

# УПРАЖНЕНИЕ №1

## КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА СТАЛЕЙ И ЧУГУНОВ

*Цель работы:* изучение классификации, состава и маркировки сталей и чугунов.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В различных отраслях промышленного производства наибольшее применение получили чёрные металлические сплавы - стали и чугуны.

*Сталь* - сплав железа (основа) с углеродом (до 2,14%), всегда содержит в определенных количествах постоянные примеси: марганец, кремний, серу, фосфор и газы (кислород, азот, водород).

*Чугун* - сплав железа с углеродом (более 2,14% до 6,67%). Чугун также содержит постоянные примеси и газы.

И в стали, и в чугуны вводят различные легирующие элементы с целью повышения механических характеристик и получения специальных свойств.

### 2. КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА СТАЛЕЙ

*Стали классифицируют* по следующим признакам: химическому составу, способу производства, качеству, степени раскисления, назначению и структуре.

*По химическому составу* различают стали углеродистые и легированные. Сталь, содержащая железо, углерод и постоянные примеси в количестве до 0,5-0,8%Mn; 0,3-0,4%Si (содержание серы и фосфора определяются качеством стали) называется *углеродистой*.

Если же в процессе выплавки стали к ней добавляют легирующие элементы - хром, никель, ванадий и др., а также марганец и кремний в повышенном количестве по сравнению с углеродистой, то такую сталь называют *легированной*.

*Углеродистые стали* по содержанию в них углерода подразделяют на низкоуглеродистые (до 0,3 % C), среднеуглеродистые (0,3 - 0,7%С) и высокоуглеродистые (более 0,7 % C).

Легированные стали в зависимости от наличия в них легирующих элементов называют хромистыми, кремнистыми, хромоникелевыми и т.п., а в зависимости от общего содержания легирующих элементов подразделяют на низколегированные - до 3 %, среднелегированные от 3 до 10 % и высоколегированные - более 10 %.

*По способу производства* различают стали мартеновские (выплавка в мартеновских печах) – переработка чугуна, металлического лома и отходов металлургического производства; бессемеровские (конвертерные) – выплавляемые в конверторах с продувкой кислородом, однородны по составу, имеют низкое содержание азота, серы и фосфора; электростали, выплавляемые в электрических печах, по качеству превосходят все остальные виды и, наконец, стали особых методов выплавки (индукционный нагрев, магнитное перемешивание и т.д.).

*По качеству* стали классифицируют на обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особо высококачественные.

Критерием качества стали является, главным образом, содержание вредных примесей - серы и фосфора. Стали обыкновенного качества содержат до 0,060 % S и 0,070 % P, качественные - до 0,040 % S и 0,035 % P, высококачественные - не более 0,025 % S и 0,025 % P, а особо высококачественные - не более 0,015 % S и 0,025 % P.

Необходимо отметить, что углеродистые стали могут быть обыкновенного качества и качественные, а легированные только качественные или высококачественные (особо высококачественные).

*По степени раскисления* стали делят на спокойные (сп) - полностью раскисленные ферромарганцем, феррокремнием и алюминием; кипящие (кп) - частично раскисленные только ферромарганцем, в ней сохраняется много окиси железа, которая взаимодействует с углеродом, выделяя газ СО (пузырьки газа создают впечатление “кипения”); полуспокойные (пс) – раскисленные ферромарганцем и алюминием – промежуточное положение между кипящей и спокойной сталями. Степень раскисления стали указывается в конце обозначения марки, например, Ст3кп, БСт2пс, ВСт1сп.

По назначению стали подразделяют на конструкционные (для изготовления деталей машин и конструкций), инструментальные (для различного рода инструмента) и специальные стали с особыми свойствами (с коэффициентом расширения, магнитные и др.).

### *Маркировка сталей*

Для сталей в России принята буквенно-цифровая маркировка. Цифры и буквы указывают на приблизительный состав стали.

1. Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества в соответствии с ГОСТ380-88 поставляют трех групп:

- группа А - с гарантируемыми структурой и механическими свойствами ( $\sigma_B, \sigma_T, \delta$ );

- группа Б - с гарантируемым химическим составом, допускается наличие хрома, никеля, меди в количестве не более 0,30 % каждого элемента;

- группа В - с гарантируемыми механическими свойствами и химическим составом.

Маркируют стали обыкновенного качества буквами Ст и условным номером от 0 до 6.

Если сталь относится к группе А, то обозначение группы в марке не указывают: Ст0, Ст1, Ст2...Ст6.

Если сталь относится к группе Б, то в начале марки ставят букву "Б": БСт0, БСт1 ... БСт6.

Стали группы В маркируют: ВСт1, ВСт2 ... ВСт5.

