

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

КРАСНОЯРСКИЙ ИНСТИТУТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА –
филиал ФГБОУ ВО
«Иркутский государственный университет путей сообщения»

А.А. КЛИМОВ

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ТИТМО СВАРКОЙ

Лабораторный практикум для студентов направления подготовки
23.03.03 «эксплуатация транспортно-технологических машин и
комплексов» очной формы обучения

Красноярск
КриЖТ ИрГУПС
2018

УДК 620.22

К49

Рецензенты:

А.С. ТЮРИКОВ, канд. техн. наук, доцент, каф. «Эксплуатация железных дорог» КрИЖТ ИрГУПС;

В.С. ЧЕКУШИН, д.т.н. профессор каф. «Эксплуатация железных дорог» КрИЖТ ИрГУПС.

УДК 620.22

К49

Климов, А.А. Восстановление деталей ТигТМО сваркой : лабораторный практикум для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» очной формы обучения / А.А. Климов; КрИЖТ ИрГУПС – Красноярск: КрИЖТ ИрГУПС, 2018. – 83 с.; ил.

Пособие представляет собой практикум, включающий описание двенадцати лабораторных работ по дисциплине «Восстановление деталей ТигТМО сваркой». Лабораторные работы составлены по изучению газо-электросварочного оборудования, технологии восстановления деталей подвижного состава сваркой, основ расчета технологических режимов восстановления деталей сваркой. Каждая из лабораторных работ включает общую часть, методические указания по выполнению работы, перечень элементов отчета и контрольные вопросы. В большинстве заданий рассматривается работа с материальными объектами, технологическими расчетами, что обеспечивает развитие практических навыков у студентов.

Предназначено для студентов второго курса специальности ЭТп. очной формы обучения.

Рекомендовано к изданию методическим советом КрИЖТ ИрГУПС

Печатается в авторской редакции

© А.А. Климов, 2018

© Красноярский институт
железнодорожного транспорта, 2018

Оглавление

Лабораторная работа №1 Наплавка, сварка под слоем флюса	4
Лабораторная работа №2 Сварка порошковой проволокой.....	17
Лабораторная работа №3 Сварка в углекислом газе	27
Лабораторная работа № 4 Стыковая сварка	35
Лабораторная работа № 5 Точечная и шовная сварка	41
Лабораторная работа № 6 Газопрессовая сварка деталей локомотивов.....	46
Лабораторная работа № 7 Заварка трещин и усиление поврежденных мест деталей локомотивов.....	51
Лабораторная работа № 8 Способы повышения качества сварных соединений.....	58
Лабораторная работа № 9 Газотермическая наплавка и напыление деталей локомотивов.....	62
Лабораторная работа № 10 Вибродуговая наплавка деталей локомотивов	67
Лабораторная работа № 11 Многоэлектродная наплавка	72
Лабораторная работа № 12 Индукционная наплавка	78
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ	82

Лабораторная работа № 1
Наплавка, сварка под слоем флюса
(Работа рассчитана на 4 часа)

Цель работы:

Изучить основы технологии наплавки, сварки под слоем флюса.

Задание:

1. Изучить основы технологии наплавки, сварки под слоем флюса.
2. Применяемое оборудование и режимы его работы.
3. По эскизу заданной детали разработать технологию восстановления методом наплавки, сварки под слоем флюса.

Приборы, материалы, инструменты:

1. Методические пособия.

1. Общие положения

Упрощение изготовления сварных конструкций по сравнению с отливками и поковками ведет к сокращению сроков освоения производства, снижению трудоемкости и себестоимости изготовления заготовок. В связи с уменьшением толщины стенок и упрощением конструкции изделий применение сварных заготовок взамен литых дает экономию металла до 30...60%. Кроме того, удельные капитальные вложения на 1 т сварных заготовок примерно в 3 раза меньше, чем на 1 т стального литья.

Сварку под слоем флюса применяют при изготовлении и ремонте конструкций и деталей ответственного назначения, которые должны надежно эксплуатироваться в условиях низких и высоких температур, давления, агрессивных сред и т. д.

Сварка осуществляется механизированным и автоматическим способами. Автоматический способ наиболее выгодно применять при массовой сварке однотипных деталей, имеющих правильную геометрическую форму и удобных для удержания на поверхности флюса.

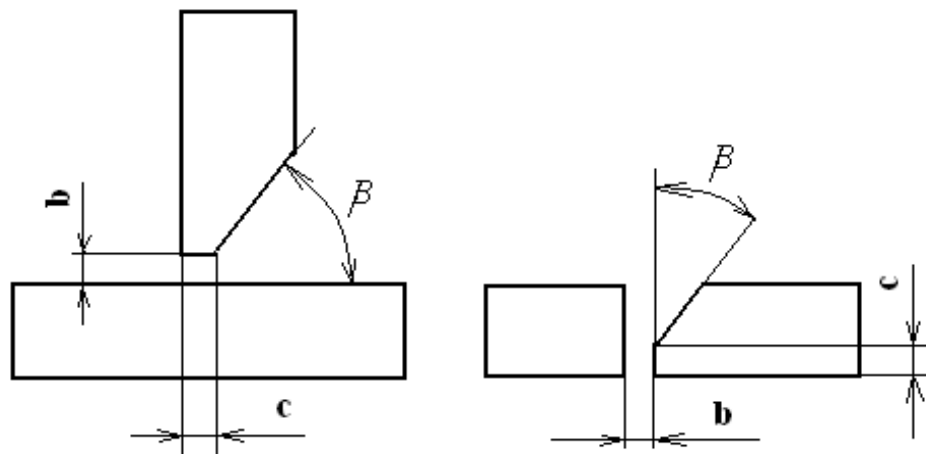
Механизированный (полуавтоматический) способ используют при сварке конструкций, имеющих швы с малым радиусом кривизны, небольшой длины или расположенные в труднодоступных местах, в мелкосерийном производстве.

Сваркой под флюсом выполняют швы, расположенные в нижнем положении при толщине металла от 2 до 100 мм. Подготовку кромок производят механическим способом или термической резкой (рисунок 1.1).

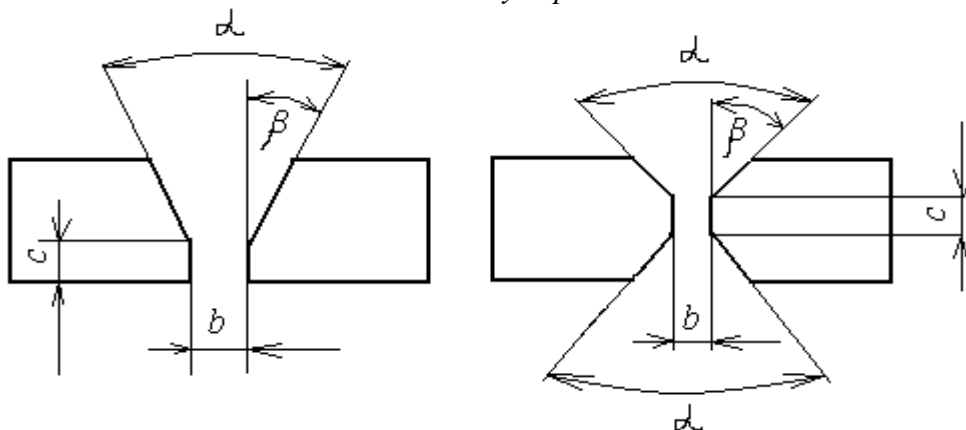
α – угол разделки кромок (60–90°),

β – угол скоса кромки (30–50°).

Разделка одной кромки



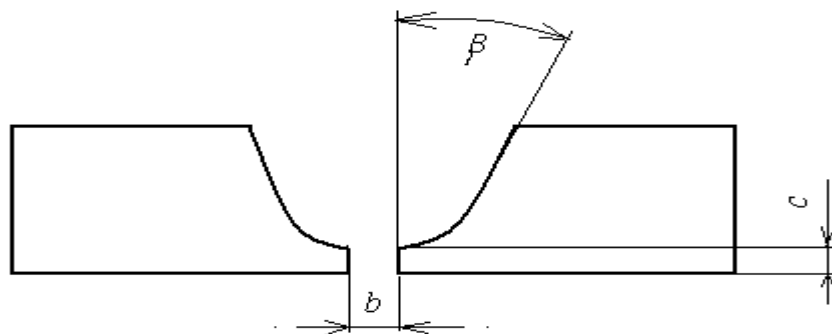
Разделка двух кромок



V-образная разделка кромок

X-образная разделка кромок

Криволинейный скос кромок



U-образная разделка кромок

Рисунок 1.1 – Конструктивные элементы разделки кромок сварных соединений
 b – зазор между деталями принимается 1–4 мм в зависимости от толщины свариваемого металла (чем больше зазор, тем глубже проплавление металла).

c – притупление кромок принимается 1–3 мм в зависимости от толщины свариваемого металла.

На расстоянии не менее 20 мм от наружной кромки разделки с каждой стороны необходимо удалять краску, масло, влагу, ржавчину и другие загрязнения.

В целях повышения производительности автоматической сварки разрешается применять:

1. Сварку подогретым электродом.
2. Сварку с металлическими присадками.
3. Многоэлектродную и двухдуговую сварку.
4. Сварку в узкий зазор.

В таблице №1.1 приведены рекомендуемый вид и марка присадочного материала (крупка). Крупку изготавливают из проволоки диаметром 1,0–1,6 мм. Длина каждой частицы не должна превышать двух диаметров проволоки.

Таблица №1.1 – Вид и марка присадочного материала

Свариваемый материал	Марка применяемого электрода	Вид и марка присадочного материала
Малоуглеродистая сталь	Св–08А	Крупка из проволоки Св–08ГА
	Св–08ГА	Крупка из проволоки Св–08А
	Св–08Г2С	Крупка из проволоки ПЖ–2К
Низкоуглеродистая сталь 10Г2С1, 09Г2С, 14Г2	Св–10Г2 Св–08ГА	Крупка из проволоки Св–10Г2С

При сборке стыкового соединения заготовки скрепляют струбцинами, скобами, прихватками электродами (затем очищают от шлака). В начале и в конце стыка приваривают технологические планки длиной 100–120 мм и шириной 60–120 мм. Форма разделки их кромок должна соответствовать форме разделки основного стыка.

Стыковые соединения выполняют односторонней или двусторонней сваркой, а также однопроходными или многопроходными швами.

При наложении двухсторонних однопроходных швов глубина проплавления первого шва должна быть не менее половины толщины металла. При сварке второй стороны шва должна быть проплавлена вершина первого шва (величина зазора не должна превышать 1 мм).

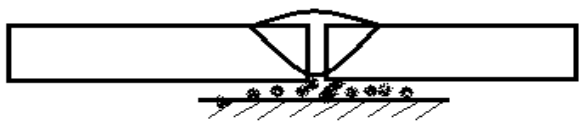
Сварку односторонних швов можно производить при толщине металла до 18 мм.

Для получения полного провара и предупреждения вытекания жидкого металла сварку производят на флюсовой подушке, медной или

флюсо–медной подкладке, на остающейся стальной подкладке или с ручной подваркой корня шва (рисунок 1.2).



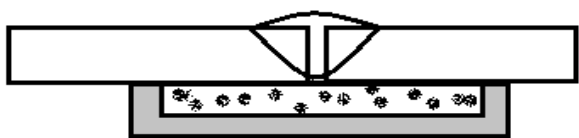
На стальной остающейся подкладке



На флюсовой подушке



**На стальной временной подкладке,
удерживаемой с помощью механического
поджатия**



На флюсо-медной подкладке

Рисунок 1.2 – Методы предупреждения вытекания жидкого металла

При сварке на остающейся стальной подкладке необходимо проплавливать шов, захватывая подкладку. Сварку на медной подкладке применяют для соединения тонких листов. Зазор между подкладкой и металлом не должен превышать 1 мм.

Односторонняя сварка за один проход применяется при толщине металла до 10 мм.

Двухсторонняя сварка за один проход применяется при толщине металла до 20 мм.

Соединения при толщине металла более 20 мм выполняют с разделкой кромок.

Многопроходная сварка применяется при толщине металла свыше 30 мм, при этом рекомендуется выполнять сварку с разных сторон соединения. Каждый последующий шов производится только после тщательной зачистки предыдущего слоя.

Этот вид восстановления вагонных деталей пока уступает наплавке порошковой проволокой и наплавке в среде углекислых газов и составляет

около 10% в общем объеме механизированных способов сварки и наплавки. Широкие перспективы наплавки под слоем флюса связаны с последними работами в этой области по восстановлению интенсивно изнашиваемых узлов (пятник–подпятник, фрикционный клин-надрессорная балка), а также по восстановлению профиля катания колеса наплавкой.

Наплавку, сварку производят голой электродной проволокой, которую подают в зону горения дуги специальным механизмом – головкой автомата, а сама зона сварки находится под слоем флюса. Основным назначением флюса является защита расплавленного металла от вредного воздействия кислорода и азота воздуха (рисунок 1.3). Кроме того, флюс должен обеспечивать правильную форму шва, надлежащий химический состав металла шва, высокие механические свойства наплавленного изделия, устойчивость процесса сварки, легкую удаляемость шлаковой корки с поверхности шва. В процесса сварки флюсы не должны выделять в большом количестве вредные газы и думы, которые могут отравить работающих.

Основные преимущества сварки под слоем флюса по сравнению с ручной дуговой сваркой состоит в повышении производительности в 5–20 раз, качества сварных соединений и уменьшении себестоимости 1 метра сварочного шва. Повышение производительности достигается за счет использования больших сварочных токов (до 2000 А) и непрерывности процесса сварки. Увеличение сварочного тока позволяет сваривать металл толщиной до 20 мм за один проход.

Флюсы подразделяются на плавленные, керамические и флюсы–смеси.

Наибольшее распространение получили плавленные флюсы. Для наплавки углеродистых и низколегированных сталей применяются в основном высококремнистые марганцовые флюсы ОСЦ–45 и АН–348. Первый малочувствителен к ржавчине на поверхности основного металла и обеспечивает получение плотных швов, стойких против образования трещин. К недостаткам флюса следует отнести высокое содержание фтора, выделение которого требует эффективной вентиляции. Флюс АН–348 обеспечивает несколько большую устойчивость горения дуги и выделяет меньше вредных из–за пониженного содержания фтористого кальция, но более чувствителен к коррозии. Известны и другие плавленные флюсы, например АН–20, АН–28, АН–60.

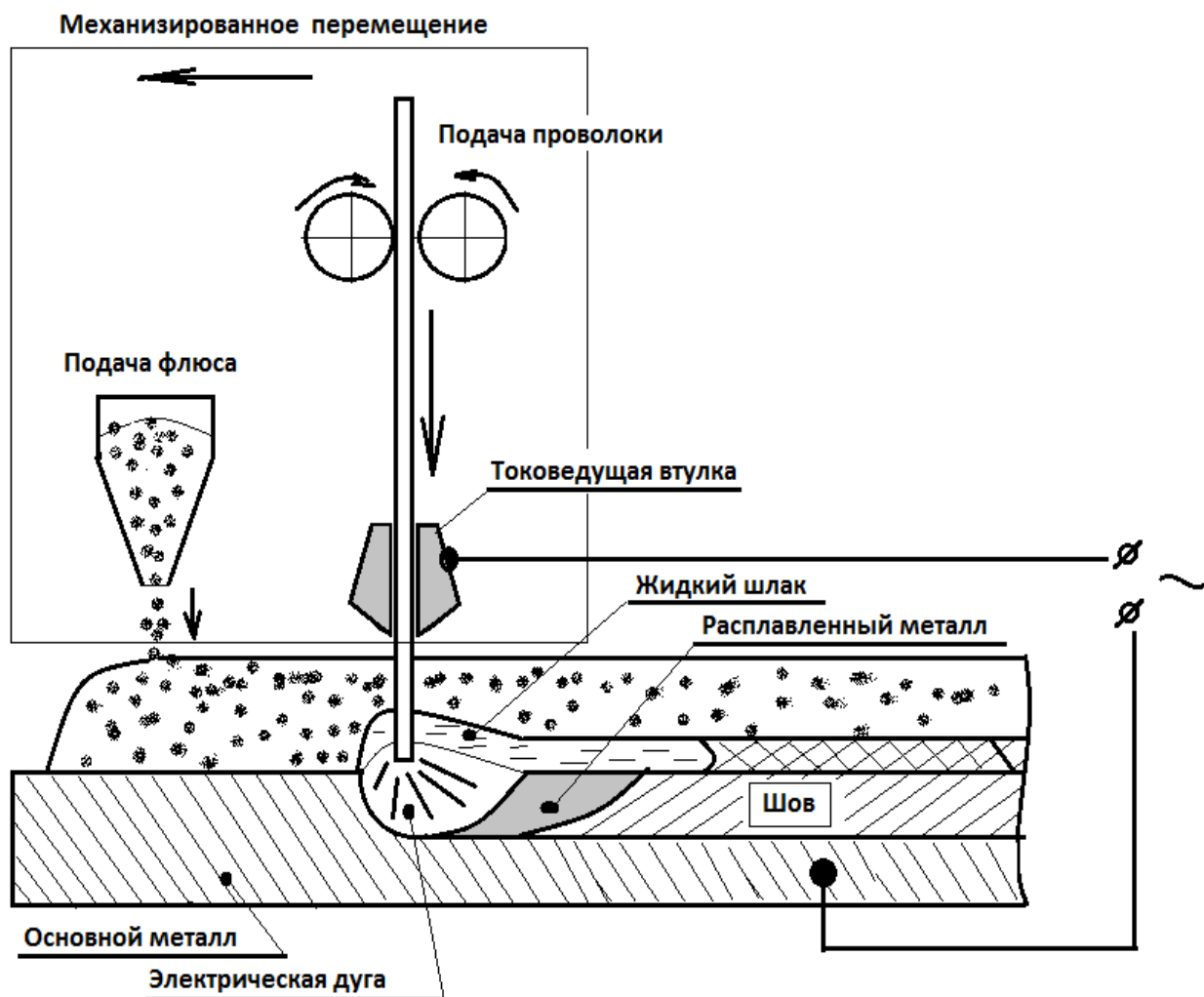


Рисунок 1.3 – Схема сварки, наплавки под слоем флюса

По структуре плавные флюсы делятся на стекловидные, пемзовидные (пористые) и кристаллические. Стекловидные имеют светло-серый, желтый и коричневый цвета разных оттенков. Зерна пемзовидного флюса светлых оттенков. Стекловидный флюс по сравнению с пемзовидным обеспечивает более совершенную защиту зоны сварки от действия воздуха. Для сварки проволокой диаметром менее 3 мм применяют стекловидный флюс с размерами зерен 0,25–1мм.

