

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 13.11.2024 11:23:29

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)**

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова
« 15 » 11 2021 г.



СВАРИВАЕМОСТЬ СТАЛЕЙ

Методические указания по выполнению
лабораторной работы для студентов направления подготовки 15.03.01;
15.04.01 Машиностроение

Курск 2021

УДК 621.31

Составитель: Е.И.Яцун

Рецензент: Гречухин А.Н.

кандидат технических наук, доцент кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование»

Свариваемость сталей: методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов направления подготовки 15.03.01; 15.04.01 Машиностроение / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Е.И.Яцун. – Курск, 2021. – 14 с.: ил. 6, табл. 6. – Библиогр. 6: с. 14.

Содержат сведения о методах расчета углеродного эквивалента сталей.

Методические указания соответствуют требованиям ФГОС ВПО по направлению подготовки 15.03.01; 15.04.01 Машиностроение.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.
Усл.печ.л. Уч.–изд.л . Тираж 100 экз. Заказ . Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г.Курск, ул.50 лет Октября, 94

СОДЕРЖАНИЕ

1. Основные теоретические положения	3
2. Порядок выполнения работы	6
3. Содержание отчета	6
ПРИЛОЖЕНИЯ Таблица 3. Химический состав сталей	7
4. Исходные данные	8
5. Вопросы тест-задания	9

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

- определение свариваемости стали;
- оценка склонности металла к появлению горячих и холодных трещин;
- определение необходимости подогрева перед, во время и после сварки;
- определение структуры стали.

1. Основные теоретические положения

Свариваемость стали определяется химическим составом стали. Химический состав и механические свойства каждой марки стали определяются ГОСТом. При изготовлении машин и аппаратов для химических производств сварке подвергаются детали, изготовленные, в основном, из конструкционных низкоуглеродистых, средне- и низколегированных прокатных и литых сталей. Основное влияние на свариваемость стали оказывает углерод. По его содержанию в стали определяется, к какой группе по свариваемости относится данная сталь.

Для оценки склонности металла к появлению холодных трещин чаще всего используется углеродный эквивалент, которым можно пользоваться как показателем, характеризующим свариваемость, при предварительной оценке последней. Наиболее распространенным и приемлемым для легированных сталей является следующее уравнение:

$$C_{\text{э}} = C + \text{Mn}/6 + \text{Si}/24 + \text{Cr}/5 + \text{Ni}/40 + \text{Mo}/4 + \text{V}/14 + \text{Cu}/13 + \text{P}/2 \quad (1)$$

где C, Mn, Si, Ni, Cr, Mo, V, Cu, P — процентное содержание соответственно углерода, марганца, кремния, никеля, хрома, молибдена, ванадия, меди, фосфора.

Содержание легирующих элементов, кроме C и P уменьшить в 100 раз.

Вероятность появления при сварке горячих трещин можно определить по показателю Уилкинсона (H.C.S.):

$$\text{H.C.S.} = \frac{C \cdot (S + P + \text{Si}/25 + \text{Ni}/100)}{3\text{Mn} + \text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}} \cdot 10^3 \quad (2)$$

Условием появления горячих трещин является $H.C.S. > 2$. Так, например, при обычной сварке низколегированной стали трещины начинают возникать при $H.C.S. = 4$.

Если оценка свариваемости (табл.1.) по показателю C_{Σ} указывает на склонность стали к появлению холодных трещин, то необходимо предусмотреть предварительный подогрев детали.

Температуру подогрева, °С, можно определить по формуле:

$$t = 350 \sqrt{C_{об} - 0,25} \quad (3)$$

где $C_{об}$ - общий углеродный эквивалент,

$$C_{об} = C_{\Sigma} + 0,005\delta \cdot C_{\Sigma},$$

где δ - толщина металла свариваемой детали, мм.

Температура сопутствующего сварке или наплавке подогрева зависит от материала изделия и колеблется в среднем от 250 до 400° С.