Стали всех групп с номером марок 1 - 4 производят кипящими, полуспокойными и спокойными, а с номерами 5 и 6 - только полуспокойными и спокойными.

Стали обыкновенного качества используют для изготовления листов, полос, прокатных профилей, труб, а также для деталей в мостостроении и судостроении.

2. Углеродистые качественные конструкционные стали (ГОСТ1050-88) обозначают двузначным числом, показывающим среднее содержание углерода в стали в сотых долях процента. Например, стали марок 08, 20, 45 содержат в среднем соответственно 0,08%; 0,20%; 0,45% углерода.

Из них может быть изготовлена большая номенклатура деталей от шайб, втулок, шестерён, шпинделей, шатунов до деталей, работающих в условиях трения (рессоры и пружины).

3. Углеродистые качественные инструментальные стали (ГОСТ1435-90) маркируют следующим образом: впереди ставят букву У, за ней цифру (от 7 до 13), указывающую среднее содержание углерода в десятых долях процента. Например, сталь марки У9 содержит в среднем 0,9 % С; У12 - 1,2 % С и т.д.

Для высококачественных углеродистых инструментальных сталей в конце обозначения марки стали ставят букву А. Например, У7А, У13А.

Из этих сталей может быть изготовлен режущий инструмент – резцы, напильники и др., работающий с небольшими скоростями резания, а также штампы для холодного деформирования для обработки малопрочных материалов.

4. Легированные конструкционные стали (ГОСТ 4543-71) маркируют двухзначным числом, показывающим среднее содержание углерода в сотых долях процента, далее следуют буквы и цифры. Буквы обозначают легирующие элементы (например, Б – ниобий, В – вольфрам, Г – марганец, Д – медь, К – кобальт, М – молибден, Н – никель, Р – бор, С – кремний, Т – титан, Ф – ванадий, Х – хром, Ю – алюминий). Цифры после букв показывают примерное содержание соответствующего легирующего элемента в целых процентах. Если цифра после буквы отсутствует, это означает, что содержание данного легирующего элемента в стали составляет примерно 1 %. Для высококачественных сталей в конце обозначения марки ставят букву А. Например, сталь марки 12Х2Н4А содержит в среднем 0,12 % С,  $\approx 2$  % Cr,  $\approx 4$  % Ni и является высококачественной.

Конструкционные легированные стали широко применяются в автомобильной промышленности, строительстве и тяжёлом машиностроении для деталей машин и механизмов, работающих в условиях сложного нагружения под действием статических, динамических и знакопеременных нагрузок.

5. Легированные инструментальные стали (ГОСТ 5950-73) маркируют однозначным числом, показывающим среднее содержание углерода в десятых долях процента, далее следуют буквы и цифры. Принцип обозначения легирующих элементов и их содержание в этих сталях аналогичен с маркировкой конструкционных. Если же сталь начинается с буквы (кроме буквы

У), то в стали около 1 % С. Например, сталь марки 9ХС содержит в среднем 0,9 % С,  $\approx 1$  % Cr,  $\approx 1$  % Si; сталь марки ХВГ содержит  $\approx 1$  % С,  $\approx 1$  % Cr,  $\approx 1$  % W,  $\approx 1$  % Mn.

Инструментальные легированные стали применяют для изготовления всех видов инструментов: режущего (резцы, развёртки, протяжки), штампованного (штампы для холодного и горячего деформирования), измерительного (калибры, меры, шаблоны).

6. Специальные стали это высоколегированные стали, в которых содержание легирующих элементов более 10 %, обладающие особыми свойствами, например, коррозионностойкие стали (ГОСТ 5632-72), обладающие высокой химической стойкостью в агрессивных средах. В состав коррозионностойкой стали обязательно входят хром и никель, причём содержание хрома должно быть более 12 %, а маркировка сохраняет принципы маркировки легированных сталей: сталь марки 17Х18Н9 содержит 0,17 % С,  $\approx 18$  % Cr,  $\approx 9$  % Ni.

Эти стали применяют для изготовления клапанов гидропрессов, лопаток турбин, карбюраторных игл и других деталей машин, подвергающихся действию атмосферных осадков, воды, водных растворов солей и других агрессивных сред при комнатной температуре или до 400<sup>0</sup> С.

