**Преподаватель: Клышников Игорь Дмитриевич**

**Группа 2 ТОС**

**Учебная дисциплина: Материаловедение**

**Дата проведения: 07.05.2020 г.**

**Практическое занятие № 4**

**Тема:** Маркировка сталей. Влияние легирующих элементов на равновесную структуру стали.

**Цель работы:** изучить виды, свойства и области применения сталей; ознакомиться со строением и свойствами структурных составляющих сталей.

**Порядок выполнения работы**

1. Записать в отчет тему и цель работы.
2. Изучить теоретическую часть работы.
3. Ознакомиться со справочной литературой.
4. Записать в отчет ответы на контрольные вопросы.
5. Сделать вывод по материалу практической работы.

**Контрольные вопросы**

1. Какие углеродистые стали относятся к сталям обыкновенного качества? Как они маркируются?

2. Что означают буквы Б, В в марке углеродистой стали?

3. Как маркируются качественные углеродистые стали? Как оценивается качество стали?

4. Для каких целей применяют стали марок 08, 20, 40, 60, 80?

5. Какова область применения углеродистых сталей обыкновенного качества?

6. Как классифицируются углеродистые стали по степени раскисления?

7. Какие элементы, кроме железа и углерода, присутствуют в составе угле­родистых сталей, какие из них вредные и почему? Что такое легированные стали? Их классификация.

**Краткие сведения из теории**

Сталь – сплав железа с углеродом. Содержание углерода в стали не превышает 2,4 %. Это дешевый и доступный материал, обладающий высокой механической прочностью. Сталь представляет большой интерес для использования в качестве проводникового материала.

Стали классифицируют по различным основаниям:

1. По способу производства (выплавки):

–Мартеновские стали – выплавленные в мартеновских печах (переработка чугуна, металлического лома и отходов металлургического производства).

– Кислородно-конверторные стали, выплавляемые в конверторах с продувкой кислородом. Эти стали однородны по составу, имеют низкое содержание азота, серы, фосфора.

– Электростали – выплавляемые в электрических печах, по качеству превосходят все остальные виды.

Нередко для повышения качества стали проводят рафинирование стали жидким шлаком в ковш (Ш) или дают электрошлаковый переплав (ЭШ). В некоторых случаях применяют вакуумно-дуговой переплав (ВД) или ведут выплавку в вакуумных печах (ВП). Это снижает загряз­ненность стали вредными примесями и газами.

2. По способу раскисления:

– Спокойные (СП) – хорошо раскисленные ферромарганцем, феррокремнием, алюминием. Эти стали застывают спокойно, у нихмало газовых пузырей,усадочную раковину отрезают, слиток плотный. Содержание кремния от 0,15 до 0,30 %.

– Кипящие стали (КП) – раскислены только ферромарганцем. В них сохраняется много закиси железа FO, которая взаимодействует с углеродом стали, выделяя газ СО. Пузырьки газа создают впечатление "кипения". Кремния больше 0,07 %. Нет усадочной раковины, однако много газовых пузырей.

– Полуспокойные (ПС) – раскислены ферромарганцем и алюминием, занимают промежуточное положение между сталями СП и КП. Кремния 0,05–0,15 %.

3. По содержанию элементов:

– Углеродистые – для отливок используют углеродистую сталь с содержанием углерода от 0,08 до 0,2 %. Для особо ответственных и специальных электрических машин, а также для машин с облегченной конструкцией требуется сталь с повышенными механическими свойствами – легированная никелем, ванадием, хромом, молибденом. Изделия из легированной стали после закалки для снятия напряжения должны подвергаться отпуску при температуре 650–950 ºС. Предел прочности при изгибе у легированных сталей от 500 до 950 МПа.

4. По назначению:

– конструкционные;

– инструментальные;

– стали с особыми свойствами.

**Углеродистые конструкционные стали**

**А. Стали обыкновенного качества**

Маркировка: буквы Ст – “сталь“ и цифры 0, 1, 2, ..., 6, определяющие условный номер марки. Чем выше номер, тем больше углерода в стали, выше прочность, ниже пластичность.

