструкционных легированных сталей;

2. Отличительные особенности маркировки специальных сталей;

3. Принцип маркировки чугуна.

При выполнении задания, результаты работы заносятся в табл. 1.

## **2. СТАЛЬ, ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ**

Сталью называется сплав железа с углеродом, претерпевающий полное аустенитное превращение. Для метастабильного равновесия концентрация углерода не должна превышать 2,14%. Углерод является важнейшей примесью, определяющей механические, физические, химические, технологические и эксплуатационные свойства стали. Углерод определяет структуру стали и соответственно вызывает значительное изменение ее свойств. С увеличением в стали углерода увеличивается твёрдость, прочность, удельное электросопротивление, уменьшается относительное сужение и относительное удлинение при разрыве, ударная вязкость и плотность. Влияние углерода на механические свойства стали представлено на рис. 1.

Кроме углерода в стали содержатся постоянные примеси (кремний, марганец, фосфор, сера, кислород).

Кремний в углеродистой стали не превышает 0,5 %. Он растворяется в феррите, повышает прочность, твердость, упругость, снижает пластичность стали, а главное хорошо раскисляет ее.

Марганец в углеродистой стали составляет 0,25–0,80%. Он раскисляет сталь, растворяется в феррите и частично образует карбиды, и тем самым повышает прочность, твердость, упругость, снижает пластичность стали.

Содержание фосфора в стали не должно превышать 0,05%. Растворяясь в феррите, он резко снижает его пластичность и вызывает хладноломкость. Хладноломкость – явление перехода от вязкого разрушения к хрупкому разрушению, в результате снижения ударной вязкости.

Сера в стали не превышает 0,06%. Она не растворима в феррите, но образует сульфид железа FeS, который вызывает красноломкость стали, повышенную хрупкость при высоких температурах.

Стали классифицируются по способу производства, назначению, химическому составу, степени раскисления, структуре и качеству. Классификация сталей представлена на рис.2.

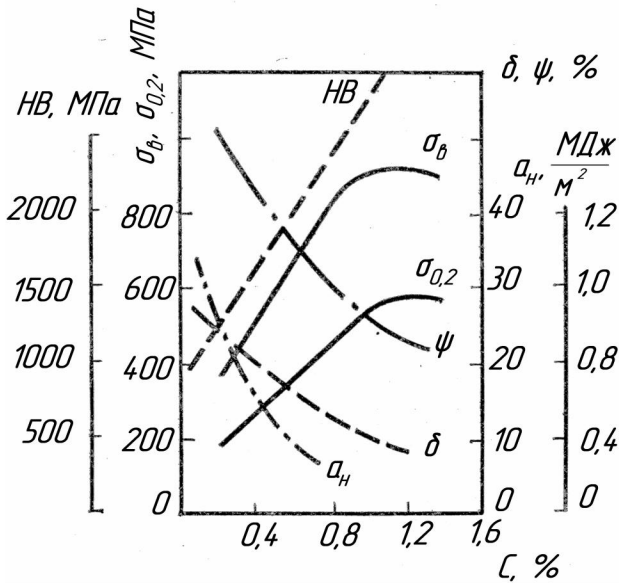


Рис. 1. Влияние углерода на свойства сталей.

Выплавляют стали в мартеновских, конверторных, электрических и других печах. Это и есть их классификация по способу производства (мартеновские, конверторные, электростали).

По назначению различают конструкционные, инструментальные и специальные стали (стали с особыми свойствами).

По химическому составу различают углеродистые и легированные стали, по содержанию углерода – малоуглеродистые (до 0,25% С), среднеуглеродистые (0,25–0,60% С), высокоуглеродистые (0,60–1,40% С). По структуре стали подразделяются на доэвтектоидные и заэвтектоидные относительно эвтектоидного состава 0,8% углерода. В первом случае образуется перлитно-ферритная структура, во втором перлитно-цементитная.

По качеству стали классифицируют на стали обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особовысококачественные, содержащие соответственно фосфора и серы в суммарном количестве не более 0,10, 0,08, 0,05 и менее 0,05%.

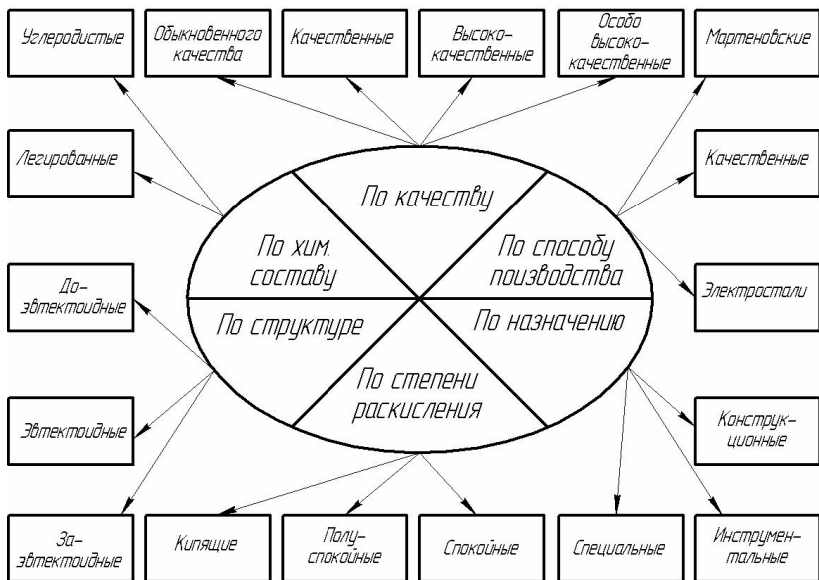


Рис. 2. Классификация сталей.

По характеру (степени) раскисления стали делят на спокойные (сп), полуспокойные (пс) и кипящие (кп). Спокойные стали раскисляют марганцем, кремнием и алюминием. Они содержат мало кислорода и затвердевают без газовыделения (спокойно). Кипящие стали раскисляют только марганцем, содержание кислорода в них повышенное. Взаимодействуя с углеродом, кислород образует пузыри  $\text{CO}$ , которые при выделении в процессе кристаллизации создают впечатление кипения. Полуспокойные стали раскисляют марганцем и кремнием, по своему поведению они занимают промежуточное положение между кипящими и спокойными.

Легированной называется сталь, содержащая один или несколько специально вводимых элементов, заметно изменяющих ее структуру и свойства. По степени легирования различают низколегированные – содержание легирующих элементов не превышает 3%, среднелегированные (3–10%) и высоколегированные стали (более 10%).

Условные обозначения некоторых химических элементов, принятые при маркировке металлов и сплавов, приведены в табл. 2 (ГОСТ 4543).