Некоторые специальные стали имеют маркировку, отличающуюся от вышеизложенных правил:

- углеродистые автоматные стали (ГОСТ 1414-75) с повышенным содержанием серы и фосфора, а иногда с добавлением небольшого количества Pb, Ca, Mn и др., обладающие хорошей обрабатываемостью резанием, применяют для изготовления деталей на металлорежущих станках-автоматах. Автоматные стали маркируют буквой А и цифрами, указывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента; например, А12 - автоматная сталь с содержанием углерода в среднем 0,12%;

- шарикоподшипниковые стали (ГОСТ 801-83) применяют для изготовления подшипников качения и других деталей, работающих в условиях трения, должны обладать высокой контактной прочностью и износостойкостью, содержат около 1 % С с обязательным наличием хрома (0,4-1,9 %). Шарикоподшипниковые стали маркируются буквой “Ш”, далее буква “Х” – хром,

содержание которого указывается в десятых долях процента. Из этих сталей изготавливают шарики и ролики подшипников, подшипниковые кольца, корпуса и направляющие;

- быстрорежущие стали (ГОСТ 19265-73) применяют для изготовления режущего инструмента (резцы, свёрла, фрезы и т.д.), работающего при высоких скоростях резания. Марки этих сталей обозначают русской буквой Р (rapid - быстрый), а следующая за ней цифра указывает среднее содержание основного легирующего элемента вольфрама в процентах. Например, Р18 - быстрорежущая сталь, содержащая около 1 % С и 18 % W, а также  $\approx 4$  % Cr и около 2,5 % V, но это не внесено в марку;

- стали, применяемые для получения отливок (ГОСТ 977-88), имеют в своем обозначении букву Л. Например, 15Л - сталь для отливок, содержащая в среднем 0,15 % С. Из этих сталей отливают втулки, шестерни и т.д.

### 3. КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА ЧУГУНОВ

Как уже отмечалось выше, по сравнению со сталью, чугун имеет более высокое содержание углерода (практически от 2 до 4 %). Углерод в чугуне может находиться в двух состояниях: в связанном - в виде химического соединения  $Fe_3C$ , которое называется цементит, либо в свободном - в виде графита.

В зависимости от состояния углерода в чугуне различают:

- *белый чугун*, в котором весь углерод находится в связанном состоянии. Название он получил по цвету излома. Имеет высокую твердость, хрупкость, практически не поддается обработке резанием и поэтому не нашел применения в качестве конструкционного материала и используется для передела в сталь и ковкий чугун;

- *серый чугун*, в котором весь углерод или его большая часть находится в свободном состоянии в виде графита пластинчатой формы, а остальная часть - в связанном состоянии в виде карбида железа  $Fe_3C$ . В изломе имеет темно-серый цвет. Серый чугун маркируется (ГОСТ 1412-85) буквами СЧ с добавлением цифры, которая указывает предел прочности чугуна при растяжении ( $\sigma_B$ ). Например, СЧ20 - серый чугун, имеющий  $\sigma_B=200$ МПа или 20кгс/мм<sup>2</sup>.

Серый чугун широко применяется в машиностроении как конструкционный материал для изготовления станин станков, тормозных барабанов, поршневых колец и т.д.;

- *ковкий чугун*, в котором весь углерод или его большая часть находится в свободном состоянии в виде графита хлопьевидной формы. Ковкий чугун маркируют (ГОСТ 1215-59) буквами КЧ и двумя числами. Первое обозначает предел прочности при растяжении ( $\sigma_B$ ) в кг/мм<sup>2</sup>, второе - относительное удлинение ( $\delta$ ), %. Например, КЧ35-10 - ковкий чугун, имеющий  $\sigma_B=350$ МПа (35кгс/мм<sup>2</sup>) и  $\delta=10\%$ ;

Ковкие чугуны имеют более высокие характеристики пластичности по сравнению с другими чугунами (но это не значит, что его можно ковать). Применяется ковкий чугун для изготовления деталей, работающих при средних и высоких статических нагрузках (картеры автомобиля, ступицы, кронштейны, муфты и т.д.);

- *высокопрочный чугун*, в котором весь углерод или его большая часть находится в свободном состоянии в виде графита шаровидной формы. Имеет самые высокие прочностные свойства по сравнению с другими чугунами. Применяется для деталей машин, работающих в тяжелых условиях (в тяжёлом машиностроении – шабот молота, траверс прессы, прокатные валки и т.д.). Высокопрочный чугун маркируется (ГОСТ 7293-85) буквами ВЧ и цифрами, обозначающими предел прочности чугуна при растяжении ( $\sigma_B$ ), например, ВЧ50 - высокопрочный чугун, имеющий  $\sigma_B=500$ МПа (50кгс/мм<sup>2</sup>).

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить от преподавателя индивидуальное задание по классификации и маркировке сталей и чугунов (табл. 1).
2. Расшифровать обозначение каждой марки стали и чугуна. Указать, какой является сталь по содержанию углерода (низко-, средне- или высокоуглеродистой), по степени легированности (низко-, средне- или высоколегированной), качеству, назначению. Результат работы свести в табл. 2.
3. Представить преподавателю оформленный отчет по работе и ответить на контрольные вопросы.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование и цель работы.
2. Краткое описание системы классификации и маркировки сталей и чугунов.
3. Результаты выполнения задания (табл. 2).