В зависимости от условий раскисления стали делят на виды: КП – кипящая сталь (< 0,05 % Si); ПС – полуспокойная сталь (0,05–0,15 % Si); СП – спокойная (0,05–0,30 % Si). Допустимое содержание серы – 0,04 %, фосфора – 0,05 %.

Стали обыкновенного качествабывают трех групп:

Группа А – гарантированы механические свойства (σВ, σТ, δ).

Применяются в горячекатаном состоянии для конструкций и деталей, изготавливаемых без применения горячей деформации и термической обработки (табл. 1).

Группа Б – гарантирован химический состав, допускается наличие хрома, никеля, меди в количестве больше 0,3 % каждого.

Эти стали применяют для изделий, изготовленных с применением тепловой обработки (ковка, сварка), их подвергают термической обработке (табл. 2).

К недостаткам углеродистых сталей обыкновенного качества можно отнести их малую прочность, они не хладостойки, т. е. не могут работать при низких температурах.

Таблица 1

Маркировка сталей.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка стали | % углерода | σв, МПа | σт, МПа | δ, % | Примечание |
|  |  |  | не менее | |  |
| Ст 0 | < 0,23 | > 310 | – | 20 | Буква А в маркировку не вносится. Для КП значения свойств σв, σт на 10 МПа меньше, а значение δ на 1 % больше, чем в сталях СП и ПС |
| Ст 1 | 0,06–0,12 | 320–420 | – | 31 |  |
| Ст 2 | 0,09–0,15 | 340–440 | 200 | 29 |  |
| Ст 3 | 0,14–0,22 | 380–480 | 210 | 23 |  |
| Ст 4 | 0,18–0,27 | 420–540 | 240 | 21 |  |
| Ст 5 | 0,28–0,37 | 500–640 | 260 | 17 |  |
| Ст 6 | 0,38–0,49 | 640–600 | 300 | 12 |  |

Таблица 2

Маркировка и состав сталей

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка стали | % углерода | Мn, % | Si, % | | | S, % Р, % | |
|  |  |  | КП | ПС | СП | не более | |
| Б Ст 0 | < 0,23 | – | – | – | – | 0,06 | 0,07 |
| Б Ст 1 | 0,06–0,12 | 0,25–0,5 | 0,05 | 0,05–0,17 | 0,12–0,3 | 0,05 | 0,04 |
| Б Ст 2 | 0,09–0,15 | 0,25–0,5 | 0,05 | 0,05–0,17 | 0,12–0,3 | 0,05 | 0,04 |
| Б Ст 3 | 0,14–0,22 | 0,3–0,65 | 0,07 | 0,05–0,17 | 0,12–0,3 | 0,05 | 0,04 |
| Б Ст 4 | 0,18–0,27 | 0,4–0,7 | 0,07 | 0,05–0,17 | 0,12–0,3 | 0,05 | 0,04 |
| Б Ст 5 | 0,28–0,37 | 0,5–0,8 | – | 0,05–0,17 | 0,12–0,3 | 0,05 | 0,04 |
| Б Ст 6 | 0,38–0,49 | 0,5–0,8 | – | 0,05–0,17 | 0,12–0,3 | 0,05 | 0,04 |

Группа В – гарантирован химический состав и механические свойства. Стали обычного качества используют для изготовления листов, полос, прутков, прокатных профилей, труб, а также для деталей в мостостроении, для железнодорожных колес, рельсов и т. д. Стали обыкновенного качества нередко имеют специализированное назначение (мосто-, судостроение и т. д.) и поставляются по специальным техническим условиям.

