

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технологии металлов»

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов специальности 6-05-0722-05 «Производство
изделий на основе трехмерных технологий»
очной формы обучения*

Часть 1



Могилев 2023

УДК 621.01
ББК 34.4
Т87

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технологии металлов» «28» декабря 2023 г.,
протокол № 5

Составитель канд. техн. наук И. А. Лозиков

Рецензент канд. техн. наук А. С. Федосенко

Рассматриваются методы определения температурного интервала обработки металлов давлением в зависимости от материала, а также способы расчета времени нагрева заготовок перед обработкой давлением в зависимости от состава, размеров и схемы укладки на поду печи. Изложены сущность процесса сварки, классификация основных способов сварки плавлением

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Часть 1

Ответственный за выпуск	Д. И. Якубович
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2024

Содержание

1 Лабораторная работа № 1. Выполнение разделительных операций листовой штамповки на ручном механическом инструменте	4
2 Лабораторная работа № 2. Влияние холодной деформации на изменение твердости металлов и снятие наклепа рекристаллизацией.....	7
3 Лабораторная работа № 3. Определение температурного интервала для горячей обработки давлением	10
4 Лабораторная работа № 4. Влияние перегрева, пережога, обезуглероживания, холодной пластической деформации, рекристаллизации на изменение микроструктуры	14
5 Лабораторная работа № 5. Ручная дуговая сварка.....	18
6 Лабораторная работа № 6. Сварка в среде защитных газов.....	22
7 Лабораторная работа № 7. Сварка давлением.....	25
8 Лабораторная работа № 8. Сварка пластмасс.....	28
Список литературы.....	35

1 Лабораторная работа № 1. Выполнение разделительных операций листовой штамповки на ручном механическом инструменте

Цель работы: ознакомление с основными операциями листовой штамповки и применяемым инструментом и оборудованием; практическое выполнение разделительной операции листовой штамповки – вырубки.

Оборудование и инструмент: ручной механический инструмент для резки металла MR 15-22 (номинальное усилие 52500 Н); листовая заготовка; штангенциркуль.

Порядок проведения работы

Ознакомиться с основными операциями листовой штамповки. Рассчитать необходимое усилие для вырубки. Произвести вырубку заготовок. Оформить отчет по лабораторной работе.

1.1 Общие понятия о листовой штамповке

Листовая штамповка – процесс получения из листа, полосы, ленты изделий плоской или пространственной формы с заданными геометрическими и структурными параметрами без существенного изменения толщины материала.

Заготовки обрабатывают с помощью инструментов, главные рабочие части которых называются пуансонами и матрицами.

Различные фазы процесса изготовления детали, при которых происходит изменение формы заготовки, называются операциями.

Все основные операции листовой штамповки делятся на разделительные и формообразующие.

Разделительные операции листовой штамповки.

Отрезка – полное отделение части заготовки по незамкнутому контуру путем сдвига.

Вырубка – полное отделение заготовки или изделия от исходной заготовки по замкнутому контуру путем сдвига.

Пробивка – образование в заготовке отверстия или паза путем сдвига удалением части металла в отход.

Обрезка – удаление излишков металла путем сдвига.

Разрезка – разделение заготовки на части по незамкнутому контуру путем сдвига.

Надрезка – неполное отделение части заготовки путем сдвига.

Проколка – образование в заготовке отверстия без удаления металла в отход.

Формообразующие операции листовой штамповки.

Гибка – образование или изменение углов между частями заготовки или придание ей криволинейной формы.

Скручивание – поворот части заготовки вокруг продольной оси.

Закатка – образование закругленных бортов на краях полой заготовки.

Правка – устранение искажений формы заготовки.

Вытяжка – образование полой заготовки из плоской.

Рельефная формовка – образование рельефа в листовой заготовке за счет местных растяжений без изменения толщины металла.

Отбортовка – образование борта по внутреннему и наружному контурам заготовки.

Раздача – увеличение размеров поперечного сечения части полой заготовки путем одновременного воздействия инструмента по всему периметру.

Обжим – уменьшение размеров поперечного сечения части полой заготовки путем одновременного воздействия инструмента по всему ее периметру.

Чеканка – образование на поверхности заготовки рельефных изображений за счет перераспределения металла.

При разделительных операциях материал заготовки доводится до разрушения, а при формообразующих изменяются форма и размеры заготовок.

1.2 Технологическая оснастка

В работе используется ручной инструмент, с помощью которого можно получать отверстия диаметром до 16 мм. Инструмент имеет одну вырубную пару, в которую входят пуансон и матрица. Для получения отверстия штамповкой необходимо выполнить одну операцию – вырубку по наружному контуру D (рисунок 1.1).

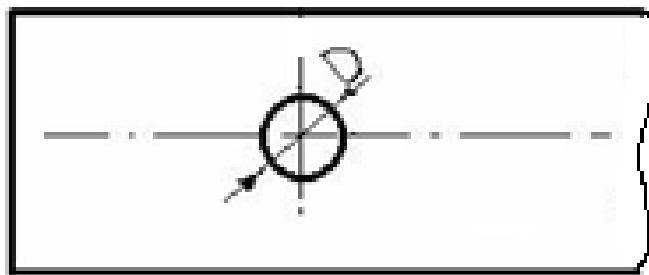


Рисунок 1.1 – Схема раскроя

Расчетное усилие вырубки определяется по формуле

$$P = 1,25 \cdot L \cdot S \cdot \tau_{ср},$$

где 1,25 – коэффициент, учитывающий затупление режущих кромок пуансона;
 L – периметр вырубаемого отверстия;

S – толщина заготовки, м;

τ_{cp} – предел прочности на срез, $\tau_{cp} = 14 \cdot 10^7$ Н/м².

В работе для получения заготовок используется ручной механический инструмент для резки металла MR 15-22 с усилием пробивки 52500 Н.

Заготовка в инструмент подается вручную.

Ход работы

- 1 Изучить инструкцию по технике безопасности.
- 2 Записать все необходимые технические данные применяемого инструмента и оборудования, произведя нужные измерения.
- 3 Начертить таблицу 1.1 и заполнить ее.
- 4 Поместить заготовку в рабочую зону инструмента.
- 5 Приложить необходимое усилие к рабочей рукоятке инструмента и проделать отверстие в изделии.
- 6 Убрать рабочее место.
- 7 Оформить отчет.

Таблица 1.1 – Определение усилия для пробивки и вырубки

Толщина заготовки S	Предел прочности на срез τ_{cp}	Периметр отверстия	Величина расчетного усилия P

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Технические данные инструмента и оборудования: число пробивных пуансонов – ...; диаметр пробивных пуансонов – ...; номинальное усилие прессы –
- 3 Расчет необходимого усилия для пробивки.
- 4 Результаты измерений и вычислений.

Контрольные вопросы

- 1 На чем основан процесс листовой штамповки?
- 2 Что является инструментом при листовой штамповке?
- 3 Какие операции относятся к разделительным?
- 4 Что относится к формообразующим операциям?
- 5 Что такое вытяжка?
- 6 Чем отличается вырубка от пробивки?
- 7 Какие виды штампов Вы знаете?

2 Лабораторная работа № 2. Влияние холодной деформации на изменение твердости металлов и снятие наклепа рекристаллизацией

Цель работы: изучение влияния обжатия в холодном состоянии на изменение твердости металла и снятие наклепа за счет рекристаллизации.

Работа включает в себя следующие этапы.

1 Обжатие образца металла с различной степенью на гидравлическом прессе; определение с помощью твердомера его твердости после обжатия и высоты штангенциркулем; установление зависимости твердости HRB от степени обжатий ε .

2 Снятие наклепа рекристаллизацией.

Оборудование и инструмент: гидравлический пресс «Титан НД-50»; твердомер ТК-2; электропечь; измеритель температуры; стальной образец диаметром 5...8 мм и высотой 6...10 мм с температурой плавления 1500 °С; измерительный инструмент; щипцы.

2.1 Основные теоретические положения

При пластическом деформировании металлов и сплавов в холодном состоянии, наряду с изменением формы и структуры, происходит изменение их механических и физико-химических свойств. Увеличиваются предел прочности, твердость, понижаются характеристики пластичности (ударная вязкость, относительное удлинение), уменьшаются электропроводность, теплопроводность, сопротивление коррозии. Совокупность изменений механических и физико-химических свойств в результате холодной пластической деформации называется **упрочнением** или **наклепом**.

Наклеп зачастую является нежелательным и подлежит устранению или снятию. Снимают наклеп посредством рекристаллизации. При повышении температуры подвижность атомов возрастает, и при достижении определенной температуры образуются новые равноосные зерна. **Рекристаллизация** – это процесс, при котором в результате теплового воздействия (нагрева) происходит перестройка кристаллов холоднодеформированного металла, зарождение и рост новых кристаллов с неискаженной решеткой и значительно меньшей плотностью дефектов. При этом материал после рекристаллизации имеет равновесную структуру, близкую к структуре металла до пластической деформации.