**Т а б л и ц а 2. Условные обозначения некоторых элементов при маркировке металлов и сплавов**

Элементы	Химический знак элемента	Обозначение элемента в марках металлов и сплавов	
		черных	цветных
Алюминий	Al	Ю	А
Бериллий	Be	Л	Б
Бор	B	Р	-
Ванадий	V	Ф	Вам
Вольфрам	W	В	-
Железо	Fe	-	Ж
Кобальт	Co	К	К
Кремний	Si	С	Кр (К)
Магний	Mg	Ш	Мг
Марганец	Mn	Г	Мц (Мр)
Медь	Cu	Д	М
Молибден	Mo	М	-
Никель	Ni	Н	Н
Ниобий	Nb	Б	Нб
Олово	Sn	-	О
Свинец	Pb	-	С
Селен	Se	Е	Ст
Серебро	Ag	-	Ср
Сурьма	Sb	-	Су
Тантал	Ta	-	ТТ
Титан	Ti	Т	Ти
Углерод	C	У	--
Фосфор	P	П	Ф
Хром	Cr	Х	Х (Хр)
Цинк	Zn	-	Ц

При взаимодействии легирующих элементов с железом и углеродом могут образовываться механические смеси, твердые растворы, химические и интерметаллические соединения. Сталь несколько упрочняется при образовании твердых растворов и сильно упрочняется при образовании химических и интерметаллических соединений.

Каждый из легирующих элементов вносит определённый вклад в характеристики сталей. Никель, например, увеличивает прокаливаемость стали и интенсивно снижает температуру перехода в хрупкое

состояние. Алюминий, кобальт, титан снижают прокаливаемость. Хром увеличивает прокаливаемость. При концентрации хрома 13 % и более сталь становится коррозионно-стойкой (нержавеющей). Бор, наоборот, снижает коррозионную стойкость. Ванадий и титан являются сильными измельчителями зерна. Молибден и вольфрам предотвращают развитие отпускной хрупкости.

Бор, ванадий, вольфрам, молибден, ниобий – повышают жаропрочность.

## **2.1. Конструкционные углеродистые стали обыкновенного качества**

Конструкционные стали обыкновенного качества используются, главным образом, в металлоконструкциях при промышленном строительстве, мостостроении, а также для изготовления многих деталей машин, работающих при относительно невысоких нагрузках.

Конструкционные углеродистые стали обыкновенного качества по ГОСТ 380 подразделяются на три группы: А, Б и В (табл. 3). Стали группы А поставляются с гарантируемыми механическими свойствами, группы Б – с гарантированным химическим составом, группы В – с гарантированными механическими свойствами и химическим составом.

Цифры в марках сталей указывают порядковый номер стали. С увеличением номера в марках сталей групп Б и В увеличивается содержание углерода, с увеличением номера стали группы А речь идёт об увеличении показателей механических свойств (прочность, твёрдость). Например, БСт2 – сталь группы Б, условный номер 2, содержит 0,09–0,15%С; БСт4 – условный номер 4, содержание углерода – 0,18–0,27%. Стали группы В маркируются соответственно ВСт 2 и ВСт 4, содержание углерода для них такое же как и для соответствующих сталей группы Б. Группа А в начале марки не указывается, например Ст2, Ст4.

Буква Г в конце марки указывает повышенное содержание марганца около 1,0%. Также в конце марки может указываться степень раскисления стали: сп – спокойная, пс – полуспокойная, кп – кипящая.

Стали группы А применяются в горячекатаном состоянии, для деталей и конструкций, в которых при изготовлении сохраняются исходные свойства и термическая обработка не требуется.

**Т а б л и ц а 3. Марки некоторых, конструкционных углеродистых сталей  
обыкновенного качества**

Группа А		Группа Б		Группа В	
Ст0		БСт0			
Ст1кп	Ст1Гпк	БСт1сп	БСт1пс	ВСт1кп	ВСт3пс
Ст2сп	Ст2пс	БСт2кп	БСт2пс	ВСт2сп	ВСт2Гпс
Ст3кп	Ст3Гпс	БСт3 пс	БСт3Гпс	ВСт3кп	ВСт3Гпс
Ст4сп	Ст4пс	БСт4кп	БСт4Гпс	ВСт4сп	ВСт4Гпс
Ст5сп	Ст5Гпс	БСт5сп	БСт5Гпс	ВСт5сп	ВСт5Гпс
Ст6сп	Ст6пс	БСт6сп	БСт6пс		

**Таблица 4. Примерное назначение конструкционной углеродистой стали  
обыкновенного качества**

Марка стали по ГОСТ 380	Примеры применения
Ст0; БСт0	Ненагруженные (нерасчитываемые) детали металлоконструкций, арматура, прокладки, шайбы, ограждения, кожухи
Ст1; БСт1кп	Малонагруженные детали металлоконструкций, анкерные болты, жесткие связи, шайбы, прокладки, кожухи, штампованные детали
Ст2; БСт2кп; ВСт2кп	Детали металлоконструкций, рамы и пояса тележек, заклепки, болты, валики, оси, кулачки, не испытывающие больших напряжений, ключи, шайбы
Ст3; БСт3кп; БСт3; ВСт3кп; ВСт3	Детали металлоконструкций, малоответственные детали, не подвергающиеся термической обработке (втулки, вкладыши, рычаги, стержня, болты, гайки, хомуты), цементируемые и планируемые детали, от которых требуется высокая твердость поверхности и невысокая прочность сердцевины, валы, поршни, пальцы маломощных двигателей, толкатели, зубчатые колеса, червяки, рамы машин, крюки
Ст4; БСт4кп; БСт4; ВСт4кп; ВСт4	Детали металлоконструкций, валы, оси, тяги, стяжки, крюки, серьги, рычаги, болты, клинья, шпонки
Ст5; БСт5; ВСт5	Детали с повышенными требованиями к прочности: валы, оси, пальцы, звездочки, крюки, серьги, рычаги, гайки, клинья, чеки, зубчатые колеса, шпонки
Ст6; БСт6	Детали, требующие повышенной прочности: валы, оси, бойки молотов, коленчатые валы, кулачковые и фрикционные муфты, пластины цепей, тормозные ленты, шпонки, зубчатые колеса (при низких удельных давлениях), червяки средней прочности. Применяются, как правило, в термически обработанном состоянии после улучшения, нормализации

Сталь группы В применяется для изготовления изделий с использованием горячей обработки (ковки, прессования).

Для сварных конструкций применяют стали группы В, и основным технологическим требованием, предъявляемым к ним, является хорошая свариваемость (под свариваемостью понимают способность стали образовать сварной шов с прочностью равной прочности основного металла).