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое сталь, чугун и их характеристики?
2. Как классифицируются стали по химическому составу?
3. Как классифицируются стали по содержанию углерода?
4. Как классифицируются стали по степени легированности?
5. Как можно подразделить стали по назначению?
6. Как классифицируются стали по способу производства, степени раскисления?
7. Как маркируются углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества, качественные и высококачественные стали?
8. Как маркируются углеродистые инструментальные стали?
9. Что такое легированная сталь?
10. Как маркируются легированные стали?
11. Что такое белый, серый, высокопрочный и ковкий чугуны, их характеристики, назначение?
12. Как маркируются серые, высокопрочные и ковкие чугуны?
13. В чём заключается основное отличие структуры белых и серых чугунов, причины этого отличия?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фетисов Г.П., Карпман М.Г. и др. Материаловедение и технология металлов. - М.: Высшая школа, 2000.
2. Дриц М.Е. и др. Технология конструкционных материалов и материаловедение. - М.: Высшая школа, 1990.
3. Марочник сталей и сплавов /Под ред. В.Г. Сорокина и др. - М.: Машиностроение, 1989.
4. Технология конструкционных материалов /Под ред. А.М. Дальского, -М.: Машиностроение, 1990.



5. Вернер А.К., Курбатова И.А., Парфеновская О.А. Краткий курс лекций по ТКМ.-МГИУ, 2005.

### ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАНЯТИЙ

Таблица 1

*Некоторые марки сталей и чугунов, применяемых в промышленности*

<i>№ варианта</i>	<i>Марки сплавов для изучения</i>					
1	Ст0;	08кп;	09Г2;	У7;	СЧ10;	40ХЛ;
2	Ст1пс;	10;	09Г2С;	У7А;	15Л;	СЧ15;
3	Ст2кп;	15;	30ХГТ;	У8;	20Л;	СЧ20;
4	Ст3;	20;	12Х2Н4А;	У8А;	25Л;	СЧ25;
5	БСт1кп;	25;	25ХГМ;	У9;	30Л;	СЧ30;
6	БСт2пс;	30;	40ХН;	У9А;	35Л;	СЧ35;
7	БСт3;	35;	38ХМА;	У10;	40Л;	ВЧ40;
8	Ст5;	40;	20Х;	У10А;	ВЧ45;	35ГЛ;
9	Ст6;	45;	12ХН3А;	У12;	ВЧ50;	40ХЛ;
10	БСт3кп;	55;	38ХГН;	У12А;	ВЧ60;	КЧ60-3;
11	ВСт4сп;	60;	30ХГСА;	Р9;	20Х13;	КЧ30-6;
12	БСт5пс;	09Г2;	У7;	12Х18Н9Т;	40Л;	КЧ63-2;
13	ВСт5сп;	14Г2;	ШХ15;	У13;	35Л;	КЧ50-4;
14	БСт6пс;	15ГФ;	ШХ20СГ;	У13А;	30Л;	КЧ45-6;
15	ВСт6;	17ГС;	ШХ15СГ;	Х12М;	12Х13;	КЧ35-10;
16	БСт4;	35ГС;	40ХФА;	ХВГ;	25Л;	КЧ33-8;
17	ВСт1сп;	09Г2С;	50ХФА;	Р18;	СЧ30;	35ГЛ;
18	Ст2пс;	25Г2С;	65;	30Х13;	У13А;	КЧ60-3;
19	Ст4кп;	15Х;	18ХГТ;	60Г;	У13;	КЧ63-2;
20	БСт2кп;	20Х;	15Г;	9ХС;	20Х13;	КЧ50-4;
21	БСт3;	30Х;	70;	50ХФА;	Р9;	КЧ45-6;
22	БСт6пс;	35Х;	60Г;	08Х17Т;	ХВГ;	КЧ35-10;
23	ВСт5сп;	38ХА;	75;	У12;	СЧ10;	40ХЛ;
24	БСт5пс;	40Х;	ШХ15СГ;	70;	08Х18Н10;	КЧ30-6;
25	ВСт4сп;	40Г;	30ХМ;	У10;	40Л;	ВЧ60;
26	БСт3кп;	35ГС;	55С2;	У9А;	12Х18Н9Т;	ВЧ50;
27	Ст6;	60С2;	У9;	Х12Ф1;	25Л;	ВЧ45;
28	Ст5;	09Г2;	12ХН3А;	У9;	35Л;	ВЧ40

Таблица 2

*Результаты работы по классификации и маркировке сталей и чугунов*

<i>Марка материала</i>	<i>Наименование материала</i>	<i>Расшифровка материала</i>	<i>Качество стали</i>	<i>Назначение материала</i>
------------------------	-------------------------------	------------------------------	-----------------------	-----------------------------