Процесс рекристаллизации происходит при температуре выше температуры рекристаллизации, определяемой для чистых металлов по формуле Бочвара

$$t_{рек} = 0,4 (t_{пл} + 237) - 237.$$

В результате рекристаллизации холоднодеформированного металла наклеп снижается, металл разупрочняется.

2.2 Работа на оборудовании

1 Твердомер (см. фото на рабочем месте) – используется прибор ТК-2, предназначенный для определения твердости по методу Роквелла. Сущность этого метода состоит в том, что твердость образца определяют по глубине вдавливания в него алмазного конуса или стального шарика.

2 Гидравлический пресс «Титан НД-50» (см. фото на рабочем столе) применяется для деформирования образцов с различной степенью обжатия.

Деформирование повторяется при усилиях 100, 200 и 300 кН.

3 Печь применяется в работе для проведения рекристаллизации. Образец ставить в печь и доставать из нее нужно специальными щипцами, печь при этом должна быть выключена, а температура в ней – 600 °С...700 °С.

4 Измеритель температуры применяется для определения температуры в печи.

5 Штангенциркуль применяется для измерения высоты образца с точностью до 0,1 мм.

Ход работы

1 Включить печь в электросеть.

2 Вычертить таблицу 2.1 для занесения полученных результатов экспериментов.

Таблица 2.1 – Результаты экспериментов

Результат измерений							Результат вычислений	
Усилие деформирования, кН	Высота до деформации H	Высота после деформации h	Твердость до деформации HRB	Твердость после деформации HRB	Твердость после рекристаллизации HRB	Действительная температура рекристаллизации t , °С	Степень обжатия образца ε	Рассчитанная температура рекристаллизации t , °С
100								
200								
300								

3 Измерить высоту образца до деформации H и записать ее значение.

4 Измерить твердость образца до деформации и записать в таблицу 2.1.

5 Образец подвергнуть деформации, доведя усилие прессы до 100 кН.

6 После обжатия образца измерить его высоту и твердость и записать их значения в соответствующей строке таблицы.

7 После проведения четырех обжатий и соответствующих измерений обра-

зец установить в нагретую до температуры 600 °С...700 °С печь на 20 мин для рекристаллизации.

8 По истечении 20 мин образец вынуть из печи, положить на подставку и охладить на воздухе в течение 5 мин.

9 После охлаждения образца измерить его твердость HRB и записать в колонку «твердость после рекристаллизации».

10 Заполнить таблицу отчета, вычислив для каждой стадии формирования степень обжатия по формуле

$$\varepsilon = \frac{H - h}{H} \cdot 100 \%,$$

где H – высота образца до деформации, мм;

h – высота образца после деформации, мм.

По потенциометру снять значение действительной температуры рекристаллизации.

11 Убрать рабочее место.

Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Оборудование:

- твердомер: марка прибора; условная запись твердости по шкале В;
- гидропресс: максимальное усилие; назначение в данной работе;
- печь: назначение в данной работе.

3 Основные формулы и результаты экспериментов:

- формула для определения степени обжатия;
- формула для определения температуры рекристаллизации $t_{рек}$, °С.

4 График зависимости твердости от степени деформации (рисунок 2.1).

5 Выводы:

- как изменяется твердость металла вследствие холодной деформации;
- как влияет рекристаллизация на твердость наклепанного металла.



Рисунок 2.1 – График зависимости твердости от степени деформации

Контрольные вопросы

- 1 Как изменяется пластичность при увеличении твердости?
- 2 Чем объясняется упрочнение металла в процессе пластической деформации?
- 3 Как изменяется подвижность атомов металлов с повышением температуры?
- 4 Что происходит с металлом в процессе рекристаллизации?
- 5 Чему равна температура рекристаллизации для чистых металлов?

3 Лабораторная работа № 3. Определение температурного интервала для горячей обработки давлением

Цель работы: определение с помощью диаграммы Fe–Fe₃C (рисунок 3.1) температурного интервала обработки давлением сталей; определение с помощью формул Губкина температурного интервала обработки давлением цветных металлов; определение времени нагрева заготовок перед обработкой давлением по формуле Доброхотова; исследование влияния температуры на пластичность металла.

Оборудование и инструмент: гидравлический пресс «Титан НД-50»; электропечь; измеритель температуры; стальной образец диаметром 5...8 мм и высотой 6...10 мм с температурой плавления 1500 °С; измерительный инструмент; щипцы.

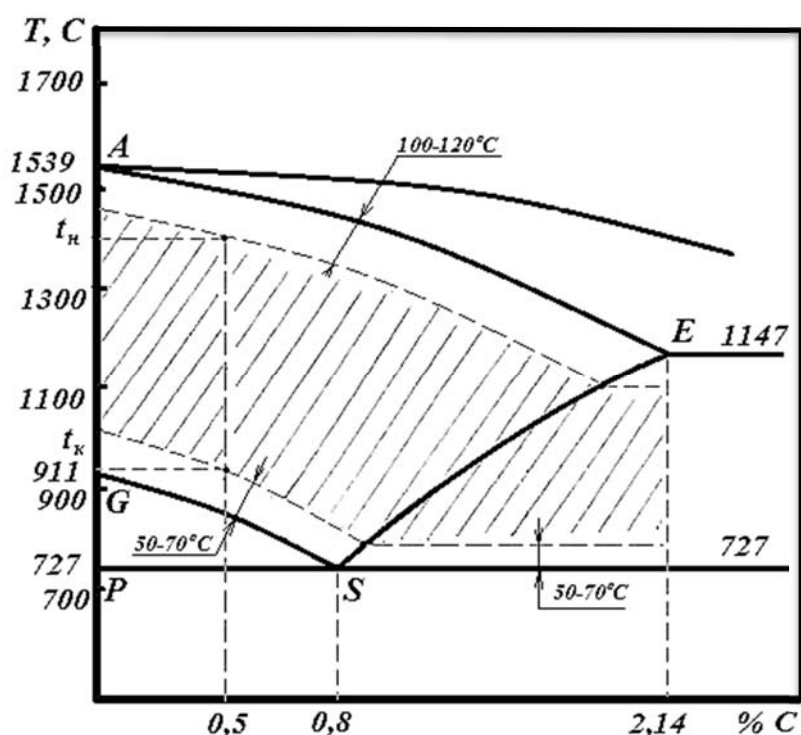


Рисунок 3.1 – Диаграмма Fe–Fe₃C

3.1 Основные теоретические положения

Металлы перед горячей обработкой давлением нагревают. Нагрев осуществляют с целью повышения пластичности металла и снижения его сопротивления деформированию. При этом для каждого металла назначается максимально допустимая температура нагрева, при которой начинается обработка, называемая температурой начала обработки t_n . По мере обработки металла температура будет понижаться. Заканчивается обработка при некоторой минимально допустимой температуре конца обработки t_k . Промежуток температур между температурой начала и температурой конца обработки называется температурным интервалом горячей обработки давлением. Существует несколько способов определения температурного интервала.

1 Для сталей определение температурного интервала обработки давлением осуществляют с помощью диаграммы Fe–Fe₃C, благодаря которой можно найти температурный интервал обработки сталей следующим образом: температура начала обработки t_n назначается на 100 °С...50 °С ниже линии солидуса АЕ (см. рисунок 3.1), а температура конца обработки t_k – на 25 °С...70 °С выше линии GS – для заэвтектоидных сталей, содержащих углерода до 0,8 %, и на 50 °С...70 °С выше линии SK – для доэвтектоидных, содержащих углерода более 0,8 %. На рисунке 3.1 определен температурный интервал для стали 50, содержание углерода 0,5 %: t_n – 1380 и t_k – 915.

2 По формулам Губкина. Чистые металлы имеют постоянную температуру плавления, поэтому температура начала t_n и температура конца t_k определяются в зависимости от температуры плавления металла:

$$\begin{aligned} t_n &= 0,9 \cdot (t_{пл} + 273) - 273; \\ t_k &= 0,7 \cdot (t_{пл} + 273) - 273. \end{aligned} \quad (3.1)$$

3 Время нагрева может быть найдено по специальным таблицам, графикам или для крупных заготовок по формуле Доброхотова

$$T = \kappa v D \sqrt{D}, \quad (3.2)$$

где T – время нагрева, ч;

D – диаметр или сторона заготовки, м;

v – коэффициент, учитывающий расположение заготовок на поду (таблица 3.1);

κ – коэффициент, учитывающий теплопроводность стали в зависимости от содержания углерода (для низкоуглеродистых сталей $\kappa = 10$; для среднеуглеродистых – $\kappa = 15$; для высокоуглеродистых – $\kappa = 20$).

Ход работы

1 Включить печь в электросеть.

2 Из таблицы 3.1 выбрать цветной металл и по формулам Губкина (3.1) определить температуры начала t_n и конца t_k его обработки давлением.