**Б. Качественные стали**

Маркировка – двумя цифрами, указывающими процент углерода в сотых долях – 08, 15, 40, ..., 70. Качество определяется содержанием вредных примесей (серы и фосфора), которое контролируется и должно быть < 0,035 %. Допускается марганец 0,35–0,8 %, кремний 0,17–0,37 %. Эти стали подразделяются по содержанию углерода (табл. 3):

1. *Низкоуглеродистые –* процентное содержание углерода (% С*)* < 0,25,имеют высокую пластичность, малую прочность, хорошую свариваемость. Стали 08, 08 кп, 10, 10 кп применяют без термической обработки для деталей, из­готавливаемых холодной штамповкой – лист, шайбы, прокладки, элементы сварных конструкций. Стали 15, 25, 30 используются для деталей, упрочняемых цементацией – оси шестерни, втулки и т. д.

2. *Среднеуглеродистые* – 35, 40, 45, 50 – применяются после улучшения или за­калки ТВЧ (в зависимости от требуемых свойств). После улучшения σ0,2 = 400–600 МПа, KCU – 0,5 мДж/м2. Используются для изготовления валов, шестерней, шпинделей, шатунов не­большого сечения, т. к.критический диаметр прокаливаем ости сталей – 10–12 мм.

3. *Высокоуглеродистые* – 60, 65, 70, 75, 80, 85 – применяются после закалки и отпуска или закалки ТВЧ для рессор, пружин, деталей, работающих в условиях трения, а также крупных деталей – прокатных валов, шпинделей и т. д.

Таблица 3.

Механические свойства сталей.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка стали | % углерода | Механические свойства после нормализации | | | | HB,  МПа | KCU, мДж/м2 |
| σв | σ0,2 | δ | ψ |
| МПа | | % | |
| 08 | 0,05–0,12 | 320 | 200 | 33 | 60 | 1310 | – |
| 10 | 0,07–0,14 | 340 | 210 | 31 | 55 | 1430 | – |
| 15 | 0,12–0,19 | 380 | 230 | 27 | 55 | 1490 | – |
| 20 | 0,17–0,24 | 420 | 250 | 25 | 55 | 1630 | – |
| 25 | 0,22–0,3 | 460 | 280 | 23 | 50 | 1700 | 0,9 |
| 30 | 0,27–0,35 | 500 | 300 | 21 | 50 | 1790 | 0,8 |
| 35 | 032–0,4 | 540 | 320 | 20 | 45 | 2070 | 0,7 |
| 40 | 0,37–0,45 | 580 | 340 | 19 | 45 | 2170 | 0,6 |
| 45 | 0,42–0,5 | 610 | 360 | 16 | 40 | 2290 | 0,5 |
| 50 | 0,47–0,55 | 640 | 380 | 14 | 40 | 2410 | 0,4 |
| 55 | 0,52–0,60 | 660 | 390 | 13 | 35 | 2550 | – |
| 60 | 0,57–0,65 | 690 | 410 | 12 | 35 | 2550 | – |
| 65 | 0,62–0,70 | 710 | 420 | 10 | 30 | 2550 | – |
| 70 | 0,67–75 | 730 | 430 | 9 | 30 | 2690 | – |
| 75 | 0,72–0,8 | 1100 | 900 | 7 | 30 | 2850 | – |
| 80 | 0,77–0,85 | 1100 | 950 | 6 | 30 | 2850 | – |
| 85 | 0,82–0,90 | 1150 | 1000 | 6 | 30 | 3020 | – |

Достоинством углеродистых качественных сталей является их невысокая стоимость, а также хорошая технологичность, достаточная прочность. Недостаток этих сталей – малая прокаливаемость.

Углеродистые литейные стали (ГОСТ 977-88) маркируются так же, но с добавлением буквы Л: 15Л, 20Л, 35Л, 40Л и т. д. и имеют тот же состав. От­ливки подвергают термической обработке.

Применение: детали, подвергаемые ударным нагрузкам – арматура, отливки станин, крупных прокатных валков, шестерен и т. д.

**В. Легированные стали**

***Легированные стали*** – стали системы железо – углерод – легирующий элемент. Легирующий элемент специально вводят в сталь для изменения ее свойств. Легирующие элементы, вступая во взаимодействие с углеродом, железом и друг с другом, образуют фазы, характерные только для легированных сталей.