Таблица 1. Классификация сталей по свариваемости

Группа сталей	Свариваемость	Эквивалент C_{Σ} , %	Технологические меры			
			подогрев		термообработка	
			перед сваркой	во время сварки	перед сваркой	после сварки
1 (сваривается любыми способами без применения особых приемов)	Хорошая	< 0,25	-	-	-	Желательна
2 (требует строгого соблюдения режимов сварки, специальных присадочных материалов, тщательной подготовки кромок)	Удовлетворительная	0,25 - 0,35	Необходим	-	Желательна	Необходима
3 (склонность к	Ограниченная	0,35 - 0,45	Необходим	Желателен	Необходима	Необходима

трещинам в шве и околошовной зоне, требуется подогрев до 250°C-400°C)						
4 (склонность к трещинам, низкая прочность шва, требуется предварительный и сопутствующий подогрев, термообработка перед сваркой и после сварки)	Плохая	> 0,45	Необходим	Необходим	Необходима	Необходима

В отдельных случаях при больших значениях углерода требуется подогрев перед сваркой (табл.2).

Таблица 2. Рекомендуемые режимы подогрева перед сваркой.

Сталь	Рекомендуемый режим подогрева, °С
Низкоуглеродистая (до 0,22% С)	120 – 150° (на многослойных швах, при сварке толщин более 40мм)
Среднеуглеродистая (0,23 – 0,45% С)	150 – 300°
Высокоуглеродистая	300 – 450°
Низколегированная	200 – 250°
Легированная конструкционная	До 400°
Теплоустойчивая	250 – 400°
Жаропрочная аустенитная	без прогрева
Коррозионно-стойкая неаустенитного класса	До 400°

На работоспособность конструкции при заданных условиях работы влияет химический состав и структура стали. Структуру стали определяют по диаграмме Шеффлера (рис. 1.) по эквивалентному содержанию Ni и Cr;

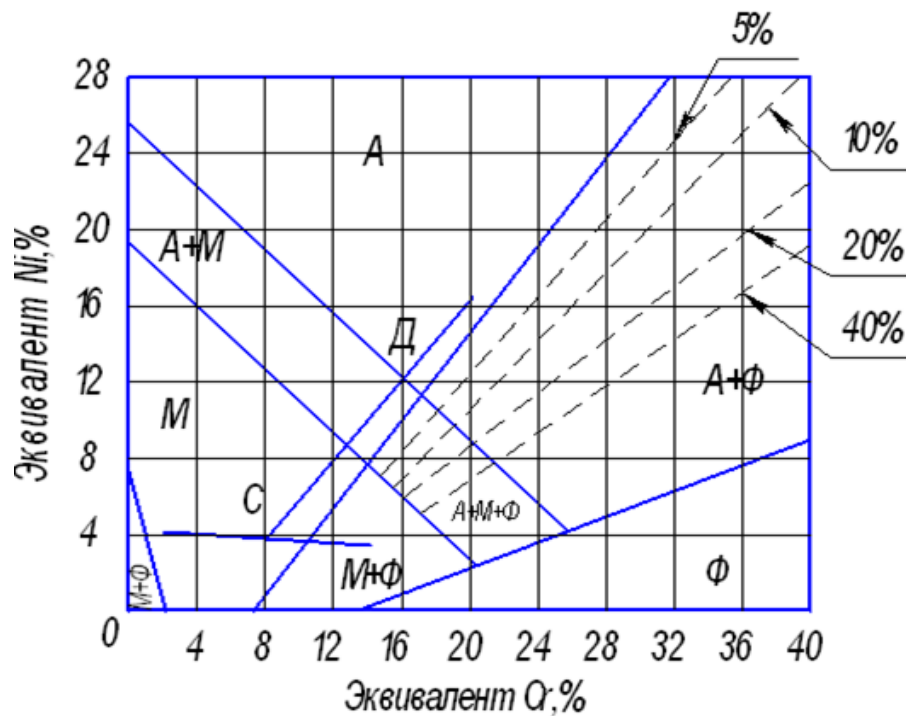


Рисунок 1. Диаграмма Шеффлера

$$Ni_{экв} = Ni + 30C + 0,5Mn + 30N, \quad (4)$$

$$Cr_{экв} = Cr + Mo + 1,5Si + 0,5Nb + V. \quad (5)$$

2. Порядок выполнения работы.

1. Выбрать марку стали и исходные данные согласно указанного преподавателем варианта (см. приложение: Таблица 4).

2. Выписать из таблицы 3 (см. приложение) химический состав заданной стали в виде таблицы.

Таблица. Химический состав стали

Марка стали	ГОСТ	Содержание элементов, %							
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S

3. Определить свариваемость стали, используя формулу 1 и таблицу 1.
4. Оценить склонности металла к появлению холодных трещин, используя таблицу 1.
5. Оценить склонности металла к появлению горячих трещин, используя формулу 2.