Таблица 3.1 – Цветные металлы

Номер варианта	Металл	Температура плавления, °С
1	Олово	232
2	Свинец	327
3	Алюминий	658
4	Медь	1085
5	Молибден	2623
6	Вольфрам	3380
7	Ванадий	1920
8	Иттрий	1528
9	Барий	727
10	Кобальт	1494

3 Выбрать вариант из таблицы 3.2 и с помощью диаграммы Fe–Fe₃C (см. рисунок 3.1) определить температурный интервал обработки давлением для двух сталей, т. е. указать t_n и t_k .

Таблица 3.2 – Марки сталей

Номер варианта	Конструкционная сталь		Инструментальная сталь	
	Марка	Содержание углерода, %	Марка	Содержание углерода, %
1	20	0,20	У7	0,7
2	25	0,25	У11	1,1
3	30	0,30	У8	0,8
4	35	0,35	У9	0,9
5	40	0,40	У8	0,8
6	45	0,45	У10	1
7	50	0,50	У11	1,1
8	55	0,55	У12	1,2
9	60	0,60	У13	1,3
10	25	0,25	У9	0,9

4 Из предложенных значений (80, 160, 250, 300, 360, 400, 490, 520, 580, 630, 700, 750, 800 мм) выбрать один размер и взять его в качестве диаметра заготовки или стороны квадрата заготовки.

5 Выбрать схему расположения заготовок на поду печи из таблицы 3.3

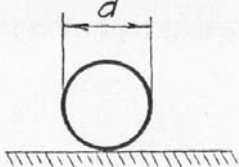
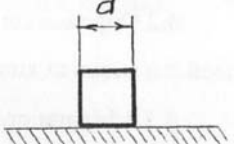
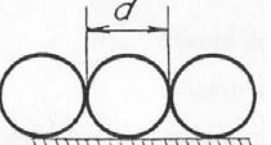
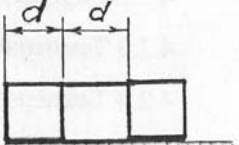
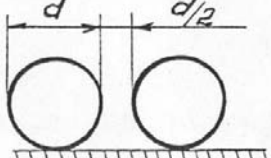
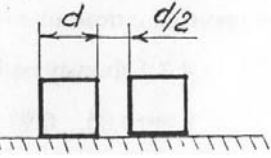
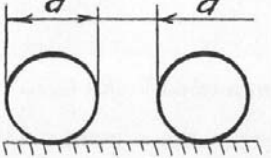
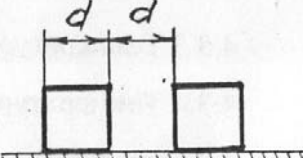
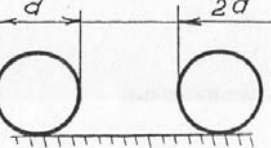
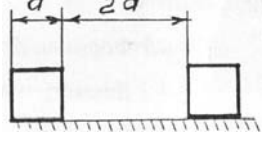
и определить значение коэффициента b .

6 Определить значение коэффициента k для двух марок сталей выбранного размера из двух сталей.

7 По формуле Доброхотова определить время нагрева заготовок выбранного размера из двух сталей.

8 Убрать рабочее место.

Таблица 3.3 – Определение коэффициента b

Номер схемы	Способ укладки	b	Номер схемы	Способ укладки	b
1		1	6		1,4
2		2	7		4
3		1,4	8		2,2
4		1,35	9		2
5		1,35	10		1,8

Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Определение температурного интервала горячей обработки давлением сталей с помощью диаграммы Fe–Fe₃C:

- марка стали согласно варианту;
- содержание углерода;
- температуры начала обработки сталей;
- температуры конца обработки сталей.

3 Определение температурного интервала горячей обработки металлов давлением с помощью формул Губкина:

- формулы Губкина;

- металл согласно варианту;
- температура плавления;
- температура начала и окончания обработки t_n, t_k .

4 Определение времени нагрева заготовок в печи с помощью формулы Доброхотова:

- формула Доброхотова;
- диаметр или сторона квадрата заготовки;
- схема расположения заготовки на поду;
- коэффициент, учитывающий способ укладки заготовок на поду, b ;
- коэффициенты, учитывающие теплофизические свойства заданных сталей;
- время нагрева T .

Контрольные вопросы

1 С какой целью осуществляется нагрев металла перед горячей обработкой давлением?

2 При какой температуре начинается горячая обработка давлением по диаграмме Fe–FeC?

3 При какой температуре заканчивается горячая обработка давлением по диаграмме Fe–FeC для доэвтектоидных сталей?

4 До какой температуры нужно нагревать низкоуглеродистую сталь при горячей обработке давлением?

4 Лабораторная работа № 4. Влияние перегрева, пережога, обезуглероживания, холодной пластической деформации, рекристаллизации на изменение микроструктуры

Цель работы: изучение влияния перегрева, пережога, обезуглероживания, холодной пластической деформации и рекристаллизации на изменение микроструктуры стали.

4.1 Основные теоретические положения

4.1.1 Перегрев. При нагреве стали до температуры выше верхнего предела температурного интервала (1000 °С...1300 °С) происходит интенсивный рост зерна металла (рисунок 4.1).

Перегретый металл после охлаждения характеризуется крупнозернистой структурой с резкими прямолинейными границами между структурными составляющими, имеет пониженные механические свойства, особенно ударную вязкость. Перегрев может иметь место и при более низкой температуре, если металл нагревается чрезмерно долго.

Перегрев является браком нагрева. Структуру перегретой стали в большинстве случаев можно исправить рекристаллизационным отжигом.

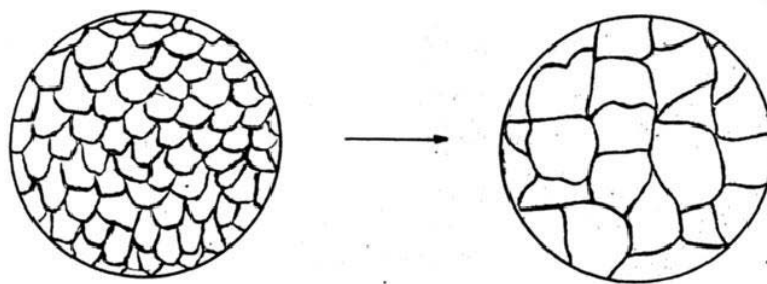


Рисунок 4.1 – Влияние перегрева на микроструктуру металла

4.1.2 Пережог. При нагреве стали до температуры, значительно превышающей верхний предел температурного интервала обработки давлением, близкой к температуре плавления, имеет место пережог. При пережоге, наряду с ростом зерна, происходит окисление границ, связанное с увеличением интенсивности диффузии кислорода вдоль границ зерен, или даже частичное оплавление (рисунок 4.2). В результате окисления границ зерен механическая связь между зернами ослабевает, металл теряет пластичность и становится хрупким. Такой материал совершенно непригоден для изготовления изделий. Пережог является неисправимым браком нагрева. Пережженный металл приходится передавать на переплавку.

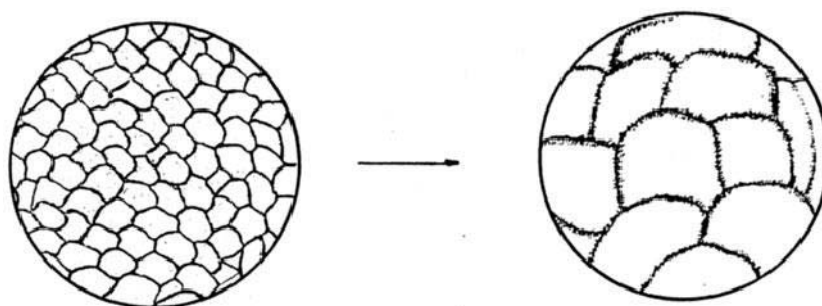


Рисунок 4.2 – Влияние пережога на микроструктуру металла

4.1.3 Обезуглероживание. При нагреве стали в присутствии кислорода происходит обезуглероживание, сущность которого состоит в выгорании углерода в поверхностном слое на глубину 1,5...2 мм. Химический состав поверхностного слоя при этом изменяется в сторону уменьшения содержания углерода, а вместе с изменением химического состава изменяются структура и свойства поверхностного слоя (рисунок 4.3). Обезуглероживание резко снижает прочностные свойства конструкционной стали. Кроме того, обезуглероживание поверхности может вызвать образование закалочных трещин и коробление (поводку детали), а также нагрев заготовок в защитной атмосфере.

Для уменьшения окисления металла и предохранения деталей от окисления, а следовательно, и от обезуглероживания при термической обработ-

ке (отжиге, нормализации и закалке) применяют электронагрев, а также безокислительные (защитные) газы, подаваемые в рабочее пространство печи.