Механические свойства и химический состав некоторых марок конструкционных сталей обыкновенного качества указаны в приложении, табл. 2.

Конструкционные углеродистые стали обыкновенного качества отливают в крупные слитки, вследствие чего в них сильно развита ликвация структуры, нередко они содержат большое количество включений. Из стали обыкновенного качества изготавливают горячекатаный рядовой прокат (до 70 % всего проката): балки, прутки, швеллеры, уголки, листы и поковки.

Примерное назначение конструкционной углеродистой стали обыкновенного качества приведено в табл. 4.

## **2.2. Конструкционные углеродистые качественные стали**

Конструкционные углеродистые качественные стали, в виде проката, поковок и других полуфабрикатов с гарантированным химическим составом и механическими свойствами поставляются с нормальным и повышенным содержанием марганца и литейные.

Поставляется горячекатаная, калиброванная – круглая, квадратная, шестигранная, в виде листов, полос, лент, проволоки, а также круглая со специальной отделкой поверхности (серебрянка). По виду термической обработки – без термической обработки (не обозначается), термически обработанная (нормализованная) – Т и нагартованная – Н (для калиброванной стали и серебрянки). В зависимости от назначения горячекатаная сталь делится на подгруппы: а – для горячей обработки давлением; б – для холодной механической обработки; в – для холодного волочения.

По требованиям к испытанию механических свойств предусмотрены следующие категории стали:

1-я – без испытаний на растяжение и ударную вязкость (нормируется только твердость), поставляется горячекатаная, кованая, калиброванная, серебрянка;

2-я – с испытанием на растяжение и ударную вязкость на образцах из нормализованных заготовок размером 25 мм (диаметр или сторона), поставляется горячекатаная, коваяная, калиброванная, серебрянка;

3-я – с испытанием на растяжение и ударную вязкость на образцах из нормализованных заготовок размером образца до 100 мм, указывается заказчиком, поставляется горячекатаная, коваяная, калиброванная;

4-я – с испытанием на растяжение и ударную вязкость на образцах, изготовленных из термически обработанных (закалка + отпуск) заготовок указанного в заказе размера, но не более 100 мм, поставляется горячекатаная, коваяная, калиброванная;

5-я – с испытанием механических свойств на растяжение на образцах, изготовленных из сталей в нагартованном или термически обработанном состоянии (отожженной или высокоотпущенной), поставляется калиброванная.

Если в обозначении марки нет указаний на категорию стали, поставляется сталь категории 2.

Механические свойства и химический состав конструкционных качественных сталей приведены в приложении, табл. 3.

Конструкционные углеродистые качественные стали маркируются двухзначным числом. Цифры в марках сталей указывают на среднее содержание углерода в сотых долях процента. Для сталей данной группы регламентируется ГОСТом химический состав и механические свойства.

Примеры марок некоторых конструкционных углеродистых качественных сталей (ГОСТ 1050):

05кп						
08	08кп	30	30Л	55		75
10	10кп	35	35Л	60	60Г	80
15	15пс	40	40Л	65	65Г	85
20	20кп	45	45Л	70	70Г	

Кипящими производят стали 05кп, 08кп, 10кп, 15кп и 20кп, полуспокойными – 08пс, 10пс, 15пс и 20пс. Кипящие стали содержат кремния до 0,07%, полуспокойные до 0,12%, спокойные до 0,37%.

В случае нормированного содержания бора в обозначении ставится буква «Р».

Примеры маркировки конструкционных углеродистых качественных сталей:

Сталь 15пс – содержит 0,15% С, полуспокойная, 2-я категория;  
45-4 – содержит 0,45% С, 4-я категория поставки;

40Л - содержит 0,40% С, литейная, применяется для изготовления отливок;

65Г-б-3-Т – содержит 0,65% С, повышенное содержание марганца, до 1 %, для обработки резаньем (б), категория испытаний – 3, термообработанная (Т);

45А – содержит 0,45% С, высококачественная (суммарное содержание P+S ≤0.05%).

Примерное назначение конструкционной углеродистой качественной стали приведено в табл. 5.

Таблица 5. **Примерное назначение конструкционной углеродистой качественной стали**

Марка стали по ГОСТ 1050	Примеры применения
05кп	Детали, штампованные в холодном состоянии из прутков и тонких листов с глубокой вытяжкой. Прокладки, трубы, метизы
08кп; 08; 10кп; 10	Детали с высокой пластичностью: трубки, прокладки, колпачки, шайбы. Цементируемые и цианируемые детали, не требующие высокой прочности сердцевины: втулки, валики, упоры, копиры, зубчатые колёса, фрикционные диски
15кп; 15; 20кп; 20; 25	Тоже, что и в предыдущей группе, и элементы трубных соединений, коллекторы, трубы и днища маслоотделительной системы, кулачковые валики, рычаги, вкладыши, болты, валики масляных насосов
30; 35; 40	Детали с высокой пластичностью, при повышенных напряжениях и достаточной вязкости: втулки, цилиндры, маховики, балансиры. Мелкие метизные детали могут подвергаться закалке. После цементации – соединительные муфты, шпиндели, оси, серьги
45; 45; 55	Детали, требующие более высокой прочности при средней вязкости: оси, коленчатые и распределительные валы, кронштейны, штоки, зубчатые колёса, болты, гайки, шпонки – после улучшения, эксцентрики, неотчетственные пружины, муфты сцепления коробок передач
60; 60Г; 60; 65Г	Эксцентрики, прокатные валки, бандажи, пружинные кольца, шайбы дисков сцепления, регулировочные прокладки, рессоры, пружины, зубчатые колёса, шпиндели, тормозные диски
70; 70Г; 75; 80; 85	Пружинные кольца и шайбы, плоские и круглые пружины, цапги, шайбы упорных подшипников, диски сцепления, стопорные кольца и другие детали пружинного типа, от которых требуются высокие упругие свойства и высокая износостойкость

### 2.3. Конструкционные легированные стали

В зависимости от наличия легирующих элементов бывают хромистые, марганцовистые, хромомарганцовистые, хромокремнистые, хромоникелевые и другие легированные стали.

Стали содержащие железа менее 50% и содержание легирующих элементов больше, чем железа, то такие стали называют сплавами.