Керамические флюсы АНК–18, АНК–19,К–11, КВС–19 кроме стабилизирующих и шлакообразующих элементов содержат легирующие добавки ферросплавы, обеспечивающие высокую твердость и износостойкость наплавленного металла.

2. Режим сварки

Основными параметрами режима сварки являются **сварочный ток и напряжение дуги, скорость сварки и скорость подачи сварочной проволоки.**

Влияние сварочного тока проявляется в том, что с его увеличением растет и глубина провара и доля участия основного металла в металле шва. Обратная зависимость наблюдается при увеличении диаметра проволоки. Напряжение дуги почти не влияет на глубину проплавления, но с ее увеличением увеличивается подвижность дуги, а вместе с ней возрастает ширина шва и снижается его выпуклость. С увеличением скорости перемещения дуги увеличивается горизонтальная составляющая давления дуги на расплавленный металл сварочной ванны, жидкий металл из-под дуги вытесняется и глубина проплавления возрастает, несмотря на уменьшение погонной энергии. Это приводит к сокращению площади шва и увеличению доли участия основного металла в металле шва.

На форму и размеры шва влияют и такие технологические факторы, как род и полярность тока, наклон электрода и изделия, вылет электрода, марка и структура флюса.

На форму и размеры шва влияют и такие технологические факторы, как род и полярность тока, наклон электрода и изделия, вылет электрода, марка и структура флюса.

Влияние рода тока и полярности на форму шва объясняется различным количеством теплоты, выделяющейся на катоде и аноде. При сварке под флюсом на аноде выделяется меньше теплоты, чем на катоде, и поэтому при прямой полярности глубина провара на 40–50% меньше, чем при обратной. В тоже время глубина провара на 15–20% меньше, чем при сварке на переменном токе.

Влияние наклона электрода сказывается на изменении положения дуги. Так, при наклоне электрода углом назад происходит более интенсивное вытеснение металла сварочной ванны, несколько увеличивая при этом глубину провара. Этот метод применяют редко. В основном наплавку ведут при наклоне электрода углом вперед.

Изменение вылета электрода и марки флюса приводит к изменению условий выделения теплоты. Увеличение вылета электрода ведет к усилению предварительного подогрева электрода током и к увеличению скорости его плавления. Суммарное напряжение при этом несколько увеличивается, а сварочный ток и глубина провара уменьшаются.

При наплавке следует стремиться к тому, чтобы припуск на обработку не превышал 1,5–2 мм, т.е. поверхность должна быть достаточно ровной без значительных наплывов и провалов между валиками.

Введением в сварочную ванну металлической крупки из сварочной проволоки диаметром 0,8–2 мм достигается перераспределение тепловой

мощности и существенно уменьшается количество теплоты, поглощаемой основным металлом, его доля в металле шва уменьшается. Меньше перегревается изделие, повышается его стойкость против трещин. Повышается производительность процесса.

В ряде случаев в вагонных депо используют в качестве электрода вырезанную по шаблону металлическую пластину толщиной 3–4 мм. Эту пластину накладывают на изношенную поверхность под слой флюса и ведут процесс наплавки путем искусственного возбуждения дуги.

Известно также применение пластинчатых электродов при наплавке изношенных поверхностей корпуса автосцепки.

3. Проектирование технологии выполнения сварки.

Основные рекомендации для проектирования технологии наплавки.

1. Сваркой под флюсом выполняются швы расположенные в нижнем положении при толщине металла от 2 до 100 мм.
2. Разделку кромок регламентируют по ГОСТ 8713–79 (рисунок 1.1).
3. Подготовку кромок производят механическим способом или термической резкой.
4. На расстоянии не менее 20 мм от наружной кромки разделки с каждой стороны необходимо удалить краску, масло, влагу, ржавчину и другие загрязнения.
5. При сборке стыковые соединения закрепляют струбцинами, скобами, прихватками электродами.
6. В начале и конце стыков приваривают технологические планки длиной 100–120 мм и шириной 60–120 мм.
7. Для получения полного провара и предупреждения вытекания жидкого металла сварку выполняют на флюсовой подушке, медной подкладке (Рисунок 1.2).

Последовательность выполнения работ.

Рассчитать режим сварки по вариантам задания:

1. Подобрать сварочный ток.
2. Подобрать диаметр электрода.
3. Выбрать разделку шва.
4. Подсчитать необходимую массу электродной проволоки.
5. Рассчитать скорость сварки

Ход расчета:

1. В соответствии с вариантом задания по заданной толщине металла подобрать диаметр электрода.
2. Выбрать марку электродной проволоки.
3. Выбрать род и полярность тока.
4. По толщине металла и диаметру электрода подобрать сварочный ток.
5. Рассчитать оптимальное напряжение дуги.
6. Исходя из толщины металла, выбрать разделку сварочного шва.
7. Рассчитать площадь сечения сварочного шва, принимая площадь сечения наплавленного металла выходящего за пределы разделки, равной 10% от площади сечения сварочного шва.
8. Рассчитать объем металла электрода, наплавляемого в сварочный шов.
9. Рассчитать расход электродов в кг.
10. Рассчитать скорость сварки.
11. Рассчитать скорость подачи проволоки.
12. Рассчитать глубину проплавления, если полученное значение ниже толщины металла, то пересчитать с увеличенным сварочным током.
13. Рассчитать время необходимое для сварки заданного сварного соединения.

Примечание:

Суммарная длина шва принимается – 10 м.

Расчет основных параметров технологического процесса сварки:

1. Диаметр электрода ($d_{эл}$) выбирают по толщине листа (таблица 1.2), обычно от 2 до 5 мм.
2. Марка электродной проволоки (выбирается по таблице 1.1).

Таблица 1.2 – Выбор диаметра электрода

Толщина металла, δ , мм	1,0 2,0	3,0	4,0 5,0	6,0 10,0	10,0 15,0	16,0 и более
Диаметр электрода, $d_{эл}$, мм	1,6 2,0	2,0 3,0	3,0 4,0	4,0 5,0	5,0	6,0

3. Род сварочного тока и его полярность (выбрать по таблице 1.3).
4. Сварочный ток ($I_{св}$) определяют исходя из допустимой плотности тока, зависящей от диаметра электрода, по формуле:

$$I = j \times F_{пр}, A,$$

где j – плотность тока, А/мм² (рекомендации в таблице 1.4),

F_{np} – площадь поперечного сечения электродной проволоки, мм².
(принять электрод круглым в сечении).

Таблица 1.3 – Выбор рода и полярности тока

Способ сварки	Диаметр электродной проволоки	Род тока	Полярность
Автоматическая двусторонняя по весу	1,6–2,0	постоянный	обратная
	3,0–6,0	переменный или постоянный	
Двусторонняя на флюсовой подушке	1,0–6,0	постоянный	
Односторонняя на флюсо–медной подкладке	3,0–6,0	постоянный	
Односторонняя на скользящем медном ползуне	1,5–4,0	постоянный	прямая
Механизированная (полуавтоматическая)	1,2–2,0	постоянный	обратная

5. **Напряжение на дуге (U_d)** определяют по формуле:

$$U_d = 8 \times (d_{эл} + 1,6), В$$

6. **Выбрать разделку сварочного шва** (по рекомендациям в тексте выше исходя из толщины металла (Рисунок 1.1).

7. **Рассчитать площадь сечения сварочного шва**, принимая площадь сечения наплавленного металла выходящего за пределы разделки, равной 10% от площади сечения сварочного шва.

Пример расчета:

Дана толщина металла 10 мм.

–выбирается разделка V– образная с углом при вершине 90° (Рисунок 1.4), тогда основа сечения представляет собой два прямоугольных треугольника с равными катетами, каждый из которых равен толщине металла.

– производится расчет треугольного сечения шва:

$$F = \frac{1}{2} \times \delta \times a, см^2$$

– окончательная площадь сечения шва:

$$F_{шва} = F \times 1,1,$$

где $k = 1,1$ – увеличение площади сечения на выпуклость шва.

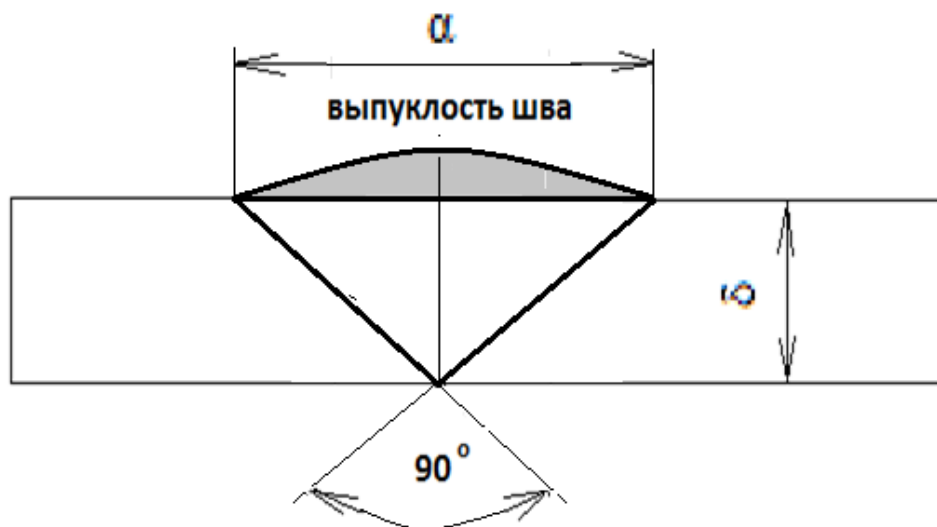


Рисунок 1.4 – Сечение шва

8. Рассчитать объем металла электрода, наплавляемого в сварочный шов.

$$V_{\text{металла}} = F_{\text{шв}} \times L_{\text{шв}}, \text{ см}^3,$$

где $L_{\text{шв}} = 10$ м – суммарная длина шва.

9. Рассчитать расход электродов в кг.

$$Q_{\text{эл}} = V_{\text{металла}} \times \rho, \text{ кг},$$

где ρ – плотность металла (для стали $7,8 \text{ Г/см}^3$)

10. Скорость сварки, наплавки ($V_{\text{св}}$) определяют по формуле:

$$V_{\text{св}} = 27,7 \times \frac{B}{I_{\text{св}}}, \text{ см/с},$$

Где B – коэффициент, определяющий скорость сварки (таблица 1.4).

Таблица 1.4 – Исходные данные для расчета сварочного тока и скорости сварки

$d_{\text{эл}}$	2	3	4	5
$j, \text{ А/мм}^2$	65–200	45–90	35–60	25–45
$B, \text{ А} \times \text{м/ч}$	8–12	12–16	16–20	20–25

11. Скорость подачи проволоки ($V_{\text{пр}}$) находят по формуле:

$$V_{\text{пр}} = 100 \times \alpha_{\text{р}} \times I_{\text{св}} / F_{\text{шв}} \times \rho, \text{ см/с}$$

Где ρ – плотность металла (для стали $7,8 \text{ Г/см}^3$);

$F_{\text{шв}}$ – площадь поперечного сечения наплавленного шва, см^2 ;

$\alpha_{\text{р}}$ – коэффициент расплавления, $\text{г/А} \times \text{с}$.

Для переменного тока

$$\alpha_{\text{р}} = (19 + 0,1 \times I_{\text{св}} / d_{\text{эл}}) \times 10^{-4},$$

Для постоянного тока

$$\alpha_{\text{р}} = (5,5 + 2,8 \sqrt{\frac{I_{\text{св}}}{d_{\text{эл}}}}) \times 10^{-4}.$$

12. Глубина проплавления (H) для низкоуглеродистых и низколегированных сталей рассчитывается по формуле:

$$H = 0,0156 v_{\text{пр}} \sqrt{\frac{q}{V_{\text{св}} \times \Psi}}, \text{ см,}$$

где q – эффективная тепловая мощность сварочной дуги, Дж/с.

$$q = n \times Q,$$

Где n – коэффициент полезного действия сварки (для сварки под слоем флюса $n = 0,9$);

Q – полная тепловая мощность сварочной дуги, которая определяется по формуле:

$$Q = k \times I_{\text{св}} \times U_{\text{д}}, \text{ Дж/с,}$$

где k – коэффициент синусоидальности дуги (для постоянного тока $k = 1$, для переменного тока $k = 0,7 \dots 0,97$).

Ψ – коэффициент формы провара:

$$\Psi = (19 - 0,01 \times I_{\text{св}}) \times d_{\text{эл}} \times U_{\text{д}} / I_{\text{св}}$$

Время, необходимое для сварки заданного сварного соединения./

$$t_{\text{св}} = L_{\text{шв}} / V_{\text{св}}, \text{ час.}$$

($V_{\text{св}}$ – в м/час)

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Эскиз сварочного соединения.
4. Схема сварки.
5. Расчет режима сварки.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА:

Вариант 1. Соединение стыковое, толщина свариваемых деталей 3 мм, материал деталей – низкоуглеродистая сталь ст2, шов нижний.

Вариант 2. Соединение стыковое, толщина свариваемых деталей 10 мм, материал деталей – низкоуглеродистая сталь Св10Г2, шов нижний.

Вариант 3. Соединение стыковое, толщина свариваемых деталей 5 мм, материал деталей – низкоуглеродистая сталь ст3, шов нижний.

Вариант 4. Соединение стыковое, толщина свариваемых деталей 20 мм, материал деталей – низкоуглеродистая сталь ст1, шов нижний.

Вариант 5. Соединение угловое, толщина свариваемых деталей 3 мм, материал деталей – низкоуглеродистая сталь ст2, шов в лодочку.

Вариант 6. Соединение угловое, толщина свариваемых деталей 10 мм, материал деталей – низкоуглеродистая сталь ст3, шов в лодочку.

Вариант 7. Соединение стыковое, толщина свариваемых деталей 15 мм, материал деталей – низколегированная сталь 16Г2АФ, шов нижний.

Вариант 8. Соединение угловое, толщина свариваемых деталей 5 мм, материал деталей – низкоуглеродистая сталь ст3, шов в лодочку.

Вариант 9. Соединение стыковое, толщина свариваемых деталей 4 мм, материал деталей – низкоуглеродистая сталь ст1, шов нижний.

Вариант 10. Соединение угловое, толщина свариваемых деталей 30 мм, материал деталей – низкоуглеродистая сталь ст3, шов в лодочку.

Вариант 11. Соединение тавровое, толщина свариваемых деталей 10 мм, материал деталей – низкоуглеродистая сталь ст2, шов в лодочку.

Примечание: вариант задается звену студентов из двух человек.

Контрольные вопросы:

1. Как выбрать диаметр электрода?
2. Как выбрать сварочный ток?
3. Какой параметр сварки определяет длина дуги?
4. Из каких соображений выбирается скорость сварки?
5. Что такое число проходов?
6. Какая полярность тока выбирается при повышенной скорости сварки низкоуглеродистых сталей?
7. Какой род тока обеспечивает лучшее качество сварочного шва?
8. В каких случаях выбирают стыковое сварное соединение с отбортовкой кромок?
9. При большей или меньшей скорости сварки ширина шва большая?
10. Увеличение сварочного тока увеличивает ширину шва или глубину проплавления?
11. Когда используется многопроходная сварка?
12. Для чего предназначены подкладки по шов?
13. Для чего приваривают бортовые технологические планки?
14. Когда рекомендуется применять однопроходные швы?
15. Когда рекомендуется применять двухсторонние однопроходные швы?
16. Почему этот вид сварки применяется только в нижнем положении?

Лабораторная работа № 2
Сварка порошковой проволокой
(Работа рассчитана на 4 часа)

Цель работы:

Изучить основы технологии сварки порошковой проволокой.

Задание:

1. Изучить основы технологии сварки порошковой проволокой.
2. По эскизу заданной детали разработать технологический режим сварки порошковой проволокой.

Приборы, материалы, инструменты:

1. Методические пособия.

1. Общие положения

Отличительной особенностью сварки порошковой проволокой является сочетание преимуществ ручной дуговой сварки (простота и мобильность) и механизированной сварки в углекислом газе (высокие качество и производительность). На Рисунок 2.1 приведена Схема сварки порошковой проволокой с дополнительной защитой сварочной ванны углекислым газом.

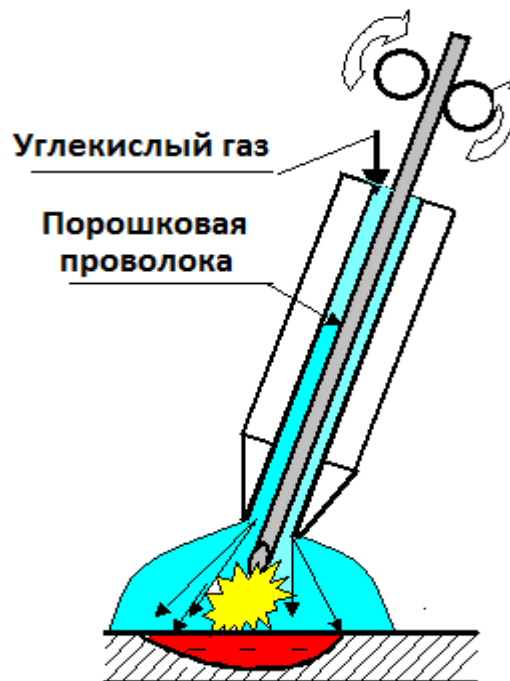


Рисунок 2.1 - Схема сварки порошковой проволокой с дополнительной защитой сварочной ванны углекислым газом

Порошковая проволока – это непрерывный электрод, состоящий из металлической оболочки и порошкового сердечника – шихты (Рисунок 2.2).