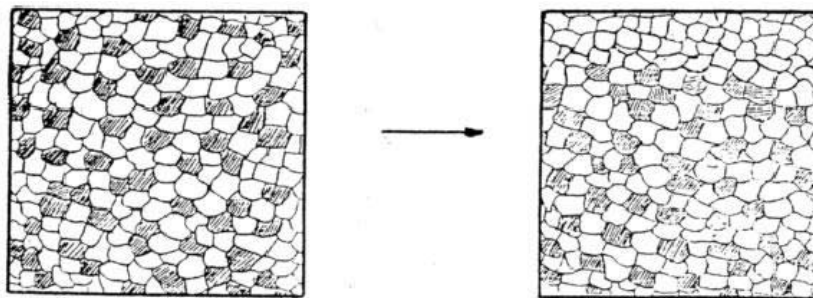


Рисунок 4.3 – Влияние обезуглероживания на микроструктуру металла

4.1.4 Пластическое холодное деформирование. При пластическом холодном деформировании металла, наряду с изменением его формы, происходит изменение микроструктуры (рисунок 4.4). Зерна металла становятся вытянутыми в направлении течения металла при деформации. С увеличением степени деформации пределы прочности и текучести, а также твердость увеличиваются, а пластичность (относительное удлинение, относительное сужение) и вязкость (ударная вязкость) снижаются. При этом в случае больших степеней пластической деформации в металле могут появляться трещины. Явление упрочнения металлов при пластической деформации называется наклепом.

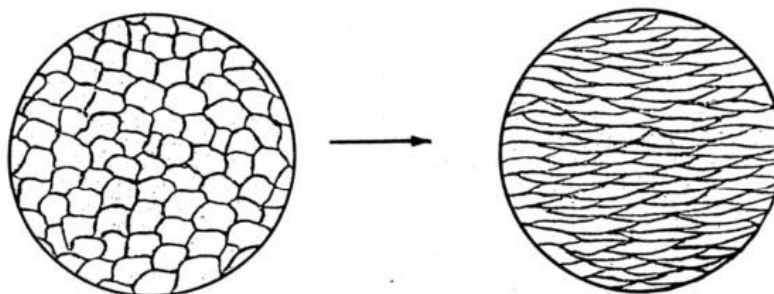


Рисунок 4.4 – Влияние холодной деформации на микроструктуру металла

4.1.5 Рекристаллизация. Если холоднодеформированный металл, имеющий вытянутую микроструктуру, подвергнуть нагреву до температуры, составляющей 0,4 от абсолютной температуры плавления или выше ее, то образуются новые равноосные зерна и свойства металла возвращаются к их исходным значениям до деформации. Процесс образования новых центров кристаллизации и новых равноосных зерен в деформированном металле при нагреве, сопровождающийся уменьшением прочности, увеличением пластичности и восстановлением других свойств, называется рекристаллизацией (рисунок 4.5).

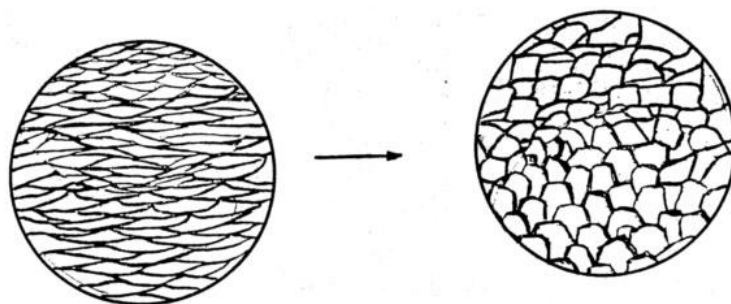


Рисунок 4.5 – Влияние рекристаллизации на микроструктуру деформированного металла

Ход работы

- 1 Изучить влияние перегрева, пережога, обезуглероживания, холодной пластической деформации и рекристаллизации на изменение микроструктуры стали.
- 2 Сделать эскиз вида указанных дефектов.

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Оборудование и материалы.
- 3 Рисунки микроструктур.
- 4 Выводы о влиянии перегрева, холодного деформирования и рекристаллизации на изменение микроструктуры стали.

Контрольные вопросы

- 1 Что происходит при нагревании стали до температуры выше верхнего предела температурного интервала (обработки давлением)?
- 2 Как влияет перегрев на механические свойства стали?
- 3 Какой дефект является полностью неустранимым?
- 4 В каком направлении вытягиваются зерна металла при пластическом холодном деформировании?
- 5 Чем объясняется упрочнение металла в процессе пластической деформации?
- 6 С помощью какой операции устраняется наклеп?
- 7 В чем заключается процесс рекристаллизации?

5 Лабораторная работа № 5. Ручная дуговая сварка

Цель работы: определение величины коэффициентов расплавления α_p , наплавки α_n и потерь на угар и разбрызгивание ϕ в процессе наплавки в зависимости от марки электрода и силы тока опытным путем.

Оборудование и материалы: сварочный аппарат ручной дуговой сварки Kemppi MinarcTM 220; часы технические или секундомер; весы с разновесами; масштабная линейка 500 мм; электроды марок ОЭС-4 и УОНИИ-13/45 по 1 шт.; пластины из углеродистой стали 2 шт.; сосуд с водой; клещи.

5.1 Общие сведения

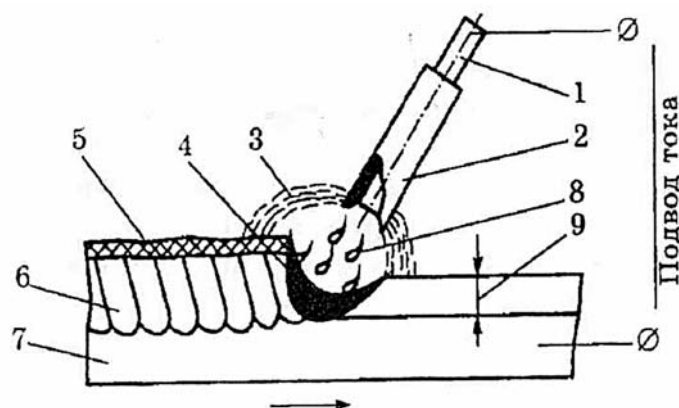
5.1.1 Сущность способа. Ручную дуговую сварку выполняют штучными электродами, которые сварщик подает к свариваемому изделию и перемещает в нужном направлении. При сварке по методу Бенардоса применяют угольные или графитовые электроды диаметром 6...30 мм, длиной 200...300 мм. Для сварки по методу Славянова используют металлические электроды, имеющие диаметр 1,6...12 мм и длину 150...450 мм. Сварку в инертных газах осуществляют вольфрамовыми электродами диаметром 1...6 мм.

Для сварки сталей электроды изготавливают из стальной сварочной проволоки по ГОСТ 2246–70, которым предусмотрено 75 ее марок. Из них 6 изготавливают из низкоуглеродистой, 30 из легированной и 39 из высоколегированной сталей. Все они имеют ограниченное содержание углерода, серы и фосфора. Дуговая сварка стержнями из стальной проволоки (голыми электродами) не применяется из-за плохой устойчивости дуги. Для повышения устойчивости горения дуги на электродные стержни наносят так называемые тонкие, или стабилизирующие, покрытия. В их состав входят соединения щелочных (калия, натрия) или щелочно-земельных (кальция) металлов, которые в дуге легче ионизируются, чем кислород и азот воздуха, и этим улучшают устойчивость горения дуги. Однако электроды с тонкими покрытиями не обеспечивают высоких механических свойств металла шва, который сильно насыщается азотом и кислородом воздуха. Для защиты расплавленного металла от взаимодействия с воздухом на электродные стержни наносят толстые, или качественные, покрытия (рисунок 5.1).

Их составляющими, кроме стабилизирующих и клеящих (жидкое стекло), являются шлако- и газообразующие вещества и раскислители. Для получения наплавленного металла специального состава и свойств в них вводят также различные легирующие элементы.

Шлакообразующими веществами являются оксиды TiO_2 , SiO_2 , MnO , карбонаты $CaCO_2$, $MgCO_3$ и другие соединения CaF_2 , вносимые в покрытия в виде минералов (кремнезема, мрамора) и руд (титановой, марганцевой). При плавлении покрытия они образуют шлаки, которые покрывают капли электродного металла и металл шва и этим защищают расплавленный металл от азота и

кислорода воздуха. После остывания металла шва и шлака шлаковая корка легко удаляется с поверхности шва.



1 – электродный стержень; 2 – покрытие электрода; 3 – газовая атмосфера дуги; 4 – сварочная ванна; 5 – затвердевший шлак; 6 – закристаллизовавшийся металл шва; 7 – свариваемое изделие; 8 – капли расплавленного электродного металла; 9 – глубина проплавления

Рисунок 5.1 – Схема ручной дуговой сварки

В качестве газообразующих веществ используют различные органические соединения, например, электродную целлюлозу, древесную муку и пр. При их сгорании вокруг дуги образуются защитные газы в виде оксидов углерода, водорода и пр., которые предохраняют расплавленный металл от взаимодействия с воздухом.