Примеры марок некоторых конструкционных легированных сталей:

хромистая сталь – 15X; 20X; 30X; 30ХРА; 45X;

марганцовистая сталь – 15Г; 40Г; 10Г2; 30Г2; 45Г2;

хромомарганцевая сталь – 20ХГР; 30ХГТ; 40ХГТР; 35ХГФ; 25ХГМ;

хромокремнистая сталь – 33ХС; 38ХС; 40ХС;

хромомолибденовая сталь – 15ХМ; 30ХМ; 30ХМА; 30Х3МФ; 40ХМФА;

хромованадиевая сталь – 15ХФ; 40ХФА;

никелемолибденовая сталь – 15Н2М; 15НМ; 20Н2М;

хромоникелевая сталь – 20ХН; 45ХН; 12ХН2; 12ХН3А; 20Х2Н4А;

хромокремнемарганцовая сталь – 20ХГСА; 25ХГСА; 30ХГС; 30ХГСА; 35ХГСА;

хромоникельмолибденовая сталь – 20ХН2М; 25Х2Н4МА; 18Х2Р4МА; 38ХН3МА; 14Х2Н3МА;

хромоалюминиевая сталь – 38ХЮ; 38Х2Ю.

Цифры в начале марок конструкционной легированной стали показывают среднее содержание углерода в сотых долях процента, цифры после букв – среднее содержание соответствующего легирующего элемента в процентах.

Примеры расшифровки:

сталь 14Х2Н3МА – среднелегированная (легирующих элементов 6%), содержит 0,14% С, 2% Cr, 3% Ni, 1% Mo, высококачественная (А);

сталь 38ХА – низколегированная, содержит 0,38% С, 1% Cr, высококачественная (А);

сталь 18ХГТ – низколегированная, содержит 0,18% С, 1% Cr, 1% Mn, 1 % Ti.

Иногда в конце некоторых марок сталей, как правило, это особо высококачественные стали, указывается индексами вид дополнительной улучшающей металлургической обработки: Ш (ЭШП) – электрошлаковый переплав, ЭЛП – электронно-лучевой переплав и др. Перечень

дополнительных обозначений особовысококачественных сталей указаны в приложении, табл. 4.

Механические свойства и химический состав некоторых марок конструкционных легированных сталей указаны в приложении, табл. 5.

Назначение рассмотренных низко- и среднелегированных сталей примерно соответствует назначению конструкционных углеродистых качественных сталей с одинаковым содержанием углерода, примерное назначение конструкционных легированных сталей приведено в табл. 6.

Таблица 6. Примерное назначение конструкционных легированных сталей

Марка стали по ГОСТ 4543	Примеры применения
15X; 20X; 30X.	Детали, подвергаемые цементации и закалке и работающие на износ при трении: втулки, пальцы, зубчатые колёса, толкатели, валики, оси рычаги
35X; 38XA; 30XPA; 40X; 45X	Различные нагруженные детали, подвергаемые закалке и отпуску: валы, пальцы, рычаги, ответственные болты, шпильки. Детали, подвергающиеся истиранию без значительных ударных нагрузок: оси, крупные зубчатые колёса
15Г; 20Г; 25Г; 30Г2	Детали, обладающие немного большей прочностью и прокаливаемостью по сравнению с конструкционной качественной сталью: кулачковые валы, зубчатые колёса, шарниры муфт, пальцы, тяги, вилки, рычаги сцепления
40Г; 45Г; 45Г2; 50Г	Детали, подвергающиеся истиранию под действием высоких нагрузок: диски трения, шлицевые, карданные, распределительные валы, полуоси, анкерные болты шпильки
15XФ; 40XФА; 30XM; 35XM; 33XC; 38XC	В связи с небольшой прокаливаемостью применяются для негрубых деталей, подвергаемых цементации: зубчатые колёса, поршневые пальцы. Детали, работающие при высокой температуре: валы, турбинные роторы и диски, крепёжные детали
20XГСА; 25XГСА; 30XГС; 35XГСА	Стали с весьма высокой прочностью. Крупные и мелкие детали, подвергаемые закалке и отпуску: рычаги, валики, оси, сварные конструкции, работающие при знакопеременных нагрузках
20XH; 45XH; 12XH3A; 20X2H4A	Зубчатые колёса, поршневые пальцы, роторные части, цилиндры низкого давления, валы, червяки, цилиндры
38XЮ; 38X2Ю	Азотируемые детали, работающие в условиях трения, детали точного машино- и приборостроения

## 2.4. Специальные стали и сплавы

Специальные стали и сплавы предназначены для изготовления деталей машин, работающих в определенных, специфических условиях

**Автоматная сталь** (обрабатываемая на станках автоматах), данные стали, иногда называют стали повышенной обрабатываемости резаньем, отличаются повышенным содержанием серы (до 0,3%), и фосфора (до 0,15%), которые увеличивают количество неметаллических включений. Использование примесей приводит к снижению износа металлорежущего инструмента, образованию ломкой и легкоудаляемой стружки, и как результат – возможность использовать автоматическое оборудование, работающее без участия человека.

Автоматные стали по химическому составу выпускаются следующих марок:

углеродистая с повышенным содержанием серы – А11; А12; А20; А30; А35; А40Г;

свинцоводержащая, сернисто-марганцовистую – АС40; АС35Г2; АС45Г2;

селеносодержащая – А35Е; А45Е;

легированная никелем и молибденом свинцоводержащая – АС12ХН; АС14ХН; АС19ХГН; АС20ХГНМ; АС30ХМ; АС38ХГМ; АС40ХГНМ.

Примеры расшифровки некоторых марок специальных сталей:

А20 – автоматная сталь, содержит 0,20% С, до 0,060% Р, 0,080...0,150% S;

АС40 – автоматная свинцоводержащая сталь, содержит 0,40% С, 0,15...0,35% Рb;

А45Е – автоматная селеносодержащая сталь.

**Рессорно – пружинная сталь** поставляется горячекатаная и калиброванная. По химическому составу предусмотрены марки стали углеродистой – 65; 70; 75; 85, и легированной марганцем – 60Г; 65Г; 70Г, кремнием – 55С2; 60С2Г; 50ХГ; 65С2ХА, ванадием – 59ХФА; вольфрамом – 60С2ВА, и никелем – 60С2Н2А.

Примеры расшифровки рессорно-пружинных сталей

50ХФА – рессорно-пружинная сталь, содержит 0,50% С, 1% Cr, 1% V, А – высококачественная;

**Шарикоподшипниковая сталь.** По составу и структуре шарикоподшипниковые стали относятся к классу инструментальных. Содержание углерода в них – около 1%. Для увеличения прокаливаемости в

её состав вводят легирующие элементы (Cr, Si, Mn), содержание которых зависит от размеров деталей. Стандарт предусматривает следующие марки шарикоподшипниковой стали:

ШХ4; ШХ9; ШХ12; ШХ15; ШХ15СГ; ШХ20СГ, могут использоваться среднелегированные шарикоподшипниковые стали – ШХ15СГМФШ.