6. Если оценка свариваемости указывает на склонность стали к появлению холодных трещин, то необходимо определить предварительную температуру подогрева перед сваркой по формуле 3, и выписать из таблицы 1 рекомендации по термообработке во время и после сварки.

7. Определить структуру стали используя формулы 4 и 5, а также диаграмму Шеффлера (рис.1).

8. Сделать вывод о проделанной работе.

9. Ответить на вопросы тест-задания.

3. Содержание отчета.

1. Таблица химического состава заданной стали.
2. Расчеты для определения свариваемости стали и по оценке склонности стали к появлению горячих и холодных трещин.
3. Рекомендации по термообработке до сварки, во время и после сварки
4. Краткие выводы.
5. Ответы на тест-задание.

Приложение Таблица 3. Химический состав сталей

Марка стали	ГОСТ	Содержание элементов, %						
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Другие элементы
Ст3пс	380-94	0,14-0,22	0,05-0,17	0,40-0,85	<0.3	<0.3	<0.3	S-0,05 P-0.04
20	1050-88	0.17-0.24	0.17-0.37	0.35-0.65	<0,25	<0,25	<0,25	S-0,040 P-0,040
45	1050-88	0,42-0,50	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25	0,30		S-0,040 P-0,035
09Г2	19281-89	<0.12	0,17-0,38	1,40-1,80	<0.3	<0.3	<0.3	S-0,040 P-0,035
09Г2С	19281-89	<0,12	0,50-0,80	1,30-1,70	<0.3	<0.3	<0.3	S-0,040 P-0,035
14Г2	19281-89	0,12-0,18	0,17-0,37	1,20-1,60	<0.3	<0.3	<0.3	S-0,040 P-0,035
12ГС	19281-89	0.09-0.15	0.5-0.8	0.8-1.2	<0.3	<0.3	<0.3	S-0,040 P-0,035
16ГС	19281-89	0.12-0,18	0,4-0,7	0,9-1,2	<0.3	<0.3	<0.3	S-0,040 P-0,035
17ГС	19281-89	0,14-0,20	0,40-0,60	1,0-1,40	<0.3	<0.3	<0.3	S-0,040 P-0,035
10Г2С1	19281-89	<0,12	0,9-1,2	1,30-1,65	<0.3	<0.3	<0.3	S-0,040 P-0,035
10ХСНД	19281-89	<0,12	0,80-1,10	0,50-0,80	0,6-0,9	0,5-0,8	0,4-0,6	S-0,040 P-0,035
14Г2АФ	19281-89	0.12-0.18	0.3-0.5	1,2-1,6	<0.4	<0.3	<0.3	V-0.07- 0.12 S-0,040 P-0,035
30Х	4543-71	0.24-0.32	0.17-0.37	0.5-0.8	0.8-1.1	<0.3	<0.3	S-0,035 P-0,035
40Х	4543-71	0,36-0,44	0,17-0,37	0,50-0,80	0,80-1,10			S-0,035 P-0,035
40ХН	4543-71	0,36-0,44	0,17-0,37	0,50-0,80	0,45-0,75	1,00-1,40		S-0,035 P-0,035
14ХГС	4543-71	0,11-0,16	0,4-0,7	0,9-1,3	0,5-0,8	<0.3	<0.3	S-0,040 P-0,035
20ХГС	4543-71	0.17-0.23	0.9-1.2	0.8-1.1	0.8-1.1	<0.3	<0.3	S-0,025 P-0,025
12ХН2	19281-89	0.09-0.16	0.17-0.37	0.3-0.6	0.6-0.9	1.5-1.9		S-0,035 P-0,035
15ХСНД	19281-89	0.12-0.18	0.4-0.7	0.4-0.7	0.6-0.9	0.3-0.6	0.2-0.4	S-0,040 P-0,035
15ХМА	4543-71	0,11-0,18	0,17-0,37	0,40-0,70	0,80-1,10	<0.3	<0.3	Mo-0,40-0,55 S-0,035 P-0,035
30ХМ	4543-71	0,26-0,34	0,17-0,37	0,40-0,70	0,80-1,10	0,30	<0.3	Mo-0,15-0,25 P-0,035
12Х18Н9Т	19281-89	0.12	<0.8	2	17-19	8-9,5	<0.3	S-0,02 P-0,038