Для раскисления применяют элементы, которые обладают большим сродством с кислородом, чем железо (марганец, титан, кремний, алюминий). Находясь в сварочной ванне, они отбирают кислород от оксидов железа, образуя нерастворимые в железе оксиды соответствующих элементов, которые затем всплывают в шлак.

Легирующими элементами являются хром, молибден, ванадий и др. В покрытия их вводят, если электроды предназначены для сварки легированных сталей, получения износостойких наплавов и пр.

Для изготовления покрытых электродов все кусковые материалы шихты покрытия дробят, размалывают, просеивают и смешивают с жидким стеклом. Полученную массу наносят на электродные стержни. Затем электроды просушивают и прокаливают.

Основными характеристиками процесса плавления электрода является количество расплавленного электродного металла q_p и относительные потери ψ (коэффициент потерь) электродного металла в процессе сварки из-за разбрызгивания, испарения и окисления (1). При установившемся процессе сварки плавление электрода под действием дуги происходит равномерно по следующей приближенной зависимости, установленной опытным путем при большой плотности тока:

$$q_p = \alpha_p It, \quad (5.1)$$

где α_p – коэффициент расплавления, определяемый опытным путем, г/(А·ч);

I – сварочный ток, А;

t – время горения дуги, с;

q_p – масса расплавленного электрода, г (учитывается только масса металлического стержня без покрытия).

Потери наплавленного металла, определенные разностью массы q_p расплавленного металла электрода и массы q_n металла, образующего шов, определяются коэффициентом φ :

$$\varphi = \frac{q_p - q_n}{q_p} \cdot 100 \%. \quad (5.2)$$

Коэффициент φ зависит от стабильности процесса сварки и особенностей отрыва и переноса капель через дуговой промежуток, а масса наплавленного металла на изделие приближенно определяется как

$$q_n = \alpha_n It, \quad (5.3)$$

где α_n – коэффициент наплавки г/(А·ч).

5.1.2 Выбор силы тока сварки и электродов.

В таблицах 5.1 и 5.2 приведены размеры электродов, используемых со сварочным аппаратом Minarc 220, соответствующие значения тока и его техническая характеристика.

Таблица 5.1 – Соответствие электродов силе тока

Показатель	Значение					
	1,6	2,0	2,5	3,25	4,0	5,0
Диаметр электрода, мм	1,6	2,0	2,5	3,25	4,0	5,0
Fe-Rutile, А	30...60	40...80	50...110	80...150	120...210	170...220
Fe-Basic, А	30,55	50...80	80...110	110...150	140...200	200...220

Ход работы

1 Взвесить пластины, на которые будет производиться наплавка, с точностью до 0,5 г.

2 Замерить диаметр и длину электродов, которыми будет производиться наплавка.

3 Произвести наплавку сварного шва на пластины:

- электродом ОЗС-4 на первую пластину;
- электродом УОНИИ-13/45 на вторую пластину.

Таблица 2 – Технические характеристики Minarc 220

Технические характеристики	Значение
Напряжение сети, В	До 400
Номинальная мощность, кВт	7,2
Пределы регулирования сварочного тока, А	10...220
Напряжение холостого хода, В	85
Диаметр электродов, мм	1,5...5,0
Мощность холостого хода, Вт	40
Масса, кг	9,2

При наплавке следует измерить среднее значение силы тока и длительность процесса наплавки в секундах. При наплавке следует сжигать не менее 2/3 длины электрода на короткой дуге.

4 После наплавки пластину взвесить.

5 Измерить длину огарка электрода, оставшегося после наплавки.

6 Выполнить необходимые расчеты по зависимостям, приведенным в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Экспериментальные данные

Наименование	Размерность	Данные измерений	
		Первая пластина	Вторая пластина
1	2	3	4
<i>Исходные данные</i>			
Марка электрода		ОЗС-4	УОНИИ-13/45
Диаметр электрода d	см		
Длина электрода наплавки l_n	см		
Масса пластины наплавки q_1	г		
<i>Данные опыта</i>			
Время горения дуги t	с		
Сварочный ток при наплавке I	А		
Длина огарка электрода l_k	см		
Масса пластины после наплавки q_2	г		
<i>Расчетные данные</i>			
Для расплавленного электрода $l_p = l_n - l_k$	см		
Масса расплавленного электрода $q_p = l_p \frac{Rd^2}{4} \cdot \gamma$, где $\gamma = 7,80 \text{ г/см}^2$	г		
Масса наплавленного металла $q_n = q_2 - q_1$	г		

Окончание таблицы 5.1

1	2	3	4
Коэффициент расплавления $\alpha_p = \frac{q_p \cdot 3600}{It}$	г/(А·ч)		
Коэффициент наплавки $\alpha_n = \frac{q_p \cdot 3600}{It}$	г/(А·ч)		
Потери на угар и разбрызгивание $\psi = \frac{q_p - q_n}{q_p} \cdot 100 \%$	%		

Содержание отчета

- 1 Титульный лист.
- 2 Цель работы.
- 3 Таблица 5.3 по результатам работы.
- 4 Необходимые вычисления расчетной части таблицы 5.3. Оценка результатов.

Контрольные вопросы

- 1 Почему не производят ручную дуговую сварку проволокой без специального покрытия?
- 2 Состав и назначение покрытия электродов.
- 3 Состав и назначение газообразующих элементов в покрытии.
- 4 Состав и назначение шлакообразующих элементов в покрытии.
- 5 Способы дуговой сварки, сущность и схемы процессов.

6 Лабораторная работа № 6. Сварка в среде защитных газов

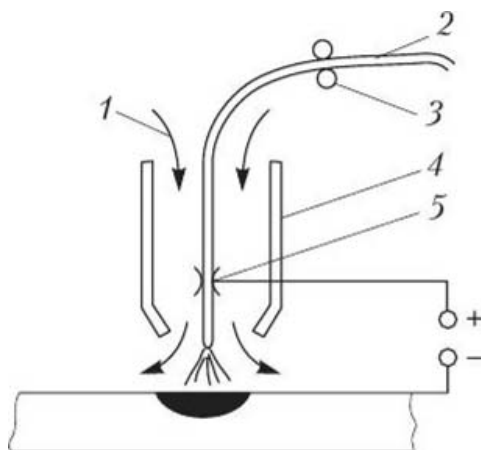
Цель работы: ознакомление с технологией полуавтоматической сварки в среде углекислого газа, а также с устройством сварочного полуавтомата Kemract MIG 2530.

Оборудование и материалы: сварочный полуавтомат Kemract MIG 2530; проволока сварочная Св-08Г2С (0,7...1,2 мм); баллон с углекислотой; пластины из стали (4 × 100 × 100 мм).

6.1 Общие сведения

6.1.1 Сварка в углекислом газе. Сварка в CO₂ является основным и наиболее распространенным способом сварки плавлением на машиностроительных предприятиях. Она экономична, обеспечивает достаточно высокое качество швов, особенно при сварке низкоуглеродистых сталей, требует более низкой

квалификации сварщика, чем ручная, позволяет выполнять швы в различных пространственных положениях. Наиболее распространена сварка полуавтоматами. Схема процесса приведена на рисунке 6.1. Защитный газ 2, выходя из сопла 1, вытесняет воздух из зоны сварки. Сварочная проволока 3 подается вниз роликами 4, которые вращаются двигателем подающего механизма. Подвод сварочного тока к проволоке осуществляется через скользящий контакт 5.



1 – подача защитного газа; 2 – сварочная проволока; 3 – подающие ролики; 4 – сопло сварочной горелки; 5 – скользящий токоподвод

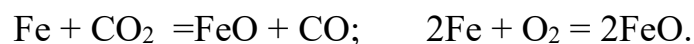
Рисунок 6.1 – Схема процесса сварки в защитных газах плавящимся электродом

Учитывая, что защитный газ активный и может вступать во взаимодействие с расплавленным металлом, сварка в CO_2 имеет ряд особенностей.

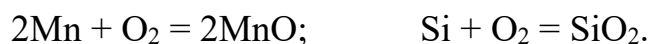
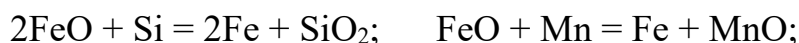
В зоне дуги углекислый газ диссоциирует:



Углекислый газ и образовавшийся кислород взаимодействуют с расплавленным металлом сварочной ванны с образованием оксида железа:



Окисление сварочной ванны ухудшает механические свойства шва и в первую очередь его пластичность. Для предотвращения этого процесса в сварочную ванну вводят элементы-раскислители, хорошо взаимодействующие с кислородом. Обычно это марганец и кремний. Раскислители выводят в шлак избыток кислорода и на участках сварочной ванны, имеющих пониженную температуру, восстанавливают железо из оксидов:



Введение раскислителей в сварочную ванну обычно осуществляется через проволоку. Поэтому при сварке в CO_2 используется сварочная проволока, легированная марганцем и кремнием. При сварке низкоуглеродистых сталей это обычно проволока марки Св-08Г2С, содержащая 0,08 % С; 2 % Мп и 1 % Si.