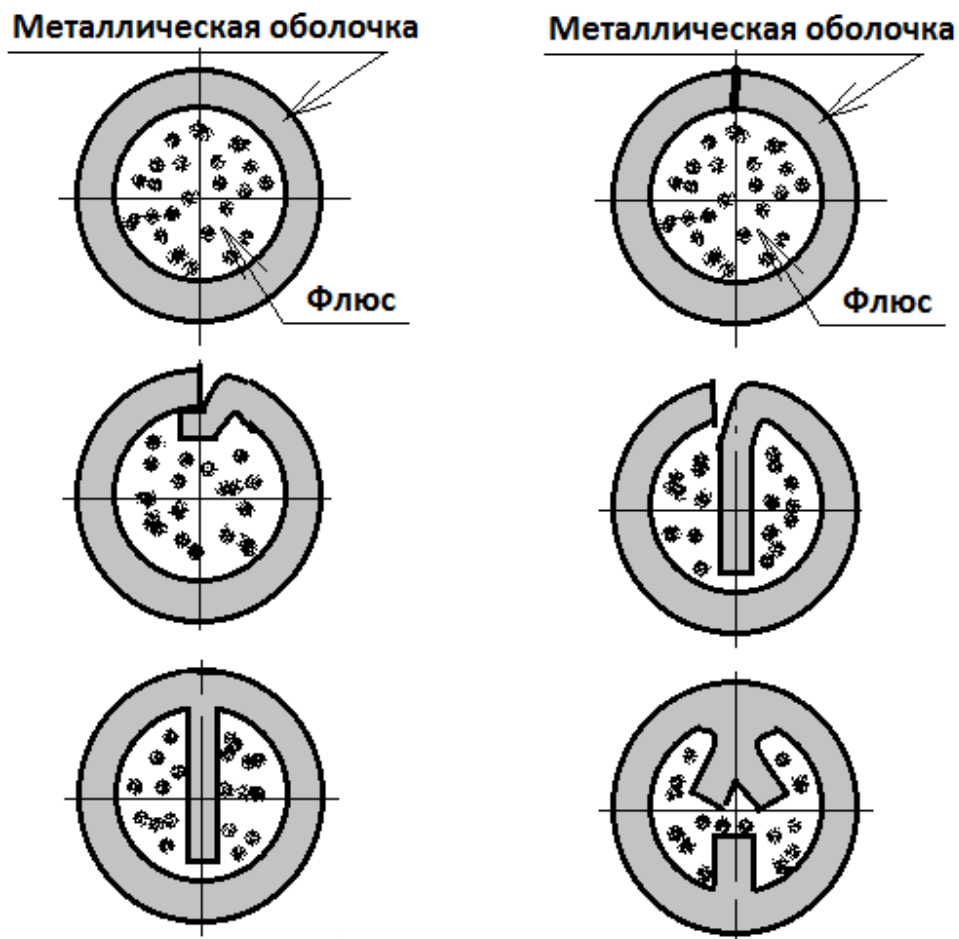


Рисунок 2.2 - Конструкция порошковой проволоки

Металлическая оболочка, через поверхность которой подводится сварочный ток, удерживает порошковый сердечник и дает возможность осуществлять непрерывный процесс плавления при небольшом (2—70 мм) вылете и подаче непосредственно в зону сварки защитных материалов (шихты). Порошковые проволоки позволяют вести процесс сварки при высокой плотности тока ($170\text{--}200\text{ А/мм}^2$), в то время как при ручной дуговой сварке плотность тока не превышает 20 А/мм^2 .

Производительность сварки повышается не только за счет теплоты дуги, но и за счет нагревания оболочки при прохождении по ней тока и благодаря наличию в шихте железного порошка. Кроме того добавляя в шихту легирующие добавки можно в широких пределах целенаправленно изменять свойства сварного шва.

По способу защиты металла шва порошковые проволоки делятся на самозащитные и требующие дополнительной зоны сварки газом и флюсами.

Самозащитная проволока не нуждается в дополнительной защите сварочной ванны и обладают удовлетворительными сварочно–

технологическими свойствами. В таблице 2.1 приведены технические характеристики самозащитных проволок.

Таблица 2.1 – Техническая характеристика самозащитной проволоки

Марка проволоки	Диаметр проволоки, мм	Положение сварки	Производительность $\times 10^{-3}$ кг/с (кг/час)	Механические свойства наплавленного металла		
				σ_b , МПа	σ_t , МПа	δ , %
ПП-АН3	2,8, 3,0	Нижнее	1,4–2,5 (5–9)	500–650	≥ 440	≥ 20
ПП-АН7	2,4	Нижнее горизонтальное	1,1–1,9 (4–7)	500–650	≥ 440	≥ 20
ПП-АН11	2,0	Нижнее горизонтальное	0,8–1,9 (3–7)	450–600	≥ 390	≥ 22
ПП-АН45	2,5	Нижнее горизонтальное	0,5–1,4 (2–5)	450–600	≥ 390	≥ 22
СП-3	2,2–2,6	Нижнее горизонтальное	1,9–3,0 (7–11)	500–600	≥ 440	≥ 20
ППТ-7М	2,2	Нижнее горизонтальное	1,9–3,0 (7–11)	500–650	≥ 440	≥ 20
СП-9	2,8	Нижнее горизонтальное	3,0–3,6 (11–13)	600–750	≥ 540	≥ 18

Сварку указанными проволоками выполняют постоянным током обратной полярности. Проволоки имеют карбонатно-флюоритный тип сердечника. Указанные проволоки требуют тщательного хранения.

Порошковые проволоки для сварки в углекислом газе не содержат газообразующих материалов, но благодаря повышенному содержанию рутила имеют оптимальный набор свойств, обеспечивающих высокие механические свойства сварных швов.

Оптимальный сварочный режим для проволоки типа ПП-АН8, ПП-АН22:

Сварочный ток – 400–430 А;

Напряжение на дуге – 29–33В;

Скорость подачи проволоки – 435 м/час;

Расход углекислого газа 12–14 л/мин.

Для получения повышенных свойств металла шва, особенно при отрицательных температурах применяются порошковые проволоки типа ПП-АН9, ПП-АН10. Эти проволоки используются для сварки ответственных конструкций из низкоуглеродистых сталей и

низколегированных сталей таких как 09Г2С, 10ХСНД. Оптимальный режим сварки при этом рекомендуется:

Сварочный ток – 250–300 А;

Напряжение на дуге – 24–28В;

Скорость подачи проволоки – 265 м/час;

Расход углекислого газа 12–14 л/мин.

В таблице 2 приведены технические характеристики порошковых проволок, требующих дополнительной защиты зоны сварки.

Таблица 2.2 – Техническая характеристика проволоки с дополнительной защитой углекислым газом

Марка проволоки	Диаметр проволоки, мм	Положение сварки	Производительность $\times 10^{-3}$ кг/с (кг/час)	Механические свойства наплавленного металла			Тип сердечника
				σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	
ПП–АН8	2,8, 3,0	нижнее	1,9–3,0 (7–11)	500–650	≥ 440	≥ 20	Рутиловый
ПП–АН9	2,2, 2,5	Нижнее	1,7–2,5 (6–9)	500–650	≥ 440	≥ 20	Рутил–флюоритный
ПП–АН10	2,2	Нижнее горизонтальное	2,2–3,3 (8–12)	500–650	≥ 440	≥ 22	Рутиловый
ПП–АН22	2,2	Нижнее горизонтальное	0,8–3,3 (3–12)	450–600	≥ 390	≥ 22	Рутил–флюоритный
ПП–АН25	1,8–2,2	Нижнее горизонтальное, вертикальное	0,8–3,3 (3–12)	500–650	≥ 440	≥ 20	Рутиловый
ППТ–Ан54	2,2	Нижнее горизонтальное	1,9–2,8 (7–10)	700–850	≥ 640	≥ 14	Рутил–флюоритный

Типы сварных соединений и подготовка свариваемых кромок, формы и размеры сварных швов выполняются по ГОСТ14771–76.

При сварке изделий необходимо располагать их так, чтобы обеспечить максимальный объем работ в нижнем положении.

При сварке стыковых соединений необходимо устанавливать зазор в корне шва или между свариваемыми кромками в соответствии с таблицей 2.3.

Таблица 2.3 – Зазоры между свариваемыми кромками стыковых соединений

Толщина Свариваемых Элементов, мм	Величина зазора, мм			
	Стыковое соединение без подкладки		Стыковое соединение со стальной остающейся подкладкой	
	номинальный	Предельное отклонение		
5–7	1,0	±0,5	2,0	+1,0 –0,5
8–16	1,5–2,5	±0,5	3,0	±1,0
17–30	3,0	±1,0	4,0	±1,0

Сварку порошковой проволокой необходимо выполнять **на постоянном токе обратной полярности** от источников питания с жесткой или пологопадающей характеристиками. Падение напряжения не должен превышать 3 В на каждые 100А.

2. Проектирование технологии выполнения сварки. Основные рекомендации для проектирования технологии наплавки

1. Сваркой порошковой проволокой выполняются швы, расположенные так, чтобы обеспечить максимальный объем работ в нижнем положении.

2. Разделку кромок регламентируют по ГОСТ 8713–79 (см. лабораторную работу №1).

3. Подготовку кромок производят механическим способом или термической резкой.

4. На расстоянии не менее 20 мм от наружной кромки разделки с каждой стороны необходимо удалить краску, масло, влагу, ржавчину и другие загрязнения.

5. При сборке стыковые соединения закрепляют струбцинами, скобами, прихватками порошковой проволокой.

6. В начале и конце стыков приваривают технологические планки длиной 100–120 мм и шириной 60–120 мм.

7. Для получения полного провара и предупреждения вытекания жидкого металла сварку выполняют на стальной остающейся подкладке.

3. Расчет основных параметров технологического процесса сварки

Последовательность выполнения работ

1. Рассчитать режим сварки по вариантам задания:

– Подобрать сварочный ток.

- Подобрать диаметр электрода.
- Выбрать разделку шва.
- Подсчитать необходимую массу электродной проволоки.
- Рассчитать скорость сварки
- Рассчитать время сварки.

Ход расчета:

1. В соответствии с вариантом задания по заданным свойствам металла шва подобрать диаметр электрода.
2. Выбрать марку электродной проволоки.
3. Выбрать род и полярность тока.
4. По толщине металла и диаметру электрода подобрать сварочный ток.
5. Рассчитать оптимальное напряжение дуги.
6. Исходя из толщины металла, выбрать разделку сварочного шва.
7. Рассчитать площадь сечения сварочного шва, принимая площадь сечения наплавленного металла выходящего за пределы разделки, равной 10% от площади сечения сварочного шва.
8. Рассчитать объем металла электрода, наплавляемого в сварочный шов.
9. Рассчитать скорость подачи проволоки.
10. Рассчитать время необходимое для сварки заданного сварного соединения.
11. Рассчитать скорость сварки.
12. Рассчитать глубину проплавления, если полученное значение ниже толщины металла, то пересчитать с увеличенным сварочным током.

Расчет основных параметров технологического процесса сварки:

1. Диаметр электрода выбирается по таблицам 1 и 2 в зависимости от требуемых механических свойств металла шва.
2. Марка электрода выбирается по таблицам 1 и 2 в зависимости от требуемых механических свойств металла шва.
3. Род и полярность тока выбирается по рекомендациям изложенным в тексте выше.
4. Сварочный ток ($I_{св}$) определяют исходя из допустимой плотности тока, зависящей от диаметра электрода, по формуле:

$$I = j \times F_{пр}, \text{ А}$$

где j – плотность тока, А/мм² (рекомендации в табл. 4),

F_{np} – площадь поперечного сечения электродной проволоки, мм².

Таблица 2.4

$d_{эл}$	1,8	2,0	2,5	3,0
j , А/мм ²	200	120	90	60
V , А×м/ч	8–12	12–16	16–20	20–25

5. **Напряжение на дуге (U_d)** определяют по формуле:

$$U_d = 8 \times (d_{эл} + 1,6), В$$

6. **Выбрать разделку сварочного шва.**

Разделку шва рекомендуется выполнить V-образной, принимая форму сечения шва треугольной с основанием $2/3 \times \delta$,

где δ – толщина свариваемого металла по заданию варианта, в мм.

Представить эскиз разделки шва.

7. **Рассчитать площадь сечения сварного шва** (на выпуклость шва заложить увеличение площади шва на 10%).

8. **Рассчитать объем металла** необходимого для формирования сварного шва (из расчета суммарной длины шва 10 м).

9. **Скорость подачи проволоки (V_{np})** находят по формуле:

$$V_{np} = 100 \times \alpha_p \times I_{св} / F_{шв} \times \rho, \text{ см/с}$$

где ρ – плотность металла (для стали 7,8 Г/см³);

$F_{шв}$ – площадь поперечного сечения наплавленного шва, см²;

α_p – коэффициент расплавления, г/А×с.

Для постоянного тока $\alpha_p = (5,5 + 2,8\sqrt{\frac{I_{св}}{d_{эл}}}) \times 10^{-4}$.

10. **Время** необходимое для сварки заданного сварного соединения можно определить из соотношения:

$$G / Q_{св} = t_{св}, \text{ час,}$$

где G – масса наплавленного металла ($G = V_{шва} \times \rho$, кг);

$Q_{св}$ – производительность сварки (выбрать из таблицы 2, исходя из заданных свойств металла шва, в кг/час).

11. **Скорость сварки:** $V_{св} = \frac{L_{шв}}{t_{св}}$, см/мин.

12. **Глубина проплавления (Н)** для низкоуглеродистых и низколегированных сталей рассчитывается по формуле:

$$H = 0,0156 v_{np} \sqrt{\frac{q}{V_{св} \times \psi}}, \text{ см,}$$

где q – эффективная тепловая мощность сварочной дуги, Дж/с.

$$q = n \times Q$$

где n – коэффициент полезного действия сварки (для сварки порошковой проволокой $n = 0,85$);

Q – полная тепловая мощность сварочной дуги, которая определяется по формуле:

$$Q = k \times I_{св} \times U_d, \text{ Дж/с,}$$

где k – коэффициент синусоидальности дуги (для постоянного тока $k=1$, для переменного тока $k = 0,7 \dots 0,97$).

Ψ – коэффициент формы провара –

$$\Psi = (19 - 0,01 \times I_{св}) \times d_{эл} \times U_d / I_{св}$$

13. **Расход углекислого газа** при сварке порошковой проволокой с его использованием рассчитывается исходя из нормативного расхода 12–14 л/мин.

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Эскиз сварочного соединения.
4. Схема сварки.
5. Расчет режима сварки.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА:

Вариант 1. Соединение стыковое, сварка самозащитной проволокой толщина свариваемых деталей 3 мм, материал деталей– низкоуглеродистая сталь ст2, шов нижний. Требуемые механические свойства наплавленного металла:

$$\sigma_b = 500, \text{ Мпа; } \sigma_T = 450, \text{ Мпа; } \delta = 22, \%$$

Вариант 2. Соединение стыковое, сварка порошковой проволокой с дополнительной защитой углекислым газом, толщина свариваемых деталей 4 мм, материал деталей– низкоуглеродистая сталь ст1, шов нижний. Требуемые механические свойства наплавленного металла:

$$\sigma_b = 600, \text{ Мпа; } \sigma_T = 460, \text{ Мпа; } \delta = 24, \%$$

Вариант 3. Соединение стыковое, сварка самозащитной проволокой толщина свариваемых деталей 5 мм, материал деталей– малолегированная сталь 16Г2АФ, шов нижний. Требуемые механические свойства наплавленного металла:

$$\sigma_b = 650, \text{ Мпа; } \sigma_T = 470, \text{ Мпа; } \delta = 21, \%$$

Вариант 4. Соединение стыковое, сварка порошковой проволокой с дополнительной защитой углекислым газом, толщина свариваемых деталей 6 мм, материал деталей– низкоуглеродистая сталь ст1, шов нижний. Требуемые механические свойства наплавленного металла:

$$\sigma_B = 450 \text{ Мпа}; \sigma_T = 400, \text{ Мпа}; \delta = 26, \%$$

Вариант 5. Соединение угловое, сварка самозащитной проволокой толщина свариваемых деталей 3 мм, материал деталей– низкоуглеродистая сталь ст2, шов нижний. Требуемые механические свойства наплавленного металла:

$$\sigma_B = 750, \text{ Мпа}; \sigma_T = 550, \text{ Мпа}; \delta = 9, \%$$

Вариант 6. Соединение угловое, сварка порошковой проволокой с дополнительной защитой углекислым газом, толщина свариваемых деталей 4 мм, материал деталей– малолегированная сталь 16Г2АФ, шов нижний. Требуемые механические свойства наплавленного металла:

$$\sigma_B = 800, \text{ Мпа}; \sigma_T = 650, \text{ Мпа}; \delta = 16, \%$$

Вариант 7. Соединение стыковое, сварка самозащитной проволокой толщина свариваемых деталей 5 мм, материал деталей– низкоуглеродистая сталь ст1, шов нижний. Требуемые механические свойства наплавленного металла:

$$\sigma_B = 450 \text{ Мпа}; \sigma_T = 400, \text{ Мпа}; \delta = 23, \%$$

Вариант 8. Соединение угловое, сварка порошковой проволокой с дополнительной защитой углекислым газом, толщина свариваемых деталей 6 мм, материал деталей– низкоуглеродистая сталь ст2, шов нижний. Требуемые механические свойства наплавленного металла:

$$\sigma_B = 550, \text{ Мпа}; \sigma_T = 450, \text{ Мпа}; \delta = 21, \%$$

Вариант 9. Соединение стыковое, сварка самозащитной проволокой толщина свариваемых деталей 3 мм, материал деталей – малолегированная сталь 16Г2АФ, шов нижний. Требуемые механические свойства наплавленного металла:

$$\sigma_B = 650, \text{ Мпа}; \sigma_T = 450, \text{ Мпа}; \delta = 22, \%$$

Вариант 10. Соединение угловое, сварка порошковой проволокой с дополнительной защитой углекислым газом, толщина свариваемых деталей 4 мм, материал деталей– низкоуглеродистая сталь ст1, шов нижний. Требуемые механические свойства наплавленного металла:

$$\sigma_B = 500, \text{ Мпа}; \sigma_T = 450, \text{ Мпа}; \delta = 23, \%$$

Вариант 11. Соединение тавровое, сварка самозащитной проволокой толщина свариваемых деталей 5 мм, материал деталей– низкоуглеродистая сталь ст2, шов нижний. Требуемые механические свойства наплавленного металла:

$$\sigma_B = 750, \text{ Мпа}; \sigma_T = 570, \text{ Мпа}; \delta = 19, \%$$

Примечание: Суммарная длина шва принимается – 10 м.