Примеры расшифровки шарикоподшипниковой стали:

ШХ15СГ – шарикоподшипниковая сталь, содержит 1% С, 1,5% Cr, 1% Si, 1% Mn.

**Высокоизносостойкая сталь.** Детали, эксплуатируемые при воздействии ударных нагрузок, вызывающих их поверхностный наклёп, обуславливающий снижение износостойкости обычных сталей, изготавливают как правило из аустенитных высокомарганцовистых сталей:

110Г13Л – сталь Гадфильда;

Л53 – лемешная сталь;

95Х18; 35ГЛ; 30ГСЛ; 40ХЛ; 35ХГСЛ; 35ХНЛ; 80ГСЛ.

**Коррозионно-стойкая сталь (нержавеющая).** Нержавеющие стали обладают стойкостью против электрохимической и химической коррозии (атмосферной, почвенной, щелочной, кислотной, солевой), межкристаллитной коррозии и коррозии под напряжением.

Коррозионно-стойкие стали можно разделить на два основных класса:

хромистые – 12Х13; 20Х13; 30Х13; 40Х13;

хромоникелевые – 14Х17Н2; 12Х18Н9; 20Х17Н2; 04Х18Н10.

Сталь с содержанием хрома 13 – 14% приобретает устойчивость к коррозии на воздухе, в воде, морской воде, в ряде кислот, солей и щелочей.

Хромоникелевые стали обладают более высокой устойчивостью к коррозии по сравнению с хромистыми.

Существуют сложнолегированные нержавеющие стали, превосходящие по своим свойствам хромоникелевые нержавеющие стали:

10Х14Г14Н4Т; 08Х21Н6М2Т; 15Х17АГ14; 09Х15Н8Ю.

**Жаропрочная сталь.** Жаропрочные стали и сплавы способны работать в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определённого промежутка времени и обладают при этом стойкостью против химического разрушения поверхности в газовых средах. Жаропрочные стали поставляются термически обработанными (отжиг или высокий отпуск). Жаропрочные стали и сплавы применяют при рабочих температурах  $T > 500$  °С. Такие условия имеют место в двигателях

внутреннего сгорания, паросиловых установках, газовых турбинах, металлургических печах.

Наиболее распространены жаропрочные стали, содержащие хром и кремний – силхромы:

40X9C2; 40X10C2M; 30XC; 40XC;

содержащие хром и алюминий – хромали:

38X2Ю; 38X2МЮА; X25Ю5Т;

содержащие хром, кремний и алюминий – силхромали:

10X13СЮ.

Пример расшифровки жаропрочной стали:

40X9C2 – силхром, жаропрочная сталь, содержит 0,40% С, 9% Cr, 2% Si.

**Магнитные материалы** подразделяются на две большие группы: магнитомягкие, используемые в основном в качестве проводников магнитного потока, и магнитотвёрдые, используемые как источники магнитного потока.

Магнитомягкими называют материалы с высокой начальной проницаемостью  $\mu$  и малой коэрцитивной силой  $H$ . Магнитомягкие материалы применяются в трансформаторах, генераторах, переключателях. К числу таких материалов относятся чистое железо (Fe), трансформаторная сталь (сплав железа с кремнием), альсиферы (сплавы Fe-Si-Al), пермалои (Fe+78.5%Ni), супермалои (Fe-5%, Mo-79%, Ni).

Магнитотвёрдыми материалами называют материалы с высокой коэрцитивной силой малой начальной проницаемостью.

Примером магнитотвёрдых материалов является сплав типа альнико (51%Fe; 8%Al; 14%Ni; 24%Co; 3%Cu), марганцово - алюминиевый сплав 71ГЮ (71% Mn; Al остальное). Магнитотвёрдые материалы применяют для изготовления двухполюсных и многополюсных магнитов.

Электротехнические стали принято маркировать буквой Э, первая цифра соответствует содержанию кремния в процентах, вторая – удельные потери на перемагничивание (1 – нормальные удельные потери, 2 – пониженные, 3 – низкие), 0 в конце марки указывает, что сталь холоднокатаная текстурованная, 00 – холоднокатаная малотекстурованная. Следовательно, горячекатаные сорта сталей маркируются Э11, Э12, Э21, Э32, Э41, Э43. Холоднокатаные стали маркируются Э1100, Э310, Э3100.

**Сплавы с высоким электросопротивлением.** В электротехнической промышленности электросопротивление находит применение в

двух областях: как сопротивления-нагреватели и как сопротивления для измерительных приборов.

Нагреватели должны обладать хорошей окалиностойкостью и достаточной прочностью при высоких температурах, что бы при работе сохранять форму.

Наиболее часто как нагревательные элементы используют сплав хрома и никеля – нихром: X20H80; ферронихром: X15H60; а также нихром легированный титаном X20H80T, X20H80T3.

Также применяют хромоалюминиевые сплавы на основе железа – фехраль: X13Ю4, X13Ю14, X17Ю5, или 0X25Ю5А, 0X27Ю5А – хромали.

Для сопротивления в приборах применяют – никелин (67%Cu; 3%Mn; 31%Ni), константан (54%Cr; 1%Mn; 45%Ni), манганин (86%Cu; 1%Mn; 2%Ni) и мельхиор (60%Cu; 17%Ni; 23%Zn). Данные сплавы имеют сопротивление примерно в три-четыре раза более низкое по сравнению со сплавами для нагревательных элементов и низкую рабочую температуру, при этом они обладают высокой стабильностью свойств.

### 3. ЧУГУН

Чугуном называется сплав железа с углеродом, не претерпевающий полное аустенитное превращение. При метастабильном равновесии к чугунам относятся сплавы железа с углеродом, содержание углерода – более 2,14%. Кроме углерода в чугуне имеются примеси кремния, марганца, фосфора, серы и других элементов, но их количество и влияние на структуру и свойства чугуна иные, чем в стали.

Свойства чугуна в значительной степени определяются содержанием постоянных примесей.

Механические свойства и области применения чугуна определяются его структурой, в которой важнейшую роль играет углеродная составляющая сплава. Углерод содержится в чугуне в виде графита и в химически связанном состоянии, в виде цементита  $Fe_3C$ . Углерод способствует графитизации чугуна, понижает температуру его плавления, обеспечивает жидкотекучесть и способность хорошо заполнять литейную форму.

Содержание кремния в чугунах колеблется в пределах 0,5–4,5%. Он растворяется в феррите и способствует процессу графитизации чугуна.

Содержание марганца в чугунах колеблется в пределах 0,5–1,5%. Он препятствует графитизации и увеличивает склонность чугуна к отбеливанию, т. е. образованию цементита.