6.1.2 Сварка в инертных газах. Наиболее распространенным инертным газом, используемым при сварке для защиты расплавленного металла, является аргон (Ar), который почти не вступает в химические взаимодействия с расплавленным металлом и другими газами в зоне горения дуги. Будучи на 38 % тяжелее воздуха, он вытесняет его из зоны сварки и надежно изолирует сварочную ванну от контакта с атмосферой.

Для сварки используются две схемы процесса: сварка плавящимся и неплавящимся электродами. Схема процесса сварки плавящимся электродом практически не отличается от схемы процесса сварки в CO_2 .

Сварка в Ar плавящимся электродом используется при сварке нержавеющих сталей и алюминия. Однако объем ее применения относительно невелик. Больше распространение при сварке в Ar получила схема сварки неплавящимся электродом (рисунок 6.2).



Рисунок 6.2 – Схема процесса сварки в защитных газах неплавящимся электродом

Дуга горит между изделием и электродом, изготовленным из материала, имеющего высокую температуру плавления (обычно из вольфрама). Электрод расположен в горелке, через сопло которой вдувается защитный газ (аргон). Присадочный материал подается в зону дуги со стороны и в электрическую цепь не включен.

Сварка может быть ручной, когда горелка и присадочный пруток находятся в руках сварщика, и автоматической, когда горелка и присадочная проволока перемещаются без непосредственного участия сварщика.

6.2 Ход работы

- 1 Ознакомиться с технологическими особенностями сварки в среде CO_2 .
- 2 Изучить состав сварочного поста, устройство, назначение и принцип

работы основных его узлов.

3 Произвести сварку встык двух пластин или наплавку металла на пластину.

4 Составить отчет.

Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Схема поста для сварки в CO_2 с обозначением основных частей.

3 Основные технические данные полуавтомата.

Контрольные вопросы

1 В чем сущность сварки в защитных газах?

2 В чем особенность сварки в CO_2 ?

3 Марка и состав сварочной проволоки для сварки низкоуглеродистых сталей.

4 Назначение легирующих элементов в составе сварочной проволоки Св-08Г2С.

7 Лабораторная работа № 7. Сварка давлением

Цель работы: ознакомление с технологией контактной сварки давлением на примере получения неразъемного соединения круглой арматуры, а также с устройством сварочной машины МТР 16073.

Оборудование и материалы: машина точечной сварки МТР 16073; круглая арматура диаметром 4 мм.

7.1 Общие сведения

К основным способам электроконтактной сварки давлением относят: стыковую, точечную, роликовую. Также к сварке давлением относят такие способы, как сварку трением, ультразвуковую сварку, диффузионную сварку, сварку взрывом.

Электроконтактная сварка – это процесс образования неразъемного соединения металлов путем их нагрева, проходящим электрическим током и пластической деформации зоны соединения за счет усилия сжатия.

Сопротивление места сварки зависит от чистоты и состояния поверхности свариваемого материала, сопротивления самого материала, величины давления, прикладываемого к свариваемым изделиям, и от других факторов. Наибольшее сопротивление имеет место контакта свариваемых изделий, где и выделяется наибольшее количество тепла. Время сварки в зависимости от толщины и рода свариваемого материала изменяется от сотых и даже тысячных долей секунды

до нескольких минут. Когда детали нагреваются до пластического состояния или до оплавления, к ним прикладывается усилие осадки и детали свариваются.

7.1.1 Стыковая сварка. При стыковой сварке (рисунок 7.1) свариваемые детали *1* (стержни, полосы, рельсы, трубы) закрепляют в медных зажимах машины. Зажим *2п* установлен на подвижной плите, а зажим *2* – на неподвижной. Для регулирования мощности и изменения силы сварочного тока в трансформаторе *3* есть переключатель ступеней *4*. Перемещение подвижной плиты и сжатие свариваемых изделий силой *P* осуществляется механизмом сжатия. Основные виды стыковой сварки – сварка методом сопротивления и оплавления. В первом случае детали сводят в соприкосновение и пропускают сварочный ток, а во втором – свариваемые изделия несколько раз сводят в соприкосновения и разводят, что сопровождается оплавлением торцов и разбрызгиванием металла. Сварку сопротивлением применяют для соединения изделий сечением до 300 мм², сварку оплавлением – при большем сечении.

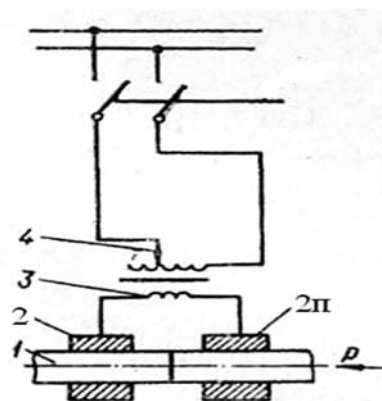


Рисунок 7.1 – Схема стыковой сварки давлением

Сварку непрерывным оплавлением выполняют на машинах с непрерывной подачей деталей только в сторону их сближения. Соприкосновение происходит по выступающим микронеровностям, где возникают большие плотности тока, и металл в этих местах быстро нагревается до расплавленного состояния. Когда вся поверхность свариваемых торцов оплавится, к изделиям прикладывают усилия осадки и выключают ток. Детали соединяются в одно целое.

Сваркой оплавлением соединяют рельсы, магистральные газо- и нефтепроводы части режущего инструмента и пр.

7.1.2 Контактная точечная сварка. Применяется для соединения листовых конструкций, в которых необходимо обеспечить нужную прочность, а обеспечение герметичности не является обязательным. Суммарная толщина листов обычно не превышает 10...12 мм.

При точечной сварке (рисунок 7.2) сложенные внахлестку детали *1* зажимают с некоторым усилием между медными электродами *2*, к которым через электрододержатели *3* подводится ток от сварочного трансформатора *4*.

Нижний электрод устанавливают неподвижно, а верхний вместе с электрододержателем перемещается с помощью механизма сжатия, который создает между электродами необходимое давление P . Зажав изделие, включают трансформатор, и место контакта между изделиями нагревается до образования ядра из расплавленного металла. Последующим приложением усилия осадки осуществляется сварка металлов, которая заканчивается снятием давления и выключением тока. На точечных машинах сваривают углеродистые, легированные, высоколегированные стали и цветные металлы.

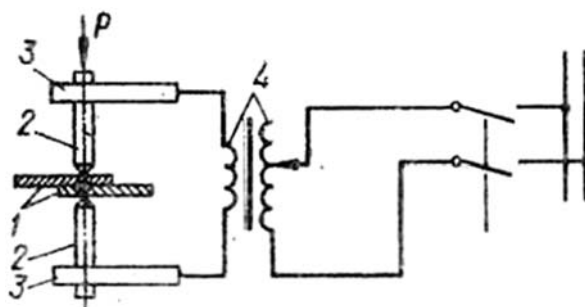


Рисунок 7.2 – Схема точечной сварки давлением

7.1.3 Шовная или роликовая сварка. Применяется для получения прочных и плотных швов при изготовлении тонкостенных сосудов, предназначенных для хранения и транспортирования жидкостей, газов и других продуктов, а также в производстве тонкостенных труб.

При шовной сварке листы l толщиной $0,3...3$ мм собирают внахлестку и затем зажимают усилием P между двумя медными роликами 2 , к которым подводят электрический ток от сварочного трансформатора 3 (рисунок 7.3). Одному или обоим роликам сообщает принудительное вращение специальный привод. При включении тока и одновременном вращении роликов происходит перемещение и нагрев до расплавления контактных поверхностей свариваемых изделий, которые под действием сжимающих усилий свариваются.

Различают два основных способа шовной сварки: непрерывный и прерывистый.

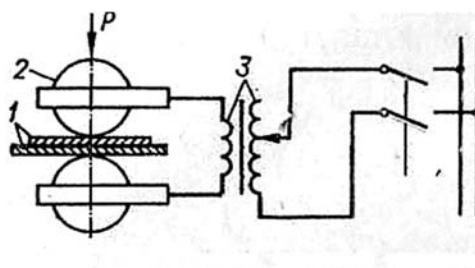


Рисунок 7.3 – Схема роликовой сварки давлением

7.2 Ход работы

- 1 Ознакомиться с технологическими особенностями сварки давлением.
- 2 Изучить назначение и принцип работы сварочной машины.

3 Произвести сварку двух цилиндрических деталей, расположенных под углом 90° друг к другу.

4 Составить отчет.

Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Схемы основных способов сварки давлением.