Контрольные вопросы:

1. Как выбрать диаметр электрода?
2. Как выбрать сварочный ток?
3. Какой параметр сварки определяет длина дуги?
4. Из каких соображений выбирается скорость сварки?
5. Что такое число проходов?
6. Какая полярность тока выбирается при повышенной скорости сварки низкоуглеродистых сталей?
7. Какой род тока обеспечивает лучшее качество сварочного шва?
8. В каких случаях выбирают стыковое сварное соединение с отбортовкой кромок?
9. При большей или меньшей скорости сварки ширина шва большая?
10. Увеличение сварочного тока увеличивает ширину шва или глубину проплавления?
11. В чем заключается целесообразность применения сварки порошковой проволокой?
12. Для чего применяется стальная подкладка при сварке порошковой проволокой?
13. Для чего применяется углекислый газ при сварке порошковой проволокой?

Лабораторная работа № 3
Сварка в углекислом газе
(Работа рассчитана на 4 часа)

Цель работы:

Изучить основы технологии сварки в углекислом газе.

Задание:

1. Изучить основы технологии сварки в углекислом газе.
2. По эскизу заданной детали разработать технологию сварки в углекислом газе.

Приборы, материалы, инструменты:

1. Методические пособия.

1. Общие положения

Сварка в среде углекислого газа является наиболее экономичным способом.

Механизованная и автоматическая сварка в углекислом газе проволоками сплошного сечения СВ08ГС2, Со8ГС, Св–08Г2СЦ широко применяют при изготовлении и ремонте сварных металлоконструкций из углеродистых и низколегированных сталей.

Принцип работы и устройство установки для этого способа сварки в основном такие же, как и для аргоно–дуговой сварки. Сварка на малых токах (до 300А) производится газозлектрической горелкой без водяного охлаждения, а при работе с большими токами горелка охлаждается водой. Сварку в среде углекислого газа выполняют на постоянном токе обратной полярности во всех пространственных положениях. Сварку вертикальных и потолочных швов выполняют при меньшем сварочном токе и проволокой до 1,6 мм. Этот способ сварки применяется как для ручной сварки, так и для механизированной и автоматической.

Полуавтоматическая и автоматическая сварка производится со скоростью до 60 м/час.

Для сварки используется пищевой углекислый газ высшего и первого сорта по ГОСТ 8050–85, поставляемый в баллонах в жидком состоянии, называемый углекислотой. Чистота углекислоты должна быть не менее 99,5%. В стандартный баллон емкостью 40 л заливают 25 кг углекислоты, которая при испарении образует 12,6 м³ газа. Расход газа при сварке составляет 1–1,4 м³/ч.

На рисунке 3.1 приведены схемы сварки в среде защитных газов.

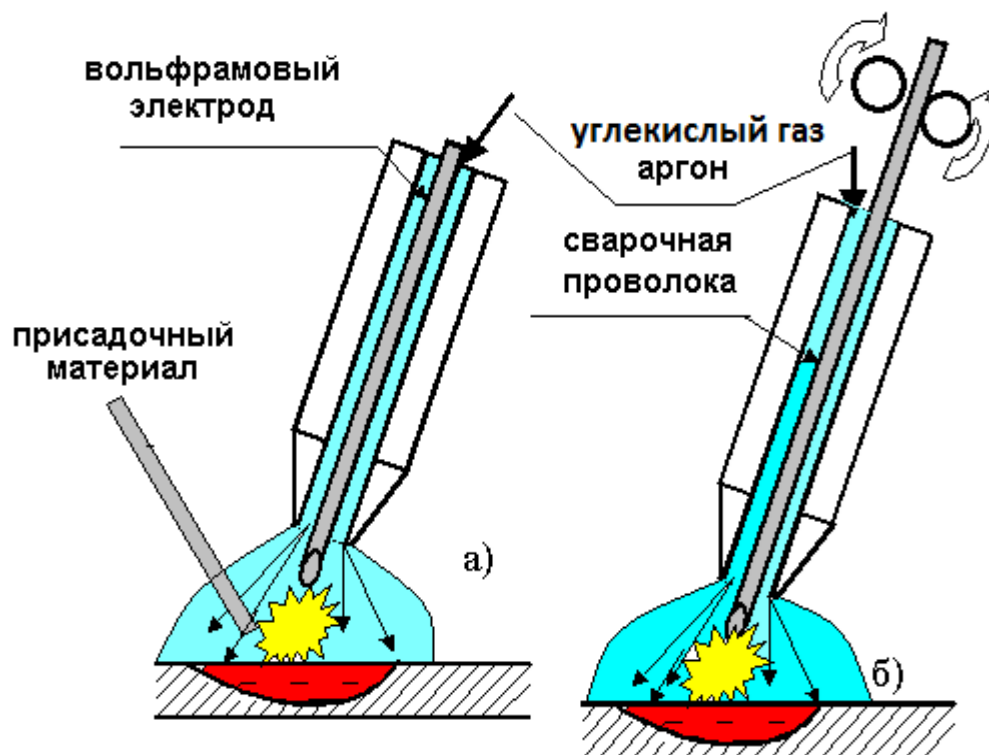


Рисунок 3.1 Схемы сварки в среде защитных газов

Для сварки используется электродная проволока диаметром 0,5–2,5 мм. Плотность тока не менее 88–100А/мм². По сравнению с аргонодуговой сваркой имеет повышенное разбрызгивание металла.

Основными параметрами режима сварки является :

- Род тока;
- Полярность тока;
- Величина тока;
- Диаметр проволоки.
- Напряжение на дуге;
- Скорость подачи проволоки;
- Вылет электрода;
- Расход газа;
- Наклон электрода относительно шва,
- Скорость сварки.

Напряжение на дуге при сварке устанавливается автоматически и зависит от ее длины, чем длиннее дуга, тем выше напряжение. С увеличением напряжения дуги растет ширина шва и уменьшается глубина провара.

Зависимость диаметра электродной проволоки от толщины свариваемого металла приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Зависимость диаметра электродной проволоки от толщины свариваемого металла

Толщина металла, мм	Диаметр проволоки, мм	Толщина металла, мм	Диаметр проволоки, мм
0,6 – 1,0	0,5–0,8	5,0 – 8,0	1,6 – 2,0
1,2 – 2,0	0,8 – 1,0	9,0 – 12,0	2,0
3,0 – 4,0	1,0 – 1,2	13,0 – 18,0	2,0 – 2,5

Рекомендуемые величины сварочного тока в зависимости от толщины электродной проволоки приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Величины сварочного тока в зависимости от толщины электродной проволоки

Диаметр проволоки, мм	0,5	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0
Величина тока, А	30–60	50–100	70–120	90–150	140–300	200–500	300–700	400–850

Большое влияние на устойчивость процесса сварки и качество шва оказывает вылет электродной проволоки. Завышенный вылет ухудшает устойчивость горения дуги, формирование шва, увеличивает разбрызгивание металла. Рекомендуемая величина вылета электрода (расстояние от конца токоподводящего наконечника до свариваемого металла) приведена в таблице 3.

Таблица 3.3 – Рекомендуемая величина вылета электрода

Диаметр электродной проволоки, мм	Вылет электрода в мм.
0,8	6–12
1,0	7–13
1,2	8–15
1,6	13–20
2,0	15–25
2,5	15–30

Рекомендуемая величина расстояния между изделием и соплом горелки приведено в таблице 4.

Наклон электрода относительно оси шва оказывает большое влияние на глубину провара и качество сварки. Сварка углом вперед применяется для уменьшения глубины проплавления; углом назад – для ее увеличения и является наиболее предпочтительной.

Таблица 3.4 – Рекомендуемая величина расстояния между изделием и соплом горелки

Диаметр электродной проволоки, мм	Расстояние от сопла до изделия, мм
05; 0,8	5–15
1,0; 1,2	8–18
1,6; 2,0	15–25
2,5; 3,0	20–40

Сварка в CO_2 производится во всех пространственных положениях на **постоянном токе обратной полярности**. Сварку вертикальных и потолочных швов выполняют при меньшем сварочном токе и проволоке до 1,6 мм. Сварку следует производить при возможно более короткой дуге; максимальная длина дуги при токе 200–500 А должна быть 1,5–4,0 мм.

При полуавтоматической сварке металла толщиной более 3 мм применяют колебательные движения горелки, как и при ручной дуговой сварке.

Стыковое соединение толщиной до 4 мм свариваются без приспособлений, предотвращающих протекание металла в корне шва.

Сварку нахлесточных соединений при толщине металла до 2 мм проводят без приспособлений, предотвращающих протекание металла в корне шва.

Сварку угловых швов металла толщиной более 3 мм выполняют с петлеобразным перемещением горелки.

Вертикальные швы на тонком металле (до 2 мм) накладывают сверху вниз, а при толщине более 6 мм – снизу вверх «углом назад».

2. Расчет основных параметров технологического процесса сварки

Последовательность выполнения работ

1. Рассчитать режим сварки по вариантам задания:

- Подобрать сварочный ток.
- Подобрать диаметр электрода.
- Выбрать разделку шва.
- Подсчитать необходимую массу электродной проволоки.
- рассчитать скорость сварки
- рассчитать время сварки.

Ход расчета:

1. В соответствии с вариантом задания по заданной толщине металла подобрать диаметр электрода.

2. По толщине металла и диаметру электрода подобрать сварочный ток.
3. Выбрать род и полярность тока.
4. Рассчитать оптимальное напряжение дуги.
5. Исходя из толщины металла, выбрать разделку сварочного шва.
6. Рассчитать площадь сечения сварочного шва, принимая площадь сечения наплавленного металла выходящего за пределы разделки, равной 10% от площади сечения сварочного шва.
7. Рассчитать объем металла электрода, наплавляемого в сварочный шов.
8. Рассчитать скорость подачи проволоки.
9. Рассчитать время необходимое для сварки заданного сварного соединения.
10. Рассчитать скорость сварки.
11. Рассчитать глубину проплавления, если полученное значение ниже толщины металла, то пересчитать с увеличенным сварочным током.
12. Рассчитать расход газа.

Расчет основных параметров технологического процесса сварки:

1. Диаметр электрода выбирается по таблице 1.
2. Род и полярность тока выбирается по рекомендациям изложенным в тексте выше.
3. Сварочный ток ($I_{св}$) определяют исходя из допустимой плотности тока, зависящей от диаметра электрода, по формуле:

$$I = j \times F_{пр}, \text{ А}$$

где j – плотность тока, А/мм^2 (рекомендации в табл. 4),
 $F_{пр}$ – площадь поперечного сечения электродной проволоки, мм^2 .

Таблица 3.4

$d_{эл}$	0,5	1,0	1,8	2,0	2,5	3,0
$j, \text{А/мм}^2$	240	150	120	100	90	70

4. Напряжение на дуге (U_d) определяют по формуле:

$$U_d = 8 \times (d_{эл} + 1,6), \text{ В}$$

5. Выбрать разделку сварочного шва.

Разделку шва рекомендуется выполнить V-образной, принимая форму сечения шва треугольной с основанием равным δ , где δ – толщина свариваемого металла по заданному варианту, в мм.

Представить эскиз разделки шва.

6. **Рассчитать площадь сечения сварного шва** ($F_{шва}$, см²) (на выпуклость шва заложить увеличение площади шва на 10%).

7. **Рассчитать объем металла** необходимого для формирования сварного шва (из расчета суммарной длины шва 10 м).

$$V_{шва} = L_{шва} \times F_{шва}, \text{ см}^3$$

8. **Скорость подачи проволоки** ($V_{пр}$) находят по формуле:

$$V_{пр} = 100 \times \alpha_p \times I_{св} / F_{шв} \times \rho, \text{ см/с}$$

где ρ – плотность металла (для стали 7,8 Г/см³);

$F_{шв}$ – площадь поперечного сечения наплавленного шва, см²;

α_p – коэффициент расплавления, г/А×с.

Для постоянного тока $\alpha_p = (5,5 + 2,8\sqrt{\frac{I_{св}}{d_{эл}}}) \times 10^{-4}$.

9. **Время** необходимое для сварки заданного сварного соединения можно определить из соотношения:

$$G/Q = t_{св}, \text{ час},$$

где G – масса наплавленного металла ($G = V_{шва} \times \rho$, кг);

Q – производительность сварки (8–12 кГ/час),

10. **Скорость сварки** $V_{св} = \frac{L_{шв}}{t_{св}}$, см/с.

11. **Глубина проплавления** (H) для низкоуглеродистых и низколегированных сталей рассчитывается по формуле:

$$H = 0,0156 v_{пр} \sqrt{\frac{q}{V_{св} \times \psi}}, \text{ см},$$

где q – эффективная тепловая мощность сварочной дуги, Дж/с.

$$q = n \times Q$$

где n – коэффициент полезного действия сварки (для сварки порошковой проволокой $n = 0,85$);

Q – полная тепловая мощность сварочной дуги, которая определяется по формуле:

$$Q = k \times I_{св} \times U_d, \text{ Дж/с},$$

где k – коэффициент синусоидальности дуги (для постоянного тока $k=1$, для переменного тока $k = 0,7 \dots 0,97$).

Ψ – коэффициент формы провара –

$$\Psi = (19 - 0,01 \times I_{св}) \times d_{эл} \times U_d / I_{св}$$

12. **Расход углекислого газа** при сварке:

$$Q_{газа} = t_{св} \times q_{газа},$$

где удельный расход газа ($q_{газа}$) принять по таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Удельный расход газа

Диаметр электродной проволоки	Удельный расход газа $q_{\text{газа}}$, л/мин
0,5	10
0.8	14
1,0	16
1.2	18
1.4	20
1.6	22
1.8	24
2.0	26
2.5	28
3.0	30

Сравнить полученные результаты с таблицей 3.6.

Таблица 3.6 – Режимы сварки угловых швов проволокой диаметром 2,0 мм, при вылете электрода 80 мм

Скорость подачи проволоки, м/час	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Скорость сварки, м/час
337	280–300	37	33–35

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Эскиз сварочного соединения.
4. Схема сварки.
5. Расчет режима сварки.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА:

Вариант 1. Соединение стыковое, толщина свариваемых деталей 3 мм, материал деталей– низкоуглеродистая сталь ст2, шов нижний.

Вариант 2. Соединение стыковое, толщина свариваемых деталей 4 мм, материал деталей– низкоуглеродистая сталь ст1, шов нижний.

Вариант 3. Соединение стыковое толщина свариваемых деталей 5 мм, материал деталей– малолегированная сталь 16Г2АФ, шов нижний.

Вариант 4. Соединение стыковое, толщина свариваемых деталей 6 мм, материал деталей– низкоуглеродистая сталь ст1, шов нижний.

Вариант 5. Соединение угловое, толщина свариваемых деталей 3 мм, материал деталей– низкоуглеродистая сталь ст2, шов нижний.

Вариант 6. Соединение угловое, толщина свариваемых деталей 4 мм, материал деталей– малолегированная сталь 16Г2АФ, шов нижний.
вариант:

Вариант 7. Соединение стыковое, толщина свариваемых деталей 5 мм, материал деталей– низкоуглеродистая сталь ст1, шов нижний. вариант:

Вариант 8. Соединение угловое, толщина свариваемых деталей 6 мм, материал деталей– низкоуглеродистая сталь ст2, шов нижний. вариант:

Вариант 9. Соединение стыковое, толщина свариваемых деталей 3 мм, материал деталей– малолегированная сталь 16Г2АФ, шов нижний.

Вариант 10. Соединение угловое, толщина свариваемых деталей 4 мм, материал деталей– низкоуглеродистая сталь ст1, шов нижний.

Вариант 11. Соединение тавровое, толщина свариваемых деталей 5 мм, материал деталей– низкоуглеродистая сталь ст2, шов нижний.

Контрольные вопросы:

1. Как выбрать диаметр электрода?
2. Как выбрать сварочный ток?
3. Какой параметр сварки определяет длина дуги?
4. Из каких соображений выбирается скорость сварки?
5. Что такое число проходов?
6. Какая полярность тока выбирается при повышенной скорости сварки низкоуглеродистых сталей?
7. Какой род тока обеспечивает лучшее качество сварочного шва?
8. В каких случаях выбирают стыковое сварное соединение с отбортовкой кромок?
9. При большей или меньшей скорости сварки ширина шва большая?
10. Увеличение сварочного тока увеличивает ширину шва или глубину проплавления?
11. В чем заключается целесообразность применения сварки с применением защитных газов?
12. Для чего применяется стальная подкладка при сварке порошковой проволокой?
13. Для чего применяется углекислый газ при сварке порошковой проволокой?
14. Из каких соображений назначают расход газа?