Содержание фосфора в чугуне доходит до 0,8% и более. Он в количестве до 0,5% является полезной примесью, улучшающей литейные свойства чугуна. При содержании фосфора свыше 0,5% увеличивается износостойкость и улучшаются литейные свойства чугуна, но ухудшается его обрабатываемость и увеличивается хрупкость.

Содержание серы в чугуне доходит до 0,08%. Она сильно способствует отбеливанию чугуна, уменьшает его жидкотекучесть и ухудшает заполняемость литейной формы.

**Белый чугун** содержит углерод в виде химического соединения  $Fe_3C$ . В связи с большим количеством цементита ( $Fe_3C$ ) он имеет высокую твердость ( $HB > 7000$  МПа), хрупкость, износостойкость, плохую обрабатываемость режущим инструментом. Белый или отбеленный чугун применяется для изготовления валков, прокатных станов, катков дорожных машин, колес вагонов, шаров мельниц, лемехов плугов, тормозных колодок и других деталей машин.

**Серый чугун** в основном содержит углерод в виде пластинчатого графита. По структуре стальной основы серые чугуны делятся на ферритные, феррито-перлитные, перлитные и перлитно-цементитные. Включения пластинчатого графита имеют низкие механические свойства, ослабляют стальную основу, влияя на серый чугун подобно действию надрезов.

Чем больше размер и количество пластинок графита, тем ниже механические свойства серого чугуна. Ниже приведены марки серых чугунов (ГОСТ 1412):

СЧ10	СЧ20	СЧ30
СЧ15	СЧ25	СЧ35

По требованию потребителя допускаются марки серого чугуна СЧ18, СЧ21 и СЧ24.

Пример расшифровки: СЧ15 – серый чугун, предел прочности на растяжение  $\sigma_B \geq 150$  МПа.

Серые чугуны имеют хорошие литейные и высокие антифрикционные свойства, хорошую обрабатываемость резанием, способность гасить вибрации, нечувствительны к надрезам. Эти свойства обуславливают широкое применение серых чугунов в машиностроении для изготовления корпусных деталей, блоков двигателей, станин станков, гильз цилиндров, поршневых колец и других корпусных деталей.

**Ковкий чугун** содержит углерод в виде хлопьевидного графита. Его получают из белого чугуна путем специального графитизирующего отжига. Процесс отжига проходит в две стадии. Первая стадия заключается в нагреве отливок белого чугуна до температуры 850 – 1000 °С в течение 20 – 25 часов и выдерживается при этой температуре в течение 10 – 15 часов. К концу первой стадии графитизации чугун состоит из аустенита углерода отжига. Вторую стадию отжига проводят при температуре 720 – 740 °С в течение 25 – 30 часов.

Марки ковких чугунов (ГОСТ 1215) следующие:

КЧ30-6	КЧ37-12	КЧ55-4	КЧ70-2
КЧ33-8	КЧ45-7	КЧ60-3	КЧ80-1,5
КЧ35-10	КЧ50-5	КЧ65-3	

Пример расшифровки: КЧ30-6 – ковкий чугун, предел прочности на растяжение  $\sigma_b \geq 300$  МПа, относительное удлинение  $\delta \geq 6\%$ .

Ковкий чугун не куется, но имеет бóльшую пластичность по сравнению с серым чугуном. Его применяют для изготовления картера рулевого механизма и картера заднего моста некоторых автомобилей, пальцев режущих аппаратов косилок и жаток, звездочек сельхозмашин и других деталей, работающих в условиях динамических нагрузок и имеющих небольшие размеры.

**Высокопрочный чугун** содержит углерод в виде шаровидного графита. Его получают модифицированием расплавленного чугуна перед разливкой магнием или церием и кремнием. Ниже приведены марки некоторых высокопрочных чугунов (ГОСТ 7293):

ВЧ35	ВЧ45	ВЧ60	ВЧ80
ВЧ40	ВЧ50	ВЧ70	ВЧ100

Пример расшифровки: ВЧ50 – высокопрочный чугун, предел прочности на растяжение  $\sigma_b \geq 500$  МПа.

Высокопрочный чугун применяется для изготовления рабочих клетей прокатных станов, прокатных валков, станин молотов, станин металлорежущих станков, корпусных деталей двигателей коленчатых валов и других ответственных деталей машин.

**Легированные чугуны.** Существует несколько марок легированных чугунов, принципы маркировки легированных чугунов схожи с принципом маркировки легированной стали, буквы и цифры в обозначении те же что и в марках стали, к ним относятся:

*Антифрикционный чугун* (ГОСТ 1585): (марки АЧС-1, АЧС-2, АЧС-3, АЧК-1, АЧК-2, АЧВ-1, АЧВ-2 и др.) применяется для изготовления деталей подвижных сопряжений, используется в качестве под-

шипниковых сплавов. Для легирования антифрикционных чугунов используется хром, медь, никель, титан.

Пример расшифровки: АЧ - антифрикционный чугун, С – серый, К – ковкий, В – высокопрочный, цифры – условные номера.

*Жаростойкий чугун* (ГОСТ 7769): (марки ЖЧХ-0,9; ЖЧХ-1,5; ЖЧХ-2,5; ЖЧХ-5,5; ЖЧСШ-5,5-0,1; ЖЧНДХ-15 7-2 и др.) применяется для изготовления деталей, работающих при температуре до 1100°C.

Чугуны марки ЖЧХ отличаются повышенной коррозионной стойкостью в газовой, воздушной, щелочной средах, в условиях трения и износа, жаростоек в воздушной среде до 500°C, (ЖЧХ2 до 600°C; ЖЧХ3 – до 650°C; ЖЧХ16 – до 900°C), износостоек при нормальной и повышенной температуре. Применяется для изготовления холодильных плит доменных печей, колосников, деталей коксохимических установок, детали газовых двигателей и компрессоров, горелок, кокилей, выхлопных коллекторов дизелей. Чугун ЖЧХ30 кислото- и жаростоек в воздушной среде до 1100°C, устойчив в сернистых средах против абразивного износа, высокопрочен при нормальной и повышенных температурах. Применяется для изготовления сопел песко- и дробеструйных аппаратов.

Пример расшифровки: ЖЧХ-2,5 – жаростойкий чугун, содержит 2,5% Cr.

Химический состав и механические свойства некоторых марок чугуна представлены в приложении, табл. 6.

#### 4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие материалы называют сталями?
2. Как влияет содержание углерода на механические свойства сталей?
3. Назовите постоянные примеси стали.
4. Как классифицируются стали по химическому составу?
5. Что определяет качество стали?
6. Какие стали называются легированными?
7. Как маркируются конструкционные углеродистые стали обыкновенного качества?
8. Принцип маркировки конструкционных качественных сталей.
9. Принцип маркировки конструкционных легированных сталей.
10. Какие стали относятся к сталям с особыми свойствами?
11. Что называется чугуном?