Контрольные вопросы

1 В чем сущность способов сварки давлением?

2 В чем особенность точечной и рельефной сварки?

3 В чем особенность конструкции токоподводящих частей машины и электродов для точечной сварки давлением?

4 Какие параметры необходимо учитывать при выборе величины сварочного тока?

8 Лабораторная работа № 8. Сварка пластмасс

Цель работы: ознакомиться с основными способами и особенностями сварки полимерных материалов, а также устройством и принципом действия оборудования, применяемого для выполнения сварных соединений.

Оборудование и материалы: промышленный фен; прибор для сварки полимерных труб в раструб; труба полипропиленовая; полипропилен листовой; присадочный материал в виде прутка; секундомер; перчатки кожаные.

8.1 Общее положение

Свариваемость пластмасс характеризуется их способностью переходить в пластическое состояние при нагреве. Однако эта способность у всех пластмасс различна. В зависимости от поведения полимера при нагреве все пластмассы подразделяются на две большие группы: термореактивные и термопластичные.

В термореактивных пластмассах связь между мономерами или их цепями приводит к возникновению пространственной решетки, т. е. к образованию пространственно-сетчатых молекул. Такие молекулы в свою очередь образуют полимерные сетки с прочными связями звеньев, перемещение которых ограничено. В связи с этим данная группа пластмасс не подвергается сварке.

Термопластичные полимеры характеризуются нитеобразным соединением мономеров в молекуле. В данном случае молекулы могут разветвляться и переплетаться между собой. При этом они могут образовывать упорядоченную

структуру полимера – кристаллическую фазу, или неупорядоченную – аморфную фазу.

При комнатной температуре энергия молекул не достаточна для преодоления действия сил молекулярного притяжения и подвижность их как бы «заморожена», т. е. пластмасса находится в твердо-хрупком состоянии. С повышением температуры колебания молекул усиливаются, и полимер переходит в твердо-вязкое состояние. При дальнейшем нагреве, при достижении определенной температуры, значение которой зависит от вида свариваемого полимера, энергия молекул становится достаточной для преодоления сил межмолекулярного взаимодействия и взаимное положение молекул изменяется – материал переходит в высокоэластическое, а затем в пластическое состояние. Как правило, полимеры из твердого состояния в пластическое переходят постепенно, поэтому используется понятие *области температур размягчения*. Для большинства материалов данная область лежит в достаточно узком температурном интервале, отклонение от которого может привести к значительному снижению механических свойств образуемого соединения. Одной из важнейших причин является низкая температура разложения термопластов. Это температура, при которой молекулы расщепляются на более мелкие, в результате чего могут вступать в реакции между собой и элементами окружающей среды, например, с водой, кислородом. В результате образуются новые химические соединения, при этом пластмасса утрачивает первоначальные свойства. Температуры текучести и разложения некоторых термопластов приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Температурный интервал вязкотекучести и деструкции некоторых термопластов

Материал	Температура текучести T_m , °C	Температура деструкции T_d , °C
Полиэтилен (ПНД)	130...135	230
Полипропилен (ПП)	175...180	250
Поливинилхлорид (ПВХ)	180...200	140
Полиэтилентерефталат (ПЭТ)	250...260	350
Полистирол (ПС)	150...160	220...230
Полиметилметакрилат (ПММА)	175...180	170...180
Фторлон 4М (Ф)	285...300	350

Чувствительность пластмасс к данному процессу не обусловлена строго определенной температурой, и степень деструкции ее во многом зависит от продолжительности нагрева. Пластмасса выдерживает кратковременное воздействие температуры, однако продолжительный нагрев приводит к ее разложению.

Для предотвращения процессов разложения и окисления необходимо соблюдать некоторые требования: обеспечивать стабильный нагрев, что улучшает свариваемость и качество швов; при сварке полимеров, отличающихся

высокой чувствительностью к окислению, необходимо в качестве газов применять не воздух, а, к примеру, азот или углекислый газ; сварку необходимо выполнять в течение минимального времени, особенно в тех случаях, когда в качестве теплоносителя используется воздух.

Сварке подвергают детали и изделия из поливинилхлорида, полиэтилена, полипропилена, полиметилметакрилата, полиамида, полиизобутилена, поликарбоната и т. д.

Наиболее часто используются такие способы сварки пластмасс, как *сварка нагретым газом* и *сварка нагретым инструментом*.

8.1.1 Технология сварки пластмасс нагретым газом. Для получения сварного соединения данным способом свариваемые изделия одновременно разогревают струей горячего газа-теплоносителя, нагреваемого в специальном устройстве. Сварка выполняется с применением присадочного материала и без него, вручную или с использованием специальных приспособлений для механизации процесса. В качестве присадочного материала в большинстве случаев применяются прутки, изготовленные из того же материала, что и свариваемое изделие. При сварке по классической схеме нагревательный прибор располагается в пространстве между свариваемыми кромками и присадочным материалом (рисунок 8.1). Присадочный материал прижимается и удерживается рукой.

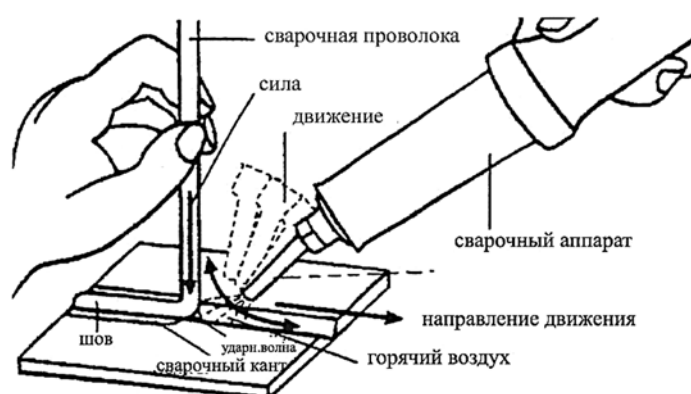


Рисунок 8.1 – Процесс сварки пластмасс нагретым газом

Стыковые швы без разделки кромок выполняют в основном при сварке листов или труб толщиной менее 4 мм. Между деталями необходим зазор 1...1,5 мм для лучшего заполнения сварного шва присадочным материалом, т. е. для лучшего провара по всей высоте шва. Сварку листов толщиной до 2 мм следует производить без зазора.

Температура газа на выходе из сопла горелки обычно на 50 °С...100 °С выше температуры вязкотекучего состояния свариваемых термопластов. Расстояние между изделием и соплом горелки следует поддерживать постоянным и равным 5...8 мм. Расход нагретого газа устанавливают обычно в интервале 1...3,5 м³/ч. Малые расходы снижают производительность и приводят к непроварам.

Положение сварочного прутка и сопла горелки по отношению к поверхности шва существенно влияет на получение плотного и ровного шва с достаточной прочностью.

Под прямым углом (рисунок 8.2, а) прутки держат при сварке непластифицированного поливинилхлорида, полиметилметакрилата, полиэтилена высокой плотности и др. При угле наклона присадочного прутка больше 90° (рисунок 8.2, б) сваривают поливинилиденхлорид и полипропилен. При сварке полиэтилена низкой плотности, пластифицированного поливинилхлорида и полиизобутилена прутки наклоняют под углом $45^\circ \dots 50^\circ$ (рисунок 8.3, в).

Перед сваркой прутки нагревают, отгибают под прямым углом и охлаждают на воздухе. Перед началом сварки прутки устанавливают на расстоянии $10 \dots 15$ мм от начала шва (рисунок 8.2, в). При смене прутка отогнутую часть нового прутка укладывают на конец прерванного шва с перекрытием 10 мм (рисунок 8.2, д).

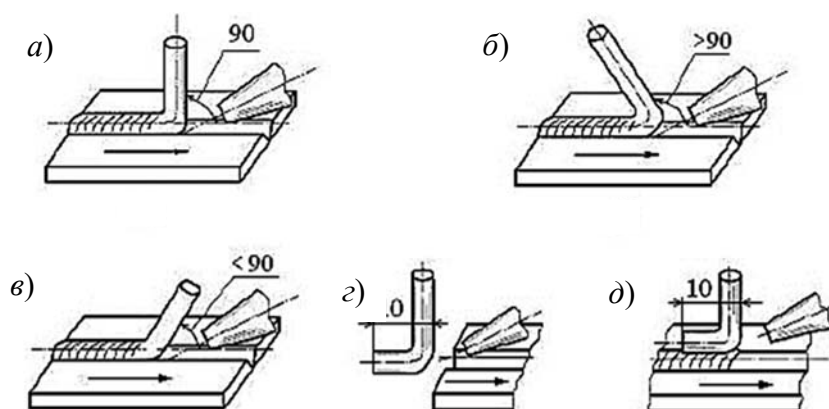


Рисунок 8.2 – Положение присадочного прутка и горелки при сварке

Скорость сварки зависит от толщины и типа свариваемого материала, температуры нагрева присадочного и основного материалов и составляет $4 \dots 15$ м/ч. Для увеличения производительности процесса целесообразно применять предварительный подогрев присадочного и основного материалов.