Лабораторная работа № 4
Стыковая сварка
(Работа рассчитана на 2 часа)

Цель работы:

Изучить основы стыковой сварки деталей локомотивов.

Задание:

1. Изучить основы стыковой сварки деталей локомотивов
2. Разработать технологический режим сварки по вариантам задания.

Приборы, материалы, инструменты:

1. Методические пособия.

1. Общие положения

Для ремонта деталей локомотивов на ремонтных заводах и в депо разрешается применять контактную сварку:

Стыковую, точечную и шовную (роликовую). Наибольшее распространение получили стыковая и точечная.

Стыковая сварка может выполняться двумя методами: сопротивлением и оплавлением.

При сварке сопротивлением соединение деталей происходит, как правило, ниже температуры плавления – $1250\text{--}1300^{\circ}\text{C}$ для сталей. Стыкуемые поверхности хорошо зачищают и плотно сдавливают, затем через них, не снимая давления, пропускают сварочный ток (Рисунок 4.1).

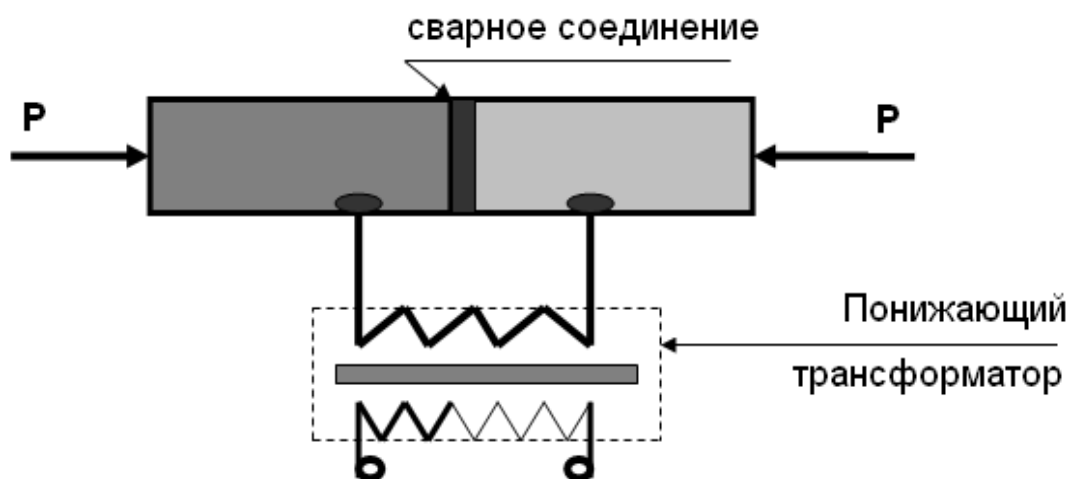


Рисунок 4.1 - Схема стыковой сварки

После осадки на необходимую величину сварочный ток отключают. Этот способ применяется для соединения неответственных деталей и сварки разнородных металлов. Основными параметрами режима стыковой сварки являются: **плотность тока, время нагрева, давление осадки,**

установочная длина концов деталей, значения которых для малоуглеродистой стали приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Значения параметров режима стыковой сварки давлением

Площадь поперечного сечения свариваемой детали, мм ²	Общая установочная длина, мм	Припуск на осадку, мм	Плотность тока, А/мм ²	Удельное давление осадки МПа	Время сварки, с
25	6	1.6	200	20–46	0.6
25–50	8	1.4	160	10–30	0.8
50–100	10	1.5	140	10–30	1.0
100–250	12	2.8	900	10–30	1.5

Давление осадки для цветных металлов рекомендуется 3–15 Мпа, а для легированных сталей – 100–150 Мпа.

При этом способе сварки свариваются детали с площадью стыка не более 1000 мм².

При сварке оплавлением свариваемые детали сближают при включенном токе и в процессе сближения контактные поверхности оплавляются. Концы деталей оплавляются на определенную длину при небольшом давлении, после нагрева деталей производится осадка деталей под давлением 250–500 Мн/м². При этом образовавшиеся в стыке окислы и жидкий металл выдавливаются из зазоров и детали свариваются.

Сварку оплавлением можно выполнять методом непрерывного оплавления или с прерывистым подогревом импульсами тока.

Достоинства этого способа сварки высокая производительность и повышенное качество сварного соединения.

В зависимости от мощности и назначения стыковые машины могут быть ручные и автоматические.

Стыковая сварка оплавлением применяется для сварки рельсов при укладке бесстыкового пути.

Основными параметрами режима сварки оплавлением являются длина оплавляемых торцов, время и скорость оплавления, скорость и величина осадки.

Установочная длина ($l_1 + l_2$) при стыковой сварке оплавлением приведена на Рисунок 2. При сварке стальных полос толщиной δ она должна составлять $(4-5) \times \delta$, при сварке стержней диаметром $d - (0,75-1,0) \times d$.

Режимы сварки подбирают опытным путем в зависимости от материала, профиля сечения детали и размеров.

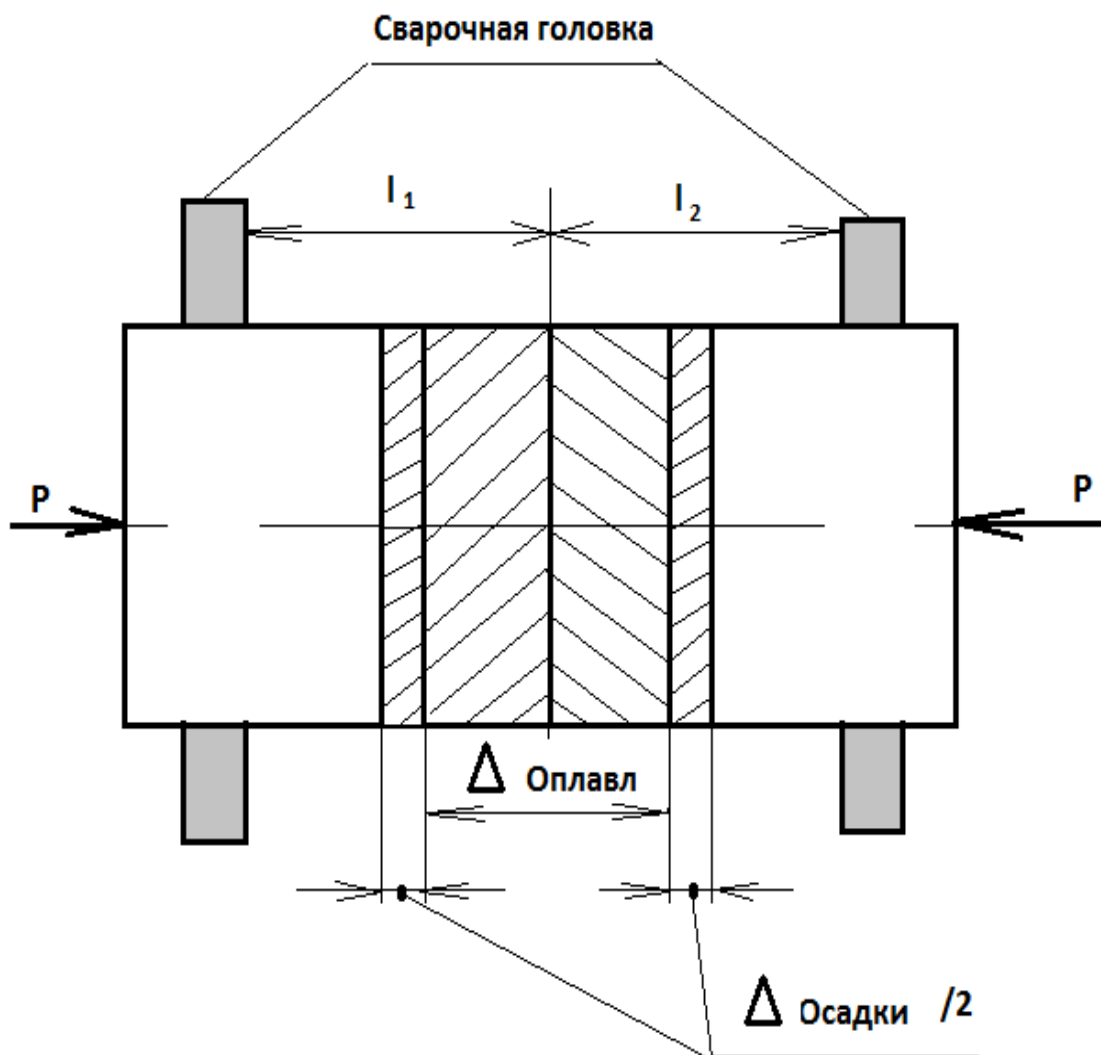


Рисунок 4.2 Установочные параметры сварного шва при стыковой сварке оплавлением.

Общие рекомендации по выбору параметров сварки следующие:

1. Величина припуска на оплавление ($\Delta_{\text{опл}}$) должна обеспечивать равномерный необходимый нагрев деталей, выровнять зазоры между торцами и быть достаточной для получения на них тонкого слоя расплавленного металла.

$$\Delta_{\text{опл}} = (0,7 - 0,8) \times l_{\text{св}},$$

где $l_{\text{св}} = \Delta_{\text{опл}} + \Delta_{\text{осадки}}$ – общий припуск на сварку.

Величина припуска на осадку равна

$$l_{\text{осадки}} = (0,2 - 0,3) \times l_{\text{св}},$$

Рекомендуемые скорости оплавления, осадки, давления осадки приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Значения параметров режима стыковой сварки оплавлением

Материал	Скорость оплавления, мм/с		Скорость осадки, мм/с	Плотность тока при оплавлении, А/мм ²		Плотность тока при осадке, А/мм ²	Давление осадки, МПа	
	Средняя	Перед осадкой		Средняя	Макс.		Непрерывное	Оплавление с подогревом
Малоуглеродистая сталь	0,5–1,5	2–5	15–20	5–15	20–30	40–60	60–80	40–60
Низколегированная сталь	1,5–2,0	4–5	20–30	5–15	20–30	40–60	100–110	40–60
Аустенитная сталь	2,5–3,5	5–7	30–50	10–20	25–35	35–50	150–220	100–140
Легкие сплавы	3,0–7,0	8–15	100–200	10–15	40–60	70–150	120–180	–

2. Расчет основных параметров технологического процесса сварки

Последовательность выполнения работ

1. Рассчитать режим сварки по вариантам задания:

- Подобрать сварочный ток при оплавлении.
- Подобрать скорость оплавления.
- Выбрать скорость осадки.
- Подобрать сварочный ток при осадке.
- подобрать давление осадки
- рассчитать время сварки.

Ход расчета:

1. Рассчитать площадь сечения заданной детали:

$$F = \delta \times B \text{ – для пластин и } F = (\pi \times d^2)/4 \text{ – для прутков.}$$

2. Рассчитать сварочный ток при оплавлении:

$$I_{\text{опл}} = F \times j_{\text{опл}},$$

где $j_{\text{опл}}$ – плотность тока при оплавлении, А/мм² (таблица 4.2).

3. Рассчитать сварочный ток при осадке:

$$I_{\text{осадки}} = F \times j_{\text{осадки}},$$

где $j_{\text{осадки}}$ – плотность тока при оплавлении, А/мм² (таблица 4.2).

4. Скорость оплавления ($V_{\text{опл}}$) выбирается по таблице 4.2 в зависимости от заданного материала.

5. Скорость осадки ($V_{\text{осадки}}$) выбирается по таблице 4.2 в зависимости от заданного материала.

6. Рассчитать величина припуска на оплавление ($\Delta_{\text{опл}}$):

$$\Delta_{\text{опл}} = (0,7-0,8) \times l_{\text{опл}}$$

7. Рассчитать время оплавления:

$$t_{\text{опл}} = \Delta_{\text{опл}} / V_{\text{опл}}$$

8. Рассчитать время осадки:

$$t_{\text{осадки}} = \Delta_{\text{осадки}} / V_{\text{осадки}}$$

9. Общее время сварки:

$$t_{\text{сварки}} = t_{\text{опл}} + t_{\text{осадки}}$$

10. Подобрать давление осадки по таблице 4.2.

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Эскиз сварочного соединения.
4. Схема сварки.
5. Расчет режима сварки.

Варианты задания

Вариант 1. Материал деталей – малоуглеродистая сталь, сечение – пластина:

$$\delta = 3\text{мм}, B = 12\text{мм}.$$

Вариант 2. Материал деталей – малоуглеродистая сталь, сечение – круг $d = 20$ мм.

Вариант 3. Материал деталей – алюминиевый сплав, сечение – пластина:

$$\delta = 3\text{мм}, B = 15\text{мм}.$$

Вариант 4. Материал деталей – алюминиевый сплав, сечение – круг $d = 30$ мм.

Вариант 5. Материал деталей – малолегированная сталь 16Г2АФ, сечение – пластина:

$$\delta = 5\text{мм}, B = 10\text{мм}.$$

Вариант 6. Материал деталей – малолегированная сталь 16Г2АФ, сечение – круг $d = 30$ мм.

Вариант 7.

Материал деталей – малоуглеродистая сталь, сечение – пластина:

$$\delta = 5\text{мм}, B = 20\text{мм}.$$

Вариант 8. Материал деталей – малоуглеродистая сталь, сечение – круг $d = 40$ мм.

Вариант 9. Материал деталей –алюминиевый сплав, сечение – пластина:

$$\delta = 10\text{мм}, B = 25 \text{ мм.}$$

Вариант 10. Материал деталей– малолегированная сталь16Г2АФ, сечение – пластина:

$$\delta = 15\text{мм}, B = 40\text{мм}$$

Вариант 11. Материал деталей– малолегированная сталь16Г2АФ, сечение– круг $d = 50 \text{ мм.}$

Контрольные вопросы.

1. Как выбрать способ стыковой сварки?
2. Как рассчитать сварочный ток на оплавление?
3. Как рассчитывается время оплавления?
4. Как рассчитать сварочный ток на осадку?
5. Как рассчитывается время осадки?
6. Для каких материалов назначается наибольшее давление осадки?
7. Как выбирается величина припуска на оплавление?
8. Как выбирается величина припуска на осадку?
9. При каком из способов стыковой сварки выше прочность шва?
10. Какой из способов стыковой сварки применяется при сварке рельсов?
11. В чем заключается целесообразность применения стыковой сварки?
12. От чего зависит скорость оплавления?
13. От чего зависит скорость осадки?
14. От чего зависит плотность тока при оплавлении?
15. От чего зависит плотность тока при осадке?

Лабораторная работа № 5
Точечная и шовная сварка
(Работа рассчитана на 2 часа)

Цель работы:

Изучить основы точечной и шовной сварки деталей локомотивов.

Задание:

Изучить основы точечной и шовной сварки деталей локомотивов

Приборы, материалы, инструменты:

1. Методические пособия.

1. Общие положения

Точечную сварку применяют для соединения листовых материалов. Изделия соединяются внахлестку и сжимаются между электродами сварочной машины, подключенными к вторичной обмотке трансформатора. По электродам пропускают ток большой силы и вследствие наличия в месте соединения переходного сопротивления происходит нагрев металла до расплавления в месте соприкосновения деталей (рисунок 4.1).

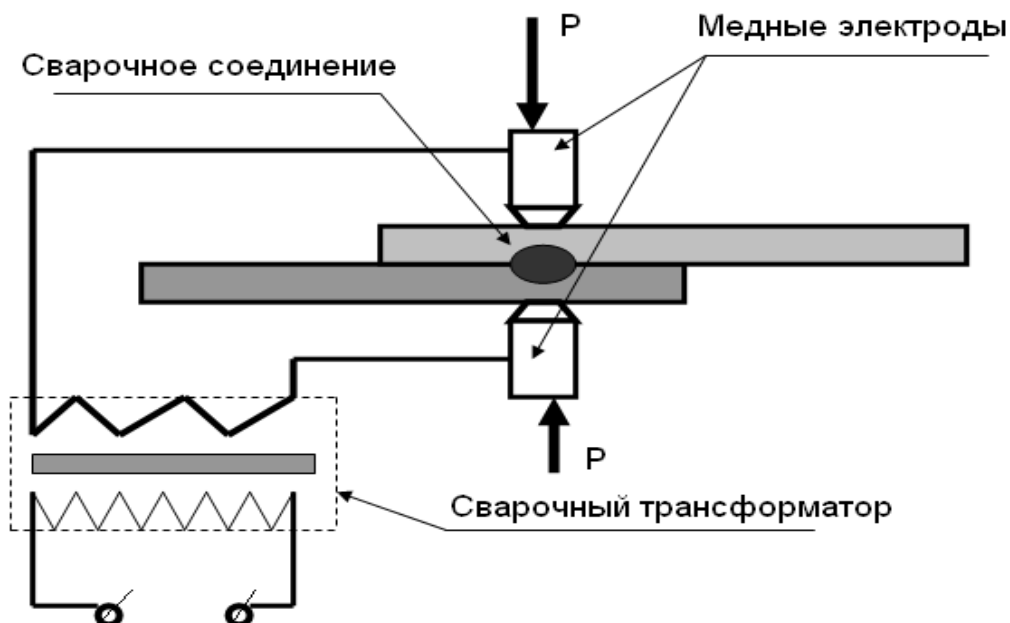


Рисунок 4.1 Схема точечной сварки

Электроды изготавливают из цельной холоднокатанной меди или ее сплавов, внутри они полые для охлаждения водой.

Детали разной толщины надежно свариваются при соотношении толщин листов не более, чем 1:3.

Точечная сварка широко используется в вагоностроении и в строительстве.