20ХН3А	19281-89	0.17-0.24	0.17-0.37	0.3-0.6	0.6-0.9	2.75-3.15	<0.3	S-0,025 P-0.025
--------	----------	-----------	-----------	---------	---------	-----------	------	--------------------

4. Исходные данные

$\delta = 10$ мм – для всех вариантов

Таблица 4. Исходные данные

Вариант	Марка стали	№ вопросов теста
1	15ХМА	1,5,8,10,20
2	30ХМ	2,6,11,15,19
3	12Х18Н9Т	3,7,12,16,18
4	20ХН3А	4,9,13,17,20
5	09Г2	5,7,13,17,19
6	09Г2С	1,6,12,17,20
7	14Г2	2,7,13,15,18
8	12ГС	3,9,12,14,17
9	16ГС	4,6,11,16,19
10	17ГС	1,3,7,10,15
11	10Г2С1	2,5,13,16,18
12	Ст3пс	3,6,14,17,20
13	20	4,7,12,15,19
14	45	1,5,7,10,17
15	09Г2	2,4,11,13,16
16	09Г2С	3,5,9,12,15
17	14Г2	4,8,14,17,20
18	12ГС	5,7,10,15,17
19	16ГС	6,8,11,13,19
20	17ГС	1,3,9,12,18
21	10Г2С1	2,4,10,11,16
22	10ХСНД	3,7,13,14,20
23	14Г2АФ	4,8,12,15,19
24	30Х	1,4,9,11,17
25	40Х	4,9,13,17,20
26	40ХН	5,7,13,17,19
27	14ХГС	1,6,12,17,20
28	20ХГС	2,7,13,15,18
29	12ХН2	3,9,12,14,17
30	15ХСНД	4,6,11,16,19

5. Вопросы тест-задания

1. Укажите наиболее правильное определение понятия свариваемости?

- А). Технологическое свойство металлов или их сочетаний образовывать в процессе сварки соединения, обеспечивающие прочность и пластичность на уровне основных материалов.
- В). Metallургическое свойство металлов, обеспечивающее возможность получения сварного соединения с общими границами зерен околошовной зоны и литого шва.
- С). Технологическое свойство металлов или их сочетаний образовывать в процессе сварки соединения, отвечающие конструктивным и эксплуатационным требованиям к ним.

2. Что входит в понятие металлургической свариваемости металлов?

- А). Влияние на свариваемость химического состава металла и отсутствие дефектов в результате химического взаимодействия элементов в сварочной ванне и кристаллизующемся металле шва.
- В). Влияние на свариваемость способа сварки и возможность появления дефектов в результате воздействия термического цикла на сварочную ванну и кристаллизующейся металл шва.
- С). Влияние на свариваемость объема сварочной ванны и кристаллизующегося металла шва.

3. Что из перечисленного ниже наиболее сильно влияют на свариваемость металла?

- А). Химический состав металла.
- В). Механические свойства металла.
- С). Электропроводность металла.

4. Какие углеродистые стали относятся к удовлетворительно свариваемым?

- А). С содержанием углерода до 0,25 %.
- В). С содержанием углерода от 0,25 % до 0,35 %.
- С). С содержанием хрома и марганца от 0,4% до 1,0%.

5. Какие стали относятся к группе удовлетворительно сваривающихся?

- А). С содержанием углерода 0,25-0,35 %.
- В). С содержанием серы и фосфора до 0,05 %.
- С). С содержанием кремния и марганца до 0,5 %.

6. Какие из перечисленных ниже сталей более склонны к образованию горячих трещин?

- А). Стали с содержанием углерода от 0,25 % до 0,35 %.
- В). С содержанием серы более 0,09 %.
- С). С содержанием марганца и никеля от 0,8 до 1,5 %.

7. При сварке каких, перечисленных ниже, сталей более вероятно появление

холодных трещин?

- А). С содержанием углерода до 0,25 %.
- В). С содержанием углерода более 0,4 %.
- С). С содержанием углерода от 0,25 % до 0,35 %.

8. Какие углеродистые и низколегированные стали необходимо подогреть при сварке?

- А). С эквивалентным содержанием углерода более 0,5 %.
- В). С содержанием серы и фосфора более 0,05 % каждого.
- С). С содержанием кремния и марганца до 0,5...1,5 % каждого.