Легирование дает возможность создания очень большого числа различных легированных сталей.

Классификация легированных сталей:

1. По химическому составу:

**л. э. % < 2,5 % – низколегированные;

л. э. % = 2,5–10 % – среднелегированные;

л. э. % > 10 % – высоколегированные стали;

л. э. % – общая сумма легирующих элементов в стали.

2. По качеству (содержанию вредных примесей):обыкновенного качества (0,04 % фосфора, 0,05 % серы); качественная (< 0,035 % фосфора, < 0,035 % серы); высококачественная (< 0,025 % фосфора, < 0,025 % серы); особо высококачественная (< 0,025 % фосфора, < 0,015 % серы).

3. По назначению:конструкционные, инструментальные, стали с особыми свойствами.

4. По структуре:

*В равновесном (отожженном) состоянии:*

Перлитный класс (доэвтектоидные, заэвтектоидные стали) – перлит и избыточный феррит или вторичный цементит.

Ферритный – легированный феррит (α), который не претерпевает полиморфного превращения ни при нагреве, ни при охлаждении.

Аустенитный – легированный аустенит (γ), который не претерпевает полиморфного превращения ни при нагреве, ни при охлаждении.

Полуферритный или полуаустенитный – феррит (α) + аустенит (γ); ледебуритный или карбидный – в литом состоянии в структуре присутствует карбидная эвтектика – ледебурит.

*В нормализованном состоянии* (после нагрева до 900° и охлаждения на воздухе): перлитный – перлит или перлит и избыточные фазы; бейнитный – бейнит; мартенситный – мартенсит; аустенитный – аустенит; карбидный (ледебуритный) – в структуре присутствуют первичные карбиды, образо­вавшиеся при кристаллизации эвтектики.

**Маркировка сталей**

По маркам легированной стали можно судить о качественном и количественном составе стали. Маркировка буквенно-числовая.

Каждому легирующему элементу присвоена русская буква: никель (Ni) – Н, медь (Сu) – Д, азот (N) – А, хром (Сr) – X, бор (В) – Р, кобальт (Со) – К, молиб­ден (Мо) – М, марганец (Мn) – Г, кремний (Si) – С, титан – Т, ванадий (V) – Ф, вольфрам (W) – В, алюминий (А1) – Ю, ниобий (Nb) – Б, фосфор (Р) – П, цирконий (Zr) – Ц.

После буквы стоит число, показывающее количество элемента в целых про­центах. При содержании элемента меньше 1,5 % число не ставится. V, W, Ti, Nb, Zr, B, N нередко присутствуют в стали в сотых или тысячных долях процента, но выносятся в марку, т. к. существенно влияют на свойства стали.

Углерод в легированной стали определяется числом в начале марки. Если число двузначное, то оно соответствует количеству углерода в сотых долях, если однозначное – в десятых долях процента. Если перед маркой нет числа – содержание углерода < 1 %.

Расшифруем некоторые марки:

12Х2Н4А – 0,12 % С, 2 % Сr, 4 % Ni, высококачественная;

18ХГТ – 0,18 % С, Сr, Мn в количестве < 1,5 % (нет цифры в марке), Ti в сотых долях процента;

60С2 – 0,60 % С, 2 % Si.

Буква А в конце маркировки показывает, что сталь высококачественная (< 0,025 % S и < 0,025 % Р). Особо высококачественная сталь имеет в конце марки букву Ш.

Некоторые стали могут иметь специальные обозначения, например: Р – быстрорежущая сталь, цифра после буквы Р – процентное содержание основного легирующего элемента – ванадия: Р18 – 18 % W; Ш – шарикоподшипниковая сталь. В марку вынесен основной легирующий элемент – хром – в десятых долях процента: ШХ15 – 1,5 % Сr; А – автоматная сталь, цифра после буквы показывает содержание углерода: А2О – 0,20 % С.

Вместо громоздкого обозначения марки стали часто используют короткое отраслевое обозначение ЭИ, ЭП или ЭК и цифры, показывающие порядковый номер: ЭИ736.