Роликовая сварка (рисунок 4.2) принципиально не отличается от точечной и применяется для соединения листовых изделий непрерывным швом. В качестве электродов применяются вращающиеся ролики. Общая толщина свариваемых частей до 4 мм. Роликовая сварка осуществляется переменным током до 2000–5000 А при напряжении 2–6 В. Диаметр роликов равен 40–350 мм, ширина ролика составляет 4–6 мм. Усилие сжатия свариваемых деталей составляет 5–6 кН. Скорость сварки равна 0,5–10, м/мин.

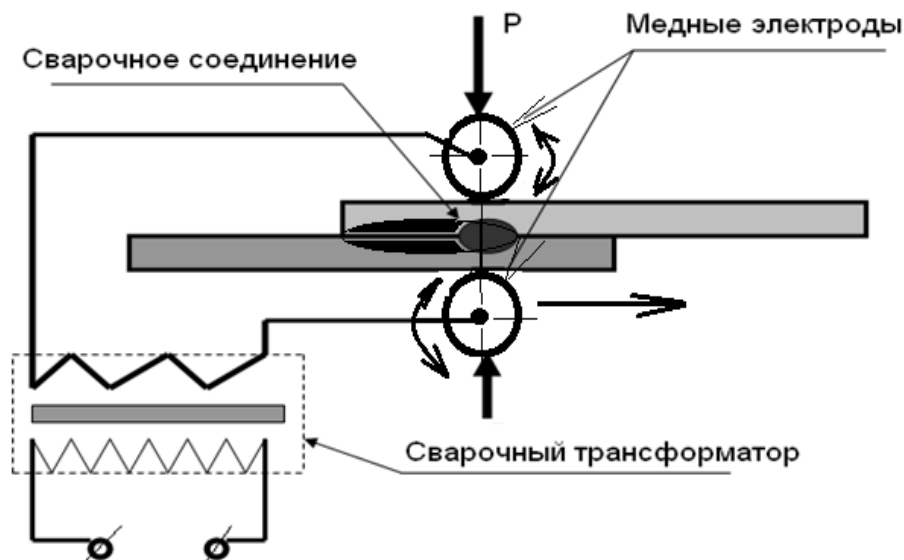


Рисунок 4.2. Схема шовной (роликовой) сварки.

Роликовую сварку применяют в случаях, когда требуются герметичные соединения, например, сварка баков.

2. Технологические режимы

К основным параметрам режима точечной и шовной сварки относятся сварочный ток и его плотность, длительность включения тока, усилие сжатия, диаметр контактной поверхности электрода.

Сила тока зависит от толщины свариваемых изделий. При сварке малоуглеродистых сталей сварочный ток определяется из соотношения:

$$I_{св} = 6500\delta,$$

где δ – толщина более тонкого листа в мм. При сварке алюминия ток устанавливается в 3–3,5 раза больше.

Длительность включения тока для малоуглеродистых и низколегированных сталей рекомендуется равной $(0,2–0,4) \delta$, для нержавеющей сталей $(0,1–0,15) \delta$, для сплавов типа АмГ и АмЦ – $(0,15–0,2) \delta$ в сек.

Усилие сжатия электродов P определяется как $P = pF$,

где p – удельное давление, F – площадь контакта электрода. Для:
 малоуглеродистых сталей – $p = 49\text{--}118$ МПа
 низколегированных – $p = 88\text{--}176$ МПа.
 Циклограмма точечной сварки приведена на Рисунок 4.5.

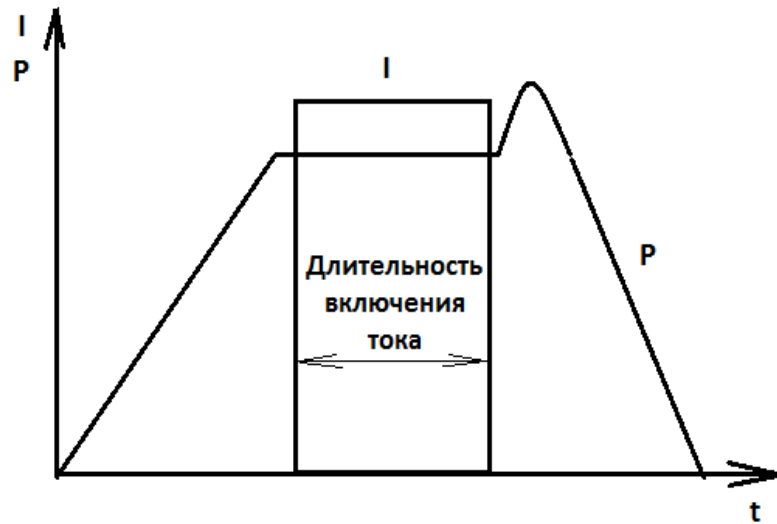


Рисунок 4.3. Циклограмма точечной сварки

Циклограмма шовной сварки для коротких швов приведена на рисунке 4.

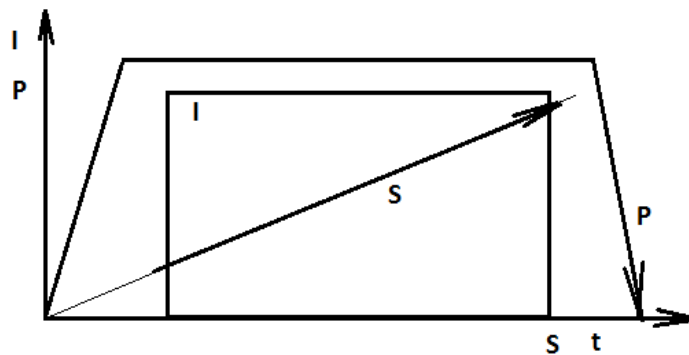


Рисунок 4.4 Циклограмма шовной сварки для коротких швов

При сваривании длинных швов во избежание перегрева включение тока производят циклически. Этот процесс соответствует циклограмме, приведенной на Рисунок 4.5.

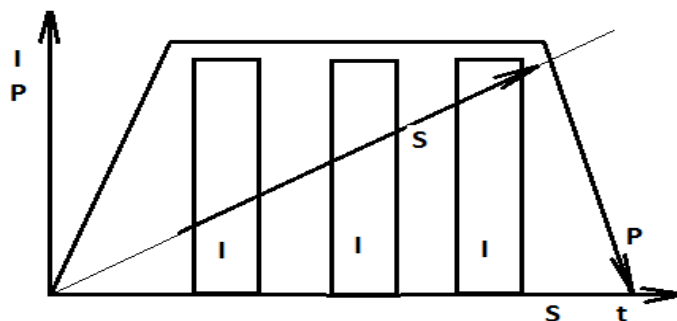


Рисунок 4.5 Циклограмма шовной сварки для длинных швов

Весь цикл сварки состоит из четырех стадий:

1. Сжатие свариваемых заготовок между электродами.
2. Включение тока и разогрев места контакта до температуры плавления.
3. Выключение тока и увеличение сжатия (проковка) для улучшения структуры сварной точки.
4. Снятие сжатия.

3. Расчет технологических параметров

Для расчета основных технологических параметров при точечной сварке следует определить:

1. Величину сварочного тока.

$$I_{\text{св}} = 6500\delta,$$

2. Диаметр контактной поверхности электрода, который зависит от толщины свариваемых заготовок:

$$d_{\text{т}} = 2\delta + 3, \text{ мм}$$

где δ — толщина более тонкой заготовки, мм.

3. Длительность включения тока (по таблице 4.1)
4. Усилие сжатия электродов (по таблице 4.1).

Таблица 4.1 - Ориентировочный режим сварки низколегированной стали

Толщина каждой детали, мм	Диаметр рабочей поверхности электрода, мм	Сварочный ток, кА	Время импульса тока, с	Усилие на электродах, Н	Минимальный диаметр литого ядра точки, мм	Минимальное разрушающее усилие при срезе на одну точку, Н
0.6	4.0	6.0	0.10	100	3.0	200
0.8	4.5	8.5	0.12	125	3.5	350
1.0	5.0	9.5	0.20	150	4.0	400
1.2	6.0	10.0	0.26	180	4.5	550
1.5	6.5	11.0	0.34	230	5.0	750
1.8	6.5	12.5	0.40	300	5.5	900
2.0	7.5	12.5	0.48	350	6.0	1100
2.5	8.0	13.5	0.60	350	7.0	1500

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Эскиз сварочного соединения.
4. Схема сварки.
5. Расчет режима сварки.

Таблица 4.1 - Варианты задания

Вариант	Материал	Толщина листа, мм
1	Малоуглеродистая сталь	0.6
2	Низколегированная сталь	0.8
3	Сплав АМц	1.0
4	Сплав АМг	1.2
5	Малоуглеродистая сталь	1.5
6	Низколегированная сталь	1.8
7	Сплав АМц	2.0
8	Сплав АМг	2.5
9	Малоуглеродистая сталь	1.5
10	Низколегированная сталь	2.0

Контрольные вопросы.

1. Когда выбирают точечную сварку?
2. Как рассчитать сварочный ток при точечной сварке?
3. Как рассчитывается время сварки?
4. Как рассчитать усилие осадки?
5. Как рассчитывается время осадки?
6. Для каких материалов назначается наибольшее давление осадки?
7. Как выбирается величина давления осадки?
8. Как выбирается величина времени импульса сварки?
9. Когда используется шовная сварка?
10. Как рассчитывают диаметр ядра сварной точки?
11. В чем заключается целесообразность применения точечной сварки?
12. От чего зависит скорость точечной сварки?
13. От чего зависит скорость осадки?
14. От чего зависит плотность тока при сварке?
15. От чего зависит давление при осадке?

Лабораторная работа № 6
Газопрессовая сварка деталей локомотивов
(Работа рассчитана на 2 часа)

Цель работы:

Изучить основы газопрессовой сварки деталей локомотивов.

Задание:

3. Изучить основы технологии газопрессовой сварки деталей локомотивов.
4. По эскизу заданной детали и размеров (по варианту) разработать технологию восстановления вала газопрессовой сваркой.

Приборы, материалы, инструменты:

1. Методические пособия.

1. Общие положения

Сущность газопрессовой сварки заключается в том, что дефектную ее часть отрезают, а вместо нее приваривают новую, заранее изготовленную с припуском на осадку при сварке и последующую механическую обработку.

Для ремонта деталей тягового подвижного состава разрешается применять газопрессовую сварку при постоянном и переменном усилии прессования.

Разрешается ремонтировать газопрессовой сваркой локомотивные детали из углеродистых сталей всех марок по ГОСТ 380–88 и Гост 1050–88, а также из легированных сталей марок 20Х, 40Х, 45Х, 38ХС, 12ХНЗА, 20ХНЗА, 30ХНЗА, 40ХН, 45ХН, 18ХГТ, по ГОСТ4543–71.

Привариваемая заготовка должна быть изготовлена из той же марки стали, что и ремонтируемая деталь, и подвергнута термической обработке в соответствии с требованиями чертежа на изготовления новой детали. Допускается взамен изготовления новой части детали для приварки использовать аналогичную часть, но годную по состоянию и размерам, но отрезанную от другой такой же детали. В отдельных случаях по согласованию с ООО РЖД разрешается изготавливать детали путем газопрессовой сварки из частей, изготовленных из разных марок сталей, а также из частей, каждая из которых вырезана из годного участка бывших в употреблении деталей.

2. Технология проведения газопрессовой сварки

Свариваемые части детали не должны иметь трещин, вмятин, насечек, кривизны и других дефектов. Перед сваркой их очищают от загрязнений и смазки, осматривают и обрезают механическим способом

(строжкой, фрезерованием, точением) Торцы после отрезки должны быть перпендикулярны продольным осям свариваемых частей.

Место сварки располагают по возможности в малонапряженном сечении. Не допускается расположение сварного шва в местах перехода от одного сечения к другому, на галтелях, на резьбовых частях детали.

Сварку выполняют на машинах с усилием прессования не менее 24,5 Мпа на единицу площади поперечного сечения свариваемой детали. Усилие зажатия частей в захватах машины не должно превышать усилие прессования более, чем в два раза.

Для сварки и термической обработки применяют многопламенные горелки, работающие на смеси кислорода с ацетиленом, природным газом или техническим пропаном. Применяемые газы должны отвечать требованиям ГОСТ 5583–78, ГОСТ 5457–75.

Непосредственно перед сваркой поверхности торцов свариваемых частей следует зачистить слесарным напильником, шабером или другим способом до металлического блеска и промыть растворителем. Зачистка торцов шлифовальным кругом не разрешается. Шероховатость поверхности после зачистки должна быть не ниже $R_a = 3,2$ по ГОСТ 2789–73.

Перед сваркой следует убедиться в том, что свариваемые части детали не проскользнули в зажимах машины. Зазор в стыке под нагрузкой не допускается.

Горелку на стыке располагают так, чтобы ее сопла находились на одинаковом расстоянии от поверхности свариваемой детали по всему периметру.

Зажигание горелки и регулировку ее пламени следует производить на расстоянии от поверхности стыка не менее 40 мм. Затем зажженную горелку переводят на стык и придают ей колебательное движение с частотой $0,67–1,0 \text{ с}^{-1}$ (40–60 колебаний в минуту). При большом различии в массе частей свариваемой детали вблизи стыка допускается смещение до 5 мм центра колебаний относительно плоскости стыка в сторону части, имеющей большую массу. Во избежание обратных ударов горелку охлаждают водой.

Кислород подают в горелку под давлением до 5 кгс/см^2 , ацетилен – $0,5–0,1 \text{ кгс/см}^2$, природный газ и пропан – $0,35 \text{ кгс/см}^2$.

Время окончания сварки определяют по достижению величины заданной осадки.

После окончания сварки горелку отводят в сторону от сварного стыка и, гасят пламя удельное давление прессования понижают до 2–3

Мпа. Для предупреждения изгиба деталей диаметром свыше 100 мм допускается выдержка их после сварки под основной нагрузкой в течение до 300 с.

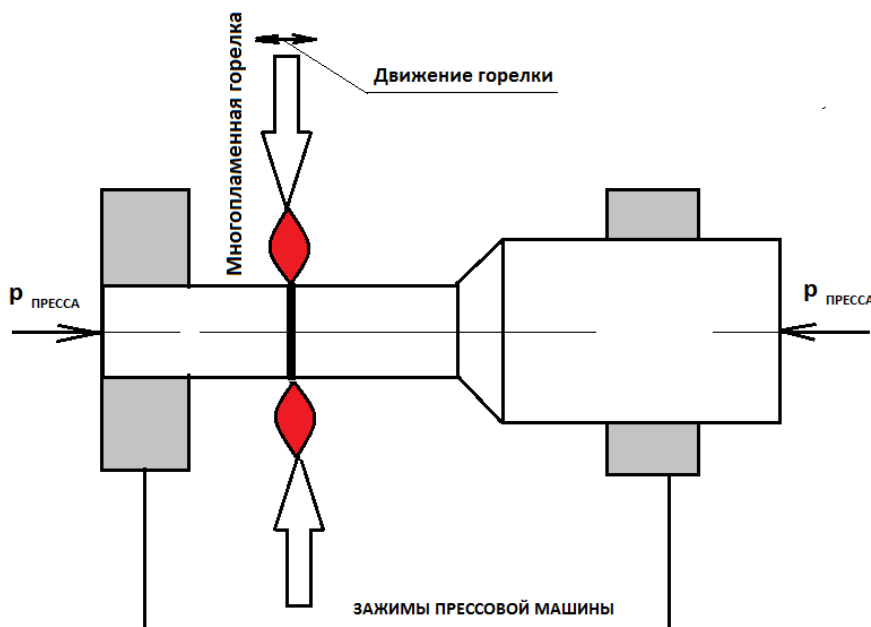


Рисунок 6.1 Схема газопрессовой сварки

После остывания детали до $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ производят нормализацию сварного соединения той же горелкой с последующим охлаждением на воздухе.

Технологический процесс сварки и последующей термической обработки рекомендуется периодически проверять путем сварки контрольного образца, части которого должны изготавливаться из того же материала, что и части свариваемых деталей. Полученные образцы разрезают и испытывают на механические свойства. Ответственные детали проверяют дефектоскопией.

Детали, отремонтированные газопрессовой сваркой должны быть приняты работником, ответственным за качеством. На ответственные детали ставят клеймо и делают запись в специальном журнале.

3. Расчет основных параметров технологического процесса сварки

Последовательность выполнения работ:

1. Рассчитать площадь сечения места сварки.
2. Рассчитать усилие прессования.
3. Усилие зажатия частей детали в захватах машины.
4. Рассчитать величину осадки.
5. Рассчитать величину размаха колебаний горелки.

Расчет основных параметров технологического процесса сварки:

1. Расчет площади сечения проводится исходя их формы сечения, определенного заданием по варианту в мм^2 .
2. Усилие прессования рассчитывается исходя из материала детали (удельные значения прессования в таблице 1).
3. Усилие зажатия частей детали в захватах машины принять равным двойному усилию прессования.
4. Величину осадки принять по таблице 1 в зависимости от используемого горючего газа, размеров и материала детали.
5. Величину размаха колебаний горелки принять по таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Данные для расчета основных параметров технологического процесса прессовой сварки

Сталь	Удельное усилие прессования	Сечение детали в месте стыка	Горючий газ, применяемый при сварке			
			Ацетилен		Пропан	
			Величина размаха колебаний горелки	Величина осадки	Величина размаха колебаний горелки	Величина осадки
Углеродистая	2,0, $\text{кгс}/\text{мм}^2$	Круглое, d_0	d_0	$0,3d_0$	$0,5d_0$	$0,3d_0$
		Прямоугольное, b_0	b_0	$0,5b_0$	$0,5b_0$	$0,5b_0$
Легированная	1,50 – 1,75, $\text{кгс}/\text{мм}^2$	Круглое, d_0	$0,5d_0$	$0,5d_0$	$0,5d_0$	$0,5d_0$
		Прямоугольное, b_0	$0,5 b_0$	$0,4b_0$	$0,5b_0$	$0,4b_0$

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Эскиз сварочного соединения.
4. Схема сварки.
5. Расчет режима сварки.