Материал толщиной $1 \dots 2$ мм сваривают за один проход. При толщине более 2 мм швы накладывают последовательно.

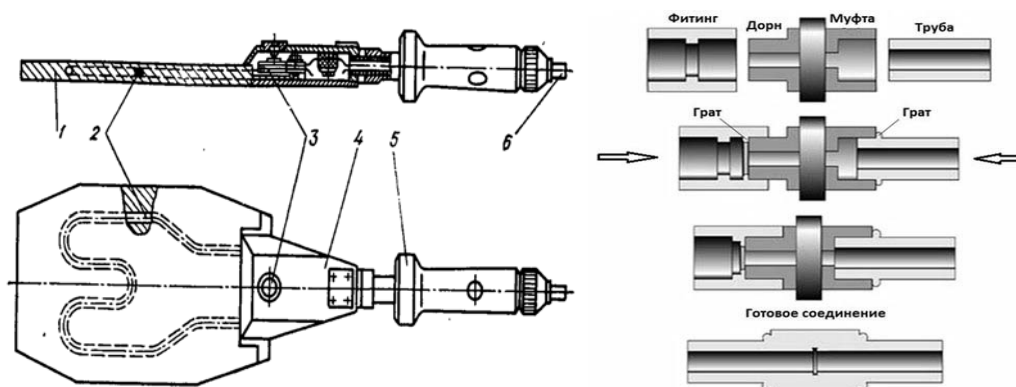
8.1.2 Сварка нагретым инструментом. Основана на оплавлении свариваемых поверхностей путем их прямого соприкосновения с нагреваемым инструментом (рисунок 8.3, а). После нагрева свариваемых поверхностей инструмент удаляется из зоны шва. Данным способом выполняют стыковую сварку деталей, сварку в раструб, сварку нахлесточных соединений (сварка тонкостенных изделий и пленок) и др.

При стыковой и раструбной сварке после оплавления свариваемых поверхностей изделия разводятся, инструмент убирается, а оплавленные поверхности соединяются под небольшим давлением.

При раструбной сварке соединяются внутренняя поверхность раструба и наружная поверхность трубы, а нагревательный инструмент имеет два рабочих

элемента: *гильзу* для оплавления наружной поверхности конца трубы и *дорн* для оплавления внутренней поверхности раструбы (рисунок 8.3, б).

Внешний диаметр трубы чуть больше номинального диаметра, а внутренний диаметр фитинга чуть меньше номинального диаметра трубопровода. Например, труба диаметром 20 мм на самом деле имеет внешний диаметр 20,3...20,5 мм, а фитинг для трубопровода диаметром 20 мм имеет внутренний диаметр 19,5...19,7 мм. При этом диаметры рабочих поверхностей муфт и дорнов в их средней части (рабочие поверхности конические, конусность около $0,5^\circ$) соответствуют номинальному диаметру.



1 – нагревательная плита; 2 – нагревательный элемент; 3 – терморегулятор; 4 – корпус; 5 – рукоятка; 6 – кабель питания

Рисунок 8.3 – Инструмент для сварки полимерных труб в раструб (а) и процесс получения сварного соединения (б)

В процессе совмещения трубы с нагретой муфтой внешний слой трубы оплавляется и выдавливается наружу в форме валика (грата), а внутренние слои прогреваются достаточно, чтобы упруго сжаться и позволить трубе войти в нагретую муфту.

8.1.3 Технология сварки полипропиленовых труб в раструб. Процесс включает следующие операции: резка трубы, подготовка деталей к сварке, монтаж и вывод на рабочий режим сварочного аппарата, установка деталей на прогрев, сборка соединения и его охлаждение.

Без больших усилий совместить трубу и фитинг вручную с нагретым инструментом, а затем совместить трубу с фитингом в соединение удастся только при сварке трубопроводов небольших диаметров – до 40...50 мм. Для сварки труб диаметром больше 50 мм, как правило, используют специальные центрирующие устройства для раструбной сварки.

Перед началом работ прибор для сварки полипропиленовых труб необходимо надежно закрепить в кронштейне или на станине, т. к. во время установки на прогрев к деталям прилагаются определенные усилия, передающиеся на прибор.

После установки аппарата выставляется необходимое значение температуры нагрева, и прибор включается в сеть. Температура инструмента для сварки полипропиленовых труб в раструб должна составлять (260 ± 10) °С. Это значительно превышает температуру вязкотекучести полипропилена и делается с той целью, чтобы быстро оплавить поверхностный слой трубы и фитинга и снять детали, не допуская прогрева их стенки на всю толщину, поскольку в этом случае труба и фитинг потеряют жесткость и их невозможно будет соединить.

8.1.4 Установка деталей на прогрев. После выхода аппарата на рабочий режим труба и фитинг одновременно устанавливаются для нагрева – труба вставляется в муфту, фитинг надевается на дорн. Если одновременная установка деталей невозможна, первым устанавливается фитинг, т. к. он массивнее. При этом прилагаемое усилие не должно быть излишним, надвигать детали нужно постепенно, следя за тем, чтобы образующийся грат был правильной формы.

Устанавливая детали, нужно контролировать глубину их установки, чтобы снять усилие, когда они упрутся в дно муфты и вершину дорна. В противном случае можно смять торец трубы и ограничитель фитинга.

После установки деталей в муфту и на дорн аппарата для сварки пластиковых труб нужно дать им время для оплавления поверхностей. Продолжительность нагрева – очень важный параметр. Она должна быть достаточной для того, чтобы поверхности нагрелись до состояния вязкотекучести, но не быть выше того значения, за которым детали начнут терять жесткость.

Общее время для получения соединения состоит из: времени на нагрев (зависит от типа материала и диаметра трубы); времени на переустановку (время на снятие разогретых деталей и их соединения); времени фиксации (время удержания соединения до частичного остывания). Это время используется для выравнивания соединения руками. По его истечении соединение теряет эластичность, изменять его форму уже невозможно; время полного остывания.

Время нагрева отсчитывается с момента достижения деталями упоров. После того как оно закончится, трубу и фитинг с тем же умеренным усилием снимают с оправок.

Время, которое проходит с момента снятия деталей до момента их сборки, должно быть, как можно меньше и в любом случае не превышать 4...6 с.

В случае задержки произойдет охлаждение деталей и соединение получить будет невозможно.

8.2 *Ход работы*

Определение оптимальной температуры газовой струи для сварки листового полипропилена.

1 Взять две прямоугольные пластины из листового полистирола и собрать

их встык с зазором 2...3 мм.

2 Включить прибор и установить температуру струи 200 °С.

3 Наложить сварной шов длиной 20...30 мм, замерив с помощью секундомера затраченное время.

4 Увеличить температуру струи до 250 °С и наложить сварной шов аналогичной длины, замеряя затраченное время.

5 Повторить опыт при температуре струи 300 °С.

6 Результаты занести в отчет.

Определение оптимального времени нагрева заготовок при сварке полипропиленовых труб в раструб.

1 Установить на прибор гильзу и дорн для сварки труб диаметром 15 мм.

2 Включить прибор в розетку и подождать 5...7 мин для выхода его на рабочий режим.

3 Взять соединительную муфту и трубу из полпропилена и осадить их на инструменте. Выдержать свариваемые детали на инструменте 2 с.

4 Снять разогретые детали и соединить между собой, прилагая небольшое усилие.

5 Повторить проделанную операцию, увеличив время выдержки до 5, а затем до 15 с.

6 Оценить и описать качество свариваемых соединений. Проанализировать, какое время нагрева является оптимальным. Сделать соответствующий вывод.

Содержание отчета

1 Титульный лист.

2 Цель работы.

3 Результаты измерений и наблюдения.

4 Вывод по проделанной работе.

Контрольные вопросы

1 Какая группа пластмасс может подвергаться сварке?

2 В чем отличие сварки полимеров от сварки металлов?

3 Какие способы сварки полимеров получили широкое распространение? В чем их отличие друг от друга?

4 Почему при сварке пластмасс температура и время нагрева имеют важное значение?

5 От чего зависит угол наклона присадочного материала при сварке пластмасс нагретым газом?

6 Как влияет длительность нагрева заготовок из пропилена при сварке в раструб на качество получаемого соединения?

Список литературы

1 Материаловедение и технологические процессы в машиностроении: учебное пособие / С. И. Богодухов [и др.] ; под общ. ред. С. И. Богодухова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ , 2017. – 560 с.

2 **Афанасьев, А. А.** Технология конструкционных материалов : учебник / А. А. Афанасьев, А. А. Погонин. – Старый Оскол : ТНТ, 2017. – 656 с.

3 Оборудование для дуговой сварки : сварочное пособие / Под ред. Н. В. Смирнова. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1986. – 656 с.