12. Виды чугунов.
13. Какие постоянные примеси находятся в чугуне?
14. Принцип маркировки серых, ковких и высокопрочных чугунов.
15. Принцип маркировки легированных чугунов.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1. Индивидуальные задания

Номер варианта	Марки материалов				
1	Ст5	45А	15Х	110Г13Л	АЧС-2
2	ВСт3	15кп	20Г	Л53	СЧ-10
3	Ст0	08кп	30ХС	ШХ4	ВЧ-35
4	БСт2	10	35ХГ2	ШХ15	ЖЧХ-1,5
5	Ст3	25Л	50ХН	40Х9С2	КЧ-30-6
6	БСт2Г	30пс	10Г2С	08Х13	АЧС-1
7	Ст1кп	35Л	15Г2СФ	ХН70Ю	СЧ-18
8	БСт0	40пс	35ГС	95Х18	КЧ-33-8
9	Ст4пс	35сп	40ХА	ШХ6	ВЧ-40
10	Ст5Г	50Л	35Г2	ШХ9	АЧС-3
11	Ст6	55	20ХГР	А12	АЧК-1
12	Ст6сп	65Г	20ХН	А30	СЧ-15
13	Ст5пс	80	35ХГН	А45Е	КЧ-35-10
14	ВСт3сп	20кп	20ХГНР	60С2А	ВЧ-45
15	Ст2кп	25пс	35Х2Н2	55С2	АЧК-2
16	Ст3пс	50А	38Х2НМ	65С2ВА	ЖЧХ-5,5
17	Ст4сп	35Л	15ХМ	12ХМФ	СЧ-25
18	ВСт3Г	45А	60С2А	15Х5М	КЧ-37-12
19	ВСт3пс	05кп	12МХ	ШХ15СГ	ВЧ-50
20	ВСт3сп	08кп	18Г2ФД	ШХ4	АЧВ-1
21	БСт4пс	15пс	38Х2МЮ	15Х25Т	ЖЧС-5,5
22	БСт4сп	20пс	20ХНР	10Х23Н18	КЧ-50-5
23	ВСт5сп	15кп	25ХГТ	ХН78Т	ВЧ-60
24	БСт5пс	45А	20ХНЗА	Х20Н80	АЧВ-2
25	БСт5сп	35	10Г2БД	08Х18Т12	ЖЧХ-2,5
26	ВСт2кп	65Г	10ХСНД	50ХФА	СЧ-30
27	ВСт2Г	75	12ГС	АС45Г	КЧ-55-4
28	БСт3Г	60	25Г2С	АС12ХН	ВЧ-70
29	БСт3кп	55	38ХА	А30	ВЧ-100
30	БСт3пс	35пс	40ХФА	ШХ9	АЧВ-1

Таблица 2. Механические свойства и химический состав некоторых конструкционных сталей обыкновенного качества

Марка материала	Механические свойства, гр. А			Химический состав, гр. Б и В			
	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta$ , %	C, %	S+P, %	Mn, %	Si, %
Ст0	310	--	23	$\leq 0,23$	0,13	-	-
Ст1кп	310-400	--	35	0,06 – 0,12	0,09	0,25 – 0,5	$\leq 0,05$
Ст1пс	320-420	--	34				0,05 – 0,17
Ст1Гпс	320-430	--	34				$\leq 0,15$
Ст2кп	330-420	220	33	0,09 – 0,15	0,09	0,25 – 0,5	$\leq 0,07$
Ст2сп	340-440	230	32				0,12 – 0,3
Ст2Гпс	340-450	230	32				$\leq 0,15$
Ст3пс	380-500	250	26	0,14 - 0,22	0,09	0,4 – 0,65	0,05 – 0,17
Ст3Гпс	380-500	250	26				$\leq 0,15$
Ст4кп	410-540	260	25	0,18 – 0,27	0,09	0,4 – 0,7	$\leq 0,07$
Ст4Гпс	415-540	270	24				$\leq 0,15$
Ст5сп	490-635	290	20	0,28 – 0,37	0,09	0,5 – 0,8	0,15 – 0,35
Ст5Гпс	545-590	290	20	0,22 – 0,3			0,8 – 1,2
Ст6пс	590	320	15	0,38 – 0,49	0,09	0,5 – 0,8	0,05 – 0,17

Таблица 3. Механические свойства и химический состав некоторых конструкционных качественных сталей

Марка материала	Механические свойства стали*					Химический состав стали			
	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_t$ , МПа	$\delta$ , %	НВ, МПа	КСУ, МДж/м <sup>2</sup>	С, %	S+P, %	Mn, %	Si, %
05кп	280	-	15	1200	--	≤ 0,06	0,04–0,035	≤ 0,4	≤ 0,07
08кп	320	196	33	1310	--	≤ 0,10		0,25–0,50	
10кп	330	205	31	1430	--	0,07–0,14		0,40–0,70	≤ 0,12
15пс	370	225	27	1490	--	0,12–0,18		0,50–0,80	0,17–0,37
20	410	245	25	1630	--	0,17–0,24			
25	450	275	23	1700	0,88	0,22–0,30			
30	490	295	21	1790	0,78	0,27–0,35			
40	570	335	19	2170	0,59	0,37–0,45			
45	600	355	16	2290	0,49	0,42–0,50			
45А									
50	630	375	14	2400	0,39	0,48–0,56	0,035–0,035		
55	650	380	13	2550	--	0,52–0,60			
65	700	415	10	2550	--	0,62–0,70			
65Г						0,50–0,80			
70						0,67–0,75			
85	780	445	7	2750	--	0,82–0,90			

\* Механические свойства в нормализованном или отожжённом состоянии, максимальное значение.