Варианты заданий

Вариант 1. Материал деталей – малоуглеродистая сталь, сечение – круглое, $d_0 = 50$ мм, применяемый горючий газ – ацетилен

Вариант 2. Материал деталей – малоуглеродистая сталь, сечение – прямоугольное, $b_0 = 40$ мм, применяемый горючий газ – ацетилен.

Вариант 3. Материал деталей – малоуглеродистая сталь, сечение – круглое, $d_0 = 60$ мм. применяемый горючий газ – пропан.

Вариант 4. Материал деталей – малоуглеродистая сталь, сечение – прямоугольное, $b_0 = 30$ мм, применяемый горючий газ – пропан.

Вариант 5. Материал деталей– малолегированная сталь, сечение– круг $d = 30$ мм, применяемый горючий газ – ацетилен.

Вариант 6. Материал деталей– малолегированная сталь, сечение– прямоугольное, $b_0 = 30$ мм, применяемый горючий газ – ацетилен.

Вариант 7. Материал деталей– малолегированная сталь, сечение– круг $d = 40$ мм, применяемый горючий газ – пропан.

Вариант 8. Материал деталей– малолегированная сталь, сечение– прямоугольное, $b_0 = 40$ мм, применяемый горючий газ – пропан.

Вариант 9. Материал деталей– малолегированная сталь, сечение – пластина, $b_0 = 50$ мм, применяемый горючий газ – ацетилен.

Вариант 10. Материал деталей– малолегированная сталь, сечение – пластина, $b_0 = 20$ мм, применяемый горючий газ – пропан.

Контрольные вопросы.

1. В каких случаях применяют газопрессовую сварку?
2. Почему для нагревания зоны сварки применяются многосопловые горелки?
3. Для чего задается продольное колебательное движение горелки?
4. Можно ли сваривать деталь из частей, состоящих из разных марок стали?
5. Какие требования предъявляются к подготовке к сварке частей детали?
6. Как определяется время окончания процесса сварки?
7. Как определяется и контролируется качество сварки и почему?
8. Какую операцию проводят после окончания сварки детали?
9. Как проводят нормализацию материала сварного шва?

Лабораторная работа № 7

Заварка трещин и усиление поврежденных мест деталей локомотивов (Работа рассчитана на 4 часа)

Цель работы:

Изучить основы усиления поврежденных мест деталей локомотивов.

Задание:

1. Изучить основы усиления поврежденных мест деталей локомотивов.
2. Произвести расчет восстановления сваркой заданных узлов локомотивов.

Приборы, материалы, инструменты:

1. Методические пособия.

1. Общие положения

Тепловозы. Требования по ремонту блока дизеля.

1. При капитальном и текущем ремонтах разрешается:
 - 1) Приваривать новые опоры вкладышей подшипников (бугелей) –при капитальном ремонте;
 - 2) Наплавлять опоры вкладышей подшипников валов;
 - 3) Заваривать трещины в сварных швах длиной не более 50 мм, идущие от смазочных отверстий, не более 30 мм идущие от сварного шва приварки бугеля в направлении основного металла (не более 4 трещин на одном бугеле);
 - 4) Наплавлять каблучки крышек коренных подшипников;
 - 5) Приваривать втулки под подшипники кулачкового вала и толкателей топливных насосов;
 - 6) Заваривать трещины в вертикальных, горизонтальных, наклонных листах (не более двух трещин в одном листе) и в сварных швах блока дизеля;
 - 7) Вваривать вставки в вертикальные, горизонтальные и наклонные листы (не более двух на одном листе)
 - 8) Наплавлять кромки отверстий (поясов) для вертикальной передачи и цилиндрических гильз;
 - 9) Приваривать усиления вертикального листа отсека управления;
 - 10) Заваривать трещины и производить постановку накладок в воздушном ресивере.
2. При текущих ремонтах разрешается:
 - 1) заваривать не более двух трещин в чугунных поршневых вставках дизелей при условии расположения их друг от друга не менее 50 мм, повторная заварка таких трещин запрещается;

2) Заваривать трещины во фланцах цилиндровой группы газовой сваркой с присадкой латуни.

3) при ремонте блоков допускается применение воздушно– дуговой строжки и резки металла при вырезании дефектных листов блока. При этом науглероженный слой должен зачищаться на глубину не менее 1 мм.

2. Рама дизеля

1) При капитальном ремонте рамы дизеля разрешается заваривать трещины длиной до 50% ширины верхних листов, заваривать трещины в ребрах и сварных швах, наплавлять изношенные поверхности (общий объем наплавленного металла не более 800см^3 , а в одном месте не более 100см^3);

2) При капитальном и текущем ремонтах разрешается заваривать трещины в листах поддона, отверстия для штифтов главного генератора и сетки, имеющие надрывы не более 15% площади;

3) Сварочные работы по раме выполнять на стеллажах, в кантователях и других приспособлениях, обеспечивающих сварку в нижнем положении. Угловые швы рекомендуется варить при положении «в лодочку».

4) Трещины в раме дизеля следует заваривать электродами типа Э42А, Э46А, Э50А. подготовку трещин к заварке и сварку производить согласно требованиям инструкции по сварке.

5) Трещины и надрывы сеток заваривать шовной сваркой с постановкой сетчатой накладкой. При отсутствии шовной сварки разрешается пайка латунью марки Л63 или сплавом ПОС – 40.

3. Экипажная часть тепловозов

Рама.

При капитальном и текущем ремонтах разрешается:

1) Заваривать трещины в хребтовых балках при наличии не более пяти трещин в каждой балке;

2) Вваривать вставку в хребтовую балку с постановкой усиливающих накладок.

3) Заваривать трещины в стяжных ящиках, шкворневых балках, межрамных скреплениях, настильных листах, обносных швеллерах и колнштейнах топливного бака;

4) Наплавлять местные износы и потертости на раме при глубине не более 3 мм.

5) Заваривать отверстия в раме под болты крепления дизель – генератора и вспомогательного оборудования при наличии при наличии

износа более 1 мм для отверстий диаметром до 14 мм, более 1Ю5 мм для отверстий диаметром до 28 мм;

6) Приваривать диски и кольца пяты;

7) Заваривать трещины в сварных швах на деталях подножек, лестниц и поручней и в нижнем листе путеочистителя с постановкой накладки толщиной 8 мм по всему листу;

8) Наплавлять резьбу тяги, также цилиндрические поверхности опоры, сухаря и валика шаровой опоры рамы.

9) В местах установки фундаментов вспомогательных агрегатов в настильных листах допускается заваривать не более двух трещин длиной до 150 мм каждая;

10) Местный износ листов рамы восстанавливать наплавкой дуговой сваркой. Наплавленный металл должен быть зачищен механическим способом заподлицо с основным металлом. Подрезы на границах наплавки не допускаются;

11) Изношенные цилиндрические поверхности шаровой опоры рамы восстанавливать вибродуговой наплавкой проволокой Св-08, Св-08А, Св-08ГА.

Капот и кузов тепловоза

1) При капитальном и текущем ремонтах разрешается заваривать трещины в сварных швах, в нижних листах шкворневых балок рамы кузова.

2) В сварных швах по месту приварки накладки в балке концевых секций сзади автосцепного устройства в рамах кузова, в угольниках, косынках и балках.

3) В металлической облицовке длиной до 300мм, а также приваривать шарниры дверей, люков и т.д.

4) При ремонте пробоин, коррозионных повреждений выполнять вставки. При этом прожоги листов не допускаются.

Автосцепное устройство

Корпус автосцепного устройства выполняется литьем из стали 15ГЛ, 20ГЛ, 20ФЛ, 20Л. При всех видах ремонта корпуса автосцепки разрешается:

1) Заварка вертикальных трещин в зоне сварки при условии, что после разделки они не выходят на горизонтальную плоскость наружных ребер большого зуба;

2) Заварка трещин в углах окон для замка и замкодержателя при условии, что разделка трещин не выходит на горизонтальную поверхность головы, а в верхнем углу окна для замкодержателя не выходит за

положение верхнего ребра со стороны большого зуба, а длина трещины не превышает 20 мм;

3) Заварка трещин перемычки меду отверстием для сигнального отростка замка и отверстием для направляющего зуба замка, если трещина не выходит на вертикальную стенку кармана;

4) Заварка трещины в месте перехода от головы к хвостовику, если размеры разделанной трещины по глубине не свыше 15 мм и длиной до 110 мм.

И другие места согласно инструкции по ремонту автосцепок.

2. Расчет основных параметров технологического процесса сварки:

Используя методики выполнения сварочных работ по ремонту и восстановлению деталей локомотивов рассчитать:

1. Общую длину сварного соединения.
2. Площадь сечения сварочного шва.
3. Рассчитать объем сварочного шва.
4. Рассчитать массу исходных материалов, необходимых для восстановления.

Группа разбивается на звенья по 2–3 студента, каждое звено получает задание (вариант) и выполняет расчеты сварного соединения, с учетом технологии проведения сварных работ по заданному способу восстановления.

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Эскиз сварного соединения.
4. Схема сварки.
5. Расчет режима сварки.

Варианты задания

Вариант 1

Заварить две несквозные трещины в боковинах рамы электровоза (рисунок 7.1). Глубина трещин–12 мм; длина трещины А – 180 мм, трещины Б – 270 мм. Сварка полуавтоматическая дуговая в углекислом газе проволокой сплошного сечения диаметром 1,2 мм, плотность тока 180 А/мм², материал ст.3. Металл шва твердостью 50 кгс/мм².

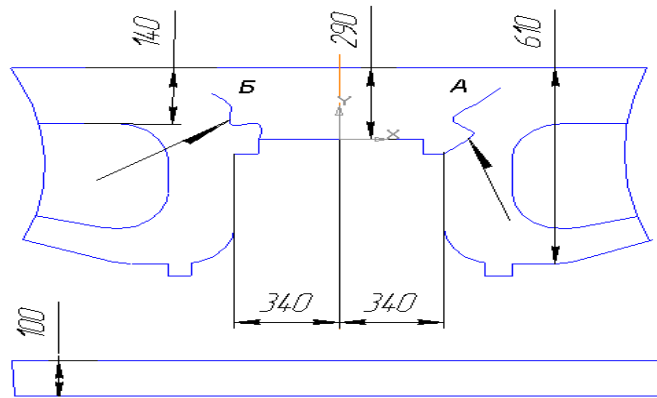


Рисунок 7.1 Трещины в боковинах рамы электровоза

Вариант 2

Ручной дуговой сваркой изготовить опорное кольцо буксового узла тележки КВЗ–5 (Рисунок 7.2): А – сварка шва на кольце; площадь поперечного сечения шва принять $0,7 \text{ см}^2$. Б – сварка диска угловым швом по всему периметру; катет шва 5 мм. Материал изделия ст.3.

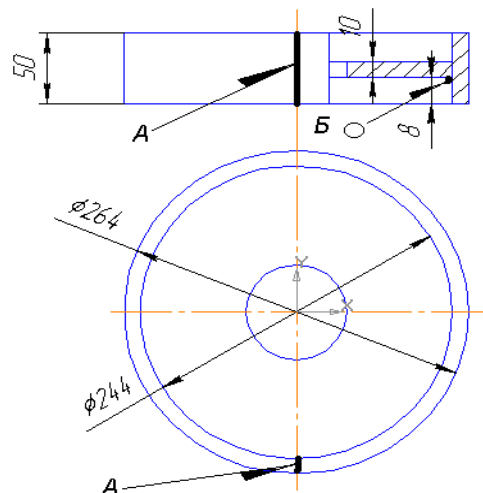


Рисунок 7.2 - изготовить опорное кольцо буксового узла тележки КВЗ–5

Вариант 3

Полуавтоматическая сварка замозащитной порошковой проволокой диаметром 2.8 мм. Изготовление втулки надрессорной балки тележки пассажирского вагона (Рисунок 7.3.). Катет углового сварного шва принять равным 5 мм. Материал ст.3.

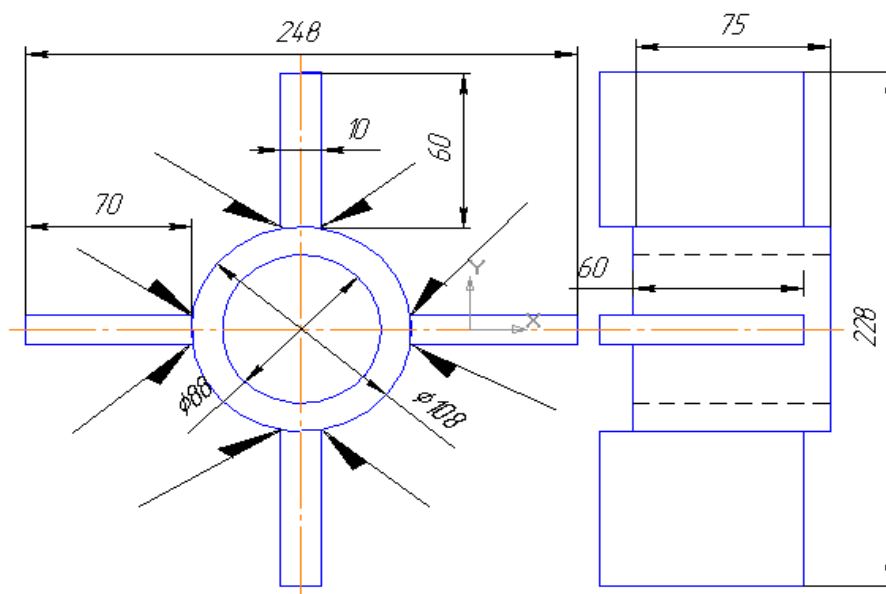


Рисунок 7.3 - Изготовление втулки надрессорной балки тележки пассажирского вагона

Вариант 4

Ручной дуговой сваркой изготовить продольный балансир (рисунок 7.4) электровоза (сварку производить по всему периметру накладок угловым швом с катетом 5 мм). Материал балансира ст. 3.

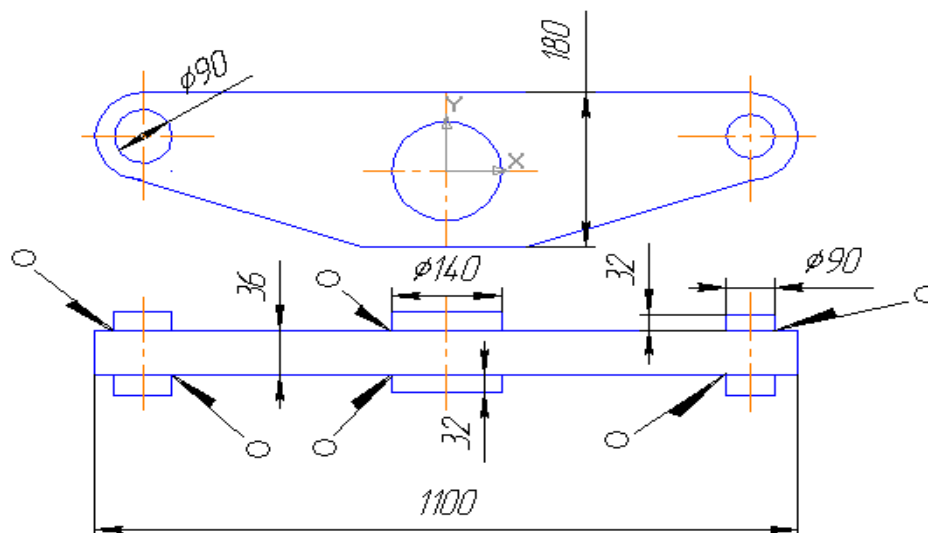


Рисунок 7.4 - продольный балансир электровоза

Вариант 5

Полуавтоматической сваркой самозащитной порошковой проволокой диаметром 3 мм заварить трещины на вертикальной полке шкворневой балки полувагона с постановкой усиливающих накладок с обеих сторон полки (Рисунок 48). Катет угловых швов приваривающих накладки к полке, принять равным 5 мм, периметр первой накладки равен 1200 мм, второй—750 мм.

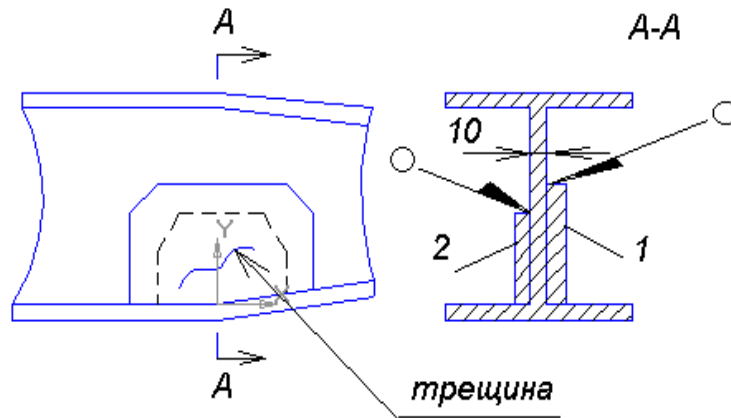


Рисунок 7.5 - трещины на вертикальной полке шкворневой балки полувагона

Контрольные вопросы:

1. Как выбрать диаметр электрода?
2. Как выбрать сварочный ток?
3. Как рассчитать напряжение сварочного тока?
4. Как рассчитать общую длину сварного соединения?
5. Что является исходными материалами восстановления деталей локомотивов сваркой?
6. Какую роль играет марка стали при выборе технологических параметров восстановления деталей сваркой?
7. Для чего применяется флюс при сварочных работах?
8. Как разделить трещину в восстанавливаемой сваркой детали?

Лабораторная работа № 8
Способы повышения качества сварных соединений
(Работа рассчитана на 2 часа)

Цель работы:

Изучить способы повышения качества сварных соединений деталей локомотивов.