9. Какие стали относятся к углеродистым сталям?

- А). Сталь СтЗсп5, Сталь 10, Сталь 15, Сталь 20Л, Сталь 20К, Сталь 22К.
- В). 45Х25Н20.
- С). 15ГС, 20ГСЛ, 09Г2С

10. Какие стали относятся к группе кремнемарганцовистых сталей?

- А). 5Х2НМФА, 16ГНМА, 20ХМА.
- В). 10ХСНД, 10ХН1М, 12МХ.
- С). 15ГС, 20ГСЛ, 09Г2С.

11. Что обозначает буква и следующая за ней цифр в маркировке сталей и сплавов?

- А). Клейма завода-изготовителя.
- В). Обозначения номера плавки и партии металла.
- С). Условное обозначение легирующего элемента в стали и его содержание в процентах.

12. Какой буквой русского алфавита обозначают алюминий и медь в маркировке стали?

- А). Алюминий - А, медь - М.
- В). Алюминий - В, медь - К.
- С). Алюминий - Ю, медь - Д.

13. Какой буквой русского алфавита обозначают вольфрам и ванадий в маркировке стали?

- А). Вольфрам - Г, ванадий - В.
- В). Вольфрам - В, ванадий - Ф.
- С). Вольфрам - К, ванадий - Б.

14. Какой буквой русского алфавита обозначают кремний и кобальт в маркировке стали?

- А). Кремний - К, кобальт - Т.
- В). Кремний - Т, кобальт - М.
- С). Кремний - С, кобальт - К.

15. Какой буквой русского алфавита обозначают титан и хром в маркировке

стали?

- A). Титан-Т, хром-Х.
- B). Титан-В, хром-Ф.
- C). Титан-Т, хром-Г.

16. Какой буквой русского алфавита обозначают углерод и цирконий в маркировке стали?

- A). Наличие углерода буквой не обозначают, цирконий-Ц.
- B). Углерод -У , цирконий - не обозначают.
- C). Углерод - С, цирконий - К.

17. Стали, содержащие углерода 0,1-0,7% называют

- A). Низколегированными.
- B). Среднелегированными.
- C). Высоколегированными
- D). Углеродистыми

18. Укажите марку низколегированной низкоуглеродистой стали, содержащей $C < 0,14\%$

- A). 20ХГСА.
- B). 30ХН2МФА.
- C). 10Г2С1.
- D). 15ХСНД.

19. Какие примеси в железоуглеродистых сталях относятся к вредным?

- A). Кремний;
- B). Марганец;
- C). Сера;
- D). Фосфор;

20. Каково максимальное (теоретически) содержание углерода в сталях (в %)?

- A). 6,67%;
- B). 0,8%;
- C). 2,14%;
- D). 1,2%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов и др.; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Машиностроение. 1986. - 384 с.
2. Полухин П. И. Технология металлов и сварка/ Б.Г. Гринберг, В.Т. Жадан, С.К. Кантеник, Д.И. Васильев. Под ред. П.И. Полухина: Учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Высшая школа, 1977. – 464 с.
3. Технология конструкционных материалов. Учебник для машиностроительных специальностей вузов / А. М. Дальский, И. А. Арутюнова, Т. М. Барсукова и др.; Под общ. ред. А. М. Дальского, М.: Машиностроение, 1985. — 448 с.
4. ГОСТ 6996-66 (ИСО 4136-89, ИСО 5173-81, ИСО 5177-81) Сварные соединения. Методы определения механических свойств.
5. <https://taina-svarki.ru/svarivaemost/otsenka-svarivaemosti-staley-formuly-uglerodnogo-ekvivalenta.php> Оценка свариваемости сталей. Формулы углеродного эквивалента

Перечень рекомендуемых Интернет-ресурсов:

1. <http://www.osvarke.com/> - О сварке. Информационный сайт;
2. <http://weldingsite.com.ua/> - Все о сварке, сварочных технологиях и оборудовании;
3. <http://www.welder.kiev.ua/> - журнал СВАРЩИК
4. <http://www.cbarka.ru/> - Сварка и сварочное оборудование
5. <http://svarka-info.com> - Виртуальный справочник сварщика
6. <http://www.svarkainfo.ru> – Все для надежной сварки
7. http://www.ic-tm.ru/info/svarochnoe_proizvodstvo – журнал Сварочное дело.