**Таблица 4. Дополнения к марочным обозначениям высоко- и особовысококачественных сталей**

Дополнение к марочному обозначению стали	Первичная обработка	Последующий переплав
ВД	Вакуумно-дуговой переплав	–
ВИ	Вакуумно-индукционная выплавка	–
ИД	То же	Вакуумно-дуговой
ИП	То же	Плазменно-дуговой
ИШ	То же	Электрошлаковый
ИЛ	То же	Электронно-лучевой
ГР	Газокислородное рафинирование	–
П	Плазменно-дуговой переплав	–
ПТ	Плазменная выплавка	–
ПД	То же	Вакуумно-дуговой
ПЛ	То же	Электронно-лучевой
ПП	То же	Плазменно-дуговой
ПШ	То же	Электрошлаковый
СП	Обработка синтетическим шлаком	–
Ш	Электрошлаковый переплав	–
ШД	То же	Вакуумно-дуговой
ШЛ	То же	Электронно-лучевой
ШП	То же	Плазменно-дуговой
ЭЛ	Электронно-лучевой переплав	–

Таблица 5. Механические свойства и химический состав некоторых конструкционных легированных сталей

Марка материала	Механические свойства стали**					Химический состав стали					
	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta$ , %	НВ, МПа	KCU, МДж/м <sup>2</sup>	C, %	S+P, %	Mn, %	Si, %	Другие элементы*, %	
15X	690	490	12		0,69	0,12–0,18	0,035+0,035	0,4–0,7	0,17–0,37	Cr 0,7–1,0	
30ХРА	1570	1275	9		0,69	0,27–0,33	0,025+0,025	0,5–0,8		Cr 1,0–1,3	
15Г	415	245	26		—	0,12–0,19	0,035+0,035	0,7–1,0		—	
45Г2	687	402	11		—	0,41–0,49		1,4–1,8		—	
25ХГТ	1275	980	9		0,59	0,22–0,29		0,8–1,1		Cr–1,3; Ti–0,09	
35ХГФ	912	784	14		0,78	0,31–0,38		0,9–1,2		Cr–1,3; V–0,12	
20ХНР	1176	981	10		0,88	0,16–0,23		0,6–0,9		Cr–1,3; Ni–1,1	
15ХМ	440	275	21		1,18	0,11–0,18		0,4–0,7		Cr–1,3; Mo–0,55	
38ХС	930	736	12		0,69	0,34–0,42		0,3–0,6		1,0–1,4	Cr 1,3–1,6
20ХГСА	784	637	12		0,69	0,22–0,28		0,025+0,025		0,8–1,1	0,9–1,2
20ХН	784	588	14		0,78	0,17–0,23	0,035+0,035	0,4–0,7	0,17–0,37	Cr–0,75; Ni–1,4	
12ХНЗА	932	687	11		0,88	0,09–0,16	0,025+0,025	0,3–0,6		Cr–0,9; Ni–3,15	
20Х2Н4А	1128	932	10		0,88	0,16–0,22				Cr–1,6; Ni–3,65	
110Г13Л	830	380	53	2690	3,5	0,90–1,40	0,05+0,12	11,5–15,0	0,8–1,0	Cr–1,0; Ni–1,0	
40Х9С2	880	640	20	3000	0,9	0,35–0,45	0,025+0,030	0,4–0,7	2,0–3,0	Cr–10,0; Ni–0,6	
40Х13	700	500	15	2500	0,6	0,36–0,45	0,035+0,035		0,17–0,37	Cr–14,0; Ni–0,6	

\* Максимальное содержание прочих легирующих элементов. \*\* Механические свойства после термической обработки.

Таблица 6. Механические свойства и химический состав некоторых марок чугуна

Марка материала	Механические свойства стали**				Химический состав стали				
	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{10}$ , МПа	$\delta$ , %	НВ, МПа	С, %	S+P, %	Mn, %	Si, %	Другие элементы*, %
СЧ-10	100	---	---	1200–2050	3,5–3,7	0,15+0,3	0,5–0,8	2,2–2,6	---
СЧ-15	150	---	---	1300–2410	3,5–3,7	0,15+0,5	0,5–0,8	2,2–2,4	---
СЧ-30	300	---	---	1630–2700	3,0–3,2	0,12+0,2	0,7–1,0	1,3–1,9	---
СЧ-35	350	---	---	1790–2900	2,9–3,0	0,12+0,2	0,7–1,1	1,2–1,5	---
КЧ 30-6	294	---	6	1000–1630	2,6–2,9	0,2+0,18	0,4–0,6	1,0–1,6	Cr–0,08
КЧ 37-12	362	---	12	1100–1630	2,4–2,7	0,06+0,12	0,2–0,4	1,2–1,4	Cr–0,06
КЧ 55-4	539	---	3-4	1920–2410	2,5–2,8	0,2+0,1	0,3–1,0	1,1–1,3	Cr–0,08
КЧ 80-1,5	784	---	1,5	2700–3200	2,4–2,7	0,06+0,1	0,3–1,0	1,2–1,4	Cr–0,08
ВЧ 35	350	220	22	1400–1700	2,7–3,8	0,02+0,1	0,2–0,6	0,8–2,9	Cr–0,05
ВЧ 40	400	250	15	1400–2020	2,7–3,8	0,02+0,1	0,2–0,6	0,5–2,9	Cr–0,15 Ni–0,6 Cu–0,6
ВЧ 80	800	480	2	2480–3510	3,2–3,6	0,01+0,1	0,4–0,7	2,6–2,9	
ВЧ 100	1000	700	2	2700–3600	3,2–3,6	0,01+0,1	0,4–0,7	2,6–2,9	
АЧС - 1	---	---	---	1800–2410	3,2–3,6	0,12+0,3	0,6–1,2	1,3–2,0	Cr–0,4; Ni–0,8 Cu–2,0
АЧК - 2	---	---	---	1670–1970	2,3–3,0	0,12+0,15	0,3–0,6	0,8–1,3	Cr–0,4; Ni–0,8 Cu–1,5
АЧВ - 1	---	---	---	2100–2600	2,8–3,5	0,03+0,2	0,5–1,2	1,8–2,7	Cr–0,4; Ni–0,8 Cu–0,7; Mg–0,03
ЧН2Х	290	---	---	2150–2800	3,0–3,6	0,12+0,25	0,6–1,1	1,2–2,0	Cr–0,4; Ni–1,5 Cu–0,7; Mg–0,03

\* Максимальное содержание прочих легирующих элементов. \*\* Механические свойства после термической обработки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Материаловедение. Изд. 2-е. / Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин [и др.]. М.: Машиностроение, 1986.
2. Материаловедение. / О.В. Травин, Н.Т. Травина. М.: Металлургия, 1989. 384 с.
3. Материаловедение и конструкционные материалы. / Л.С. Пинчук, В.А. Струк, Н.К. Мышкин [и др.]. Минск.: Выш. шк., 1989. 461 с.
4. Марочник сталей и сплавов / под ред. В.Г. Сорокина. М.: Машиностроение, 1989. 640 с.
5. Выбор материала деталей машин: метод. указания / Бел. с.-х. акад.; сост. Н.А. Шиллов, В.А. Валетов. Горки, 1992. 56 с.
6. Материаловедение и технология конструкционных материалов / под. ред. В.С. Чердниченко. М.: Омега – Л, 2006. 762 с.