Задание:

Изучить Способы повышения качества сварных соединений деталей локомотивов

Приборы, материалы, инструменты:

1. Методические пособия.
2. Лупы.
3. Образцы сварных швов.
4. Микроскоп МБС.

1. Меры по уменьшению напряжений и деформаций при сварке

При сварке и наплавке в деталях возникают напряжения, вызванные неравномерным нагревом металла концентрированным источником тепла. Для их уменьшения рекомендуется:

1. При возможности заменять ручную дуговую сварку на автоматическую или полуавтоматическую (особенно при сварке тонколистовых конструкций); освободить свариваемые части от жесткого закрепления; применять предварительный подогрев газовым пламенем или электрическими нагревателями.

2. Применять наименьшие сварочные швы, обеспечивающие необходимую прочность соединений, применять разделку швов. Швы длиной более 300 мм сваривать от середины к краям, несквозные трещины, выходящие на кромку конструкции заваривать от конца трещины к кромке. В деталях, имеющих несколько стыковых швов, сначала заваривать швы, расположенные поперек силового потока. При сварке многослойным швом после очистки от шлака применять проковку, кроме первого и последнего шва.

3. После сварки проводить полный отжиг или нормализацию, обрабатывать места перехода сварочного шва на основной металл методами аргоно–дугового оплавления с последующим наклепом оплавленного участка.

4. Деформированные участки править нагревом до 750–1000⁰С с последующим механическим воздействием на молотах или прессах. При односторонней сварке конструкции для предотвращения изгибных

деформаций перед сваркой домкратами или распорками обеспечить предварительный прогиб этой конструкции в обратную сторону.

5. Сварку сплошных длинных сварочных швов производить холодным методом, т.е. короткими стежками в разных точках соединения.

2. Способы повышения прочности сварных соединений

Для повышения прочности и эксплуатационной надежности сварных соединений в процессе ремонта деталей подвижного состава необходимо применять поверхностный наклеп, механическую и аргонодуговую обработку сварочных швов и околошовной зоны.

Поверхностный наклеп выполняют при помощи многобойкового пневматического молотка с виброгасителем. Наклепу подвергают границу угловых и стыковых швов с основным металлом конструкции на ширину 15–20 мм (рисунок 8.1).

Перед упрочнением участки сварных швов и прилегающие зоны должны быть очищены от пыли, грязи и брызг металла, а подрезы устранены.

Механической обработке подвергают места сварных соединений, имеющих геометрические концентраторы напряжений. Обработка заключается в придании швам плавного очертания на местах перехода их к основному металлу. Эту обработку проводят специальными абразивными кругами, шарошками, фрезами, дающими необходимый радиус обработки. Околошовную поверхность можно сглаживать на толщину металла не более 3–5% от толщины основного металла.

Обработанная поверхность не должна иметь рисок, острых кромок, расположенных поперек направления действующих в этом конструктивном элементе усилий. Перед обработкой удалить имеющиеся в зоне обработки поверхностные дефекты от сварки и резки.

Качество механической обработки сварных швов должно контролироваться.

В случаях, когда доступ механического инструмента ограничен применяют аргонодуговое оплавление сварочных швов неплавящимся электродом без присадочной проволоки. Оплавление ведут сварочным током напряжением 12–16 В электродом диаметром 2–6 мм на расстоянии сопла горелки от шва 4–8 мм. Величина тока зависит от толщины металла и диаметра электрода.

Участки, подвергаемые оплавлению должны быть сухими и очищенными от грязи, ржавчины, шлака, окалины, масла.

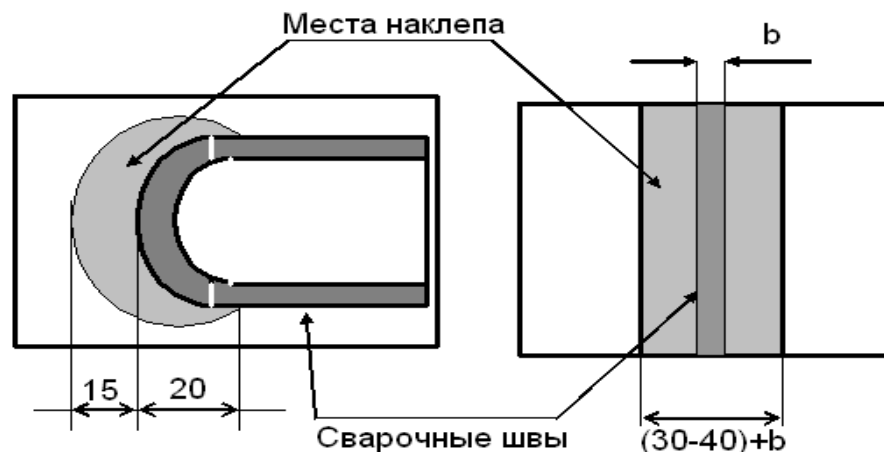


Рисунок 8.1 Места наклепа сварных соединений

При аргоно–дуговой обработке применяют сварочные выпрямители, преобразователи и горелки, предназначенные для сварки вольфрамовыми электродами в защитных газах. Аргон используется марок А, Б и В.

Режим оплавления зависит от толщины обрабатываемого металла (таблица 8.1).

Таблица 8.1- Режим оплавления

Толщина металла	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А
3,0–5,0	2	80–100
3,0–5,0	3	100–160
6,0–20,0	4	220–280
Более 20	5	280–350
Более 20	6	350–420

3. Контроль качества сварных соединений

Сварное соединение контролируется различными методами: наружным осмотром зачищенного шва, металлографическими исследованиями, механическими испытаниями, рентгеновскими методами, ультразвуковыми методами. Выбор способа контроля зависит от назначения сварных конструкций, степени ответственности и др. условий.

Наружным осмотром можно выявить грубые наружные дефекты – трещины шва, пористость, подрезы, прожоги и т. д. Более тонкие методы контроля разделяются на связанные с разрушением изделия – металлографические исследования, механические испытания: на ударную вязкость, разрыв, изгиб и неразрушаемые методы контроля – рентгеновский, ультразвуковой, механический – на твердость, магнитный.

Разрушаемые способы контроля сварочных соединений применяются при отработке технологии сварки особо качественных изделий или при исследовании причин дефектов сварных соединений. При этом из изделия,

как правило, вырезаются интересующие части сварочного соединения или готовятся специальные образцы сварных соединений.

Неразрушаемые методы контроля применяются для обнаружения внутренних дефектов ответственного сварочного соединения – наличие микротрещин, раковин, ликваций и др. Например, контроль качества сварочного соединения рельсовой плети при строительстве бесстыковых железнодорожных путей проводится при помощи переносных ультразвуковых установок, которые позволяют определить дефекты на глубине 200 мм и более с минимальными затратами времени.

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Провести внешний осмотр образцов сварных швов для выявления наружных и внутренних дефектов. Описать выявленные дефекты (нарисовать схемы).
4. Дать заключение о качестве сварочного соединения.

Контрольные вопросы:

1. Какие существуют способы повышения эксплуатационной надежности сварных соединений?
2. Что такое поверхностный наклеп?
3. Как производится механическая обработка сварных швов?
4. Когда применяют аргоно–дуговую обработку сварных швов?
5. Как снизить внутренние напряжения сварных швов?
6. Какими инструментами производится поверхностный наклеп?
7. Какую зону сварного шва подвергают поверхностному наклепу?
8. Как готовят участки сварных швов под поверхностный наклеп?
9. Какими инструментами рекомендуется производить механическую обработку сварных швов?
10. Что такое концентраторы напряжений в зоне сварных швов?
11. В каких случаях рекомендуется производить аргоно–дуговое оплавление сварных швов.

Лабораторная работа № 9
Газотермическая наплавка и напыление деталей локомотивов
(Работа рассчитана на 2 часа)

Цель работы:

Изучить основы газотермической наплавки деталей локомотивов.

Задание:

Изучить основы технологии газотермической наплавки деталей локомотивов

Приборы, материалы, инструменты:

1. Методические пособия.

1. Общие положения

Газотермическое напыление в зависимости от вида напыляемого материала (порошок или проволока) может производиться плазменной струей или плазменной дугой. В первом случае в зону плавления под давлением транспортирующего газа подают материал в виде порошка, во втором используют проволочный материал. Преимуществом плазменного напыления является возможность применения широкого спектра материалов и проведение процесса как в атмосфере, так и в защитных камерах. Недостатком является высокая стоимость способа, относительно низкая производительность, высокий уровень шума.

Восстановление газотермической наплавкой можно только в пределах износа, которые обусловлены правилами ремонта железнодорожной техники. Износостойкость напыленного слоя должна быть не ниже износостойкости основного металла и соответствовать требованиям технических условий и чертежа.

Температура деталей перед напылением и температура в помещении должна быть не ниже 15°С.

Поверхность под напыление должна быть зачищена в соответствии с соответствующей технической документацией до определенной шероховатости. Не допускается попадание на подготовленную поверхность влаги и масел, касание руками.

Для газотермического напыления разрешается применять порошковые материалы в соответствии с техническими требованиями. Материалы для газопламенного напыления приведены в таблице 1.

Материалы для напыления плазменной дугой (дуговая металлизация) приведены в таблице 9.2.

Таблица 9.1- Материалы для газопламенного напыления

Марка порошка	Твердость восстановленной поверхности в ед. Роквелла (HRC)	Область применения и способ наплавки или напыления
ПГ-10Н-01	56-63	Углеродистые и нержавеющие стали, чугуны.
ПГ-10Н-04	86-97 HRB	То же
ПГ-10К-01	45-50	То же
ПГ-12Н-01	35-44	То же
ПГ-12Н-02	45-54	То же
ПТ-НА-01	–	Наносится в качестве подслоя напылением без оплавления
ПГ-19М-01	65-72	Наносится на детали из медесодержащих сплавов через подслоя
ПТ-19Н-01	30-42	Наносится через подслоя, применяется для восстановления поршней. Напыление без оплавления
ПН85Ю15	20	Жаростойкое и износостойкое покрытие. Напыление без оплавления
ПН70Ю30	40	То же
ПР-Н80Х13С2Р	29-34	Высокая износостойкость, коррозионная стойкость и жаростойкость, хорошая сцепляемость со сталями. Напыление и наплавка
ПР-Н77Х15С2Р2	37-42	То же
ПР-Н73Х16С2Р3	47-52	То же
ПР-Н70Х17С4Р4	55-59	То же
ПР-Н67Х18С5Р4	60-62	То же
ПГ-СР2	40-45	То же
ПГ-СР3	50-55	То же
ПГ-СР4	58-62	То же
ПГ-СЖ14	32-42	То же

Таблица 9.2 - Материалы для дуговой металлизации.

Марка проволоки	Применение
65Г	Рабочий слой в прессовых соединениях
ШХ15	То же
Х15Н60	То же
Х20Н80	То же
Св10Х16Н25АМ6	То же
12Х18Н10Т	То же
Молибден	Для подслоя

Процесс напыления включает следующие операции:

1. Подготовка напыляемого материала.
2. Подготовка поверхности под напыление.

3. Напыление. Оплавление покрытия.

4. Механическая обработка.

Участок для напыления должен быть оборудован вытяжной вентиляцией. Окончательную механическую обработку покрытий допускается производить вне участка, но в одном здании.

Напыление валов производится во вращателе или на токарном станке с оборотами до 3000об/мин.

Плоские детали напыляют на столе сварщика.

Подготовка порошков заключается в просушивании при температуре 130–150°C и просеивании через набор сит.

Подготовка поверхности напыляемой детали заключается в очистке поверхности от загрязнения (можно предварительно промывать в моечных машинах) и поврежденного слоя (удаляется точением или грубой шлифовкой).

Плазменное напыление осуществляется на оборудовании приведенном в таблице 3.

Таблица 9.3 - Оборудование для плазменного напыления

Характеристики установок	УПУ–3д	УПУ–8	Киев–7	УН–120	УН–108
Рабочие газы	Аргон, азот	Аргон, азот	Пропан–бутан	Аргон, азот	Азот, пропан–бутан
Расход газа, м ³ /час	3–4	4–5	0,1–0,3	3–6,3	3–10, 2–6
Производительность, кг/час	3,5	4–8	10–25	10–15	5–15
Мощность плазмотрона, кВт	30	40	100	130	120

2. Технология восстановления

Плазменное напыление заключается в нанесении на подготовленную поверхность детали порошковых материалов при помощи плазменной струи. Процесс выполняется с предварительным нанесением подстоя или без него.

Зажигание плазмы и ее регулировка производится в стороне от детали

Напыляемую поверхность предварительно нагревают до 150–180°C струей плазмы без подачи порошка, затем включают подачу порошка и наносят слой требуемой толщины.

Нагрев детали ограничивается 200°C и контролируется цветом побежалости. При появлении цветов побежалости необходимо прервать процесс нанесения порошка не прерывая вращения детали.

Схема плазмотрона приведена на рис 9.1.

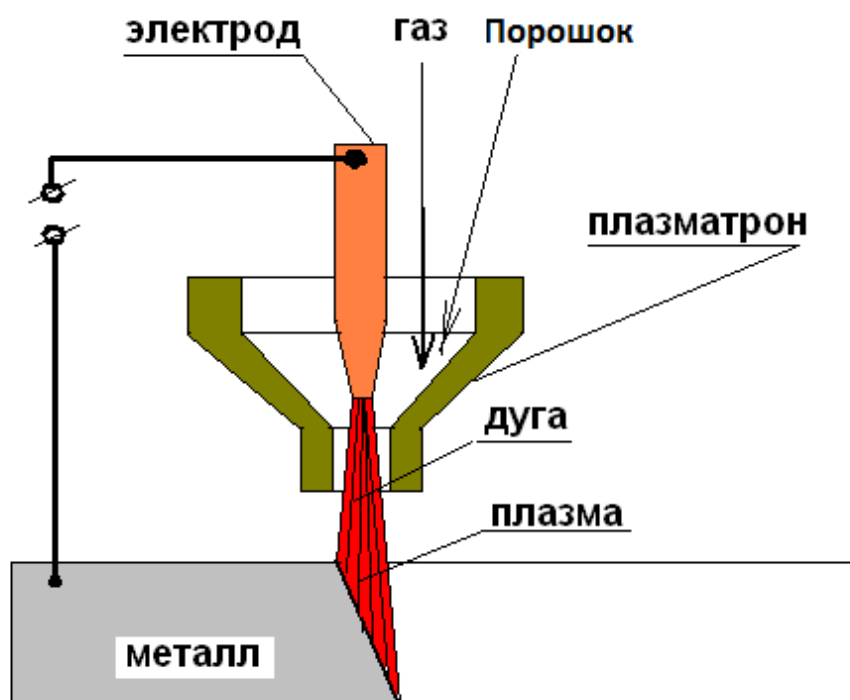


Рисунок 9.1 Схема плазматрона для плазменного напыления

Дуговая металлизация заключается в расплавлении проволочного материала электрической дугой, горящей между двумя проволоками—электродом и его расплывением сжатым воздухом. Дуговую металлизацию проводят проволокой диаметром 1,6–2,0 мм.

Проволочные материалы перед напылением должны быть очищены от окислов и обезжирены. Перегибы и расслоения проволоки не допускаются.

Интервал между подготовкой поверхности и началом восстановления не более 60 мин.

Металлизацию начинают со стороны галтели, на краях поверхности восстановления металлизатор задерживают на 3–4 сек. При нанесении слоя более 1,5 мм, после каждых 0,5 мм останавливают процесс для охлаждения.

Качественное покрытие имеет одинаковую дисперсность без видимых дефектов.

Схема дуговой металлизации приведена на рисунке 9.2.

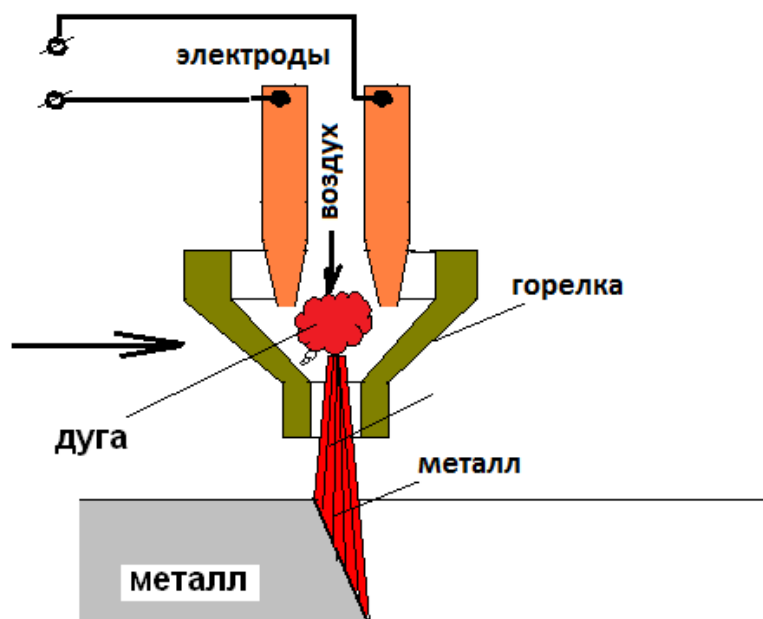


Рисунок 9.2 Схема дуговой металлизации

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Схема дуговой металлизации .
4. Схема плазмотрона.
5. Описание режимов восстановления.

Контрольные вопросы:

1. Как выбрать диаметр электрода?
2. Как выбрать сварочный ток?
3. Как рассчитать напряжение сварочного тока?
4. Для чего применяется плазменное напыление?
5. Как получают плазму?
6. Чем отличается плазменное напыление от дуговой металлизации?
7. Для чего производится тщательная подготовка поверхности под дуговую металлизацию?
8. С чем связано ограничение температуры окружающей среды при плазменном напылении?

Лабораторная работа № 10
Вибродуговая наплавка деталей локомотивов
(Работа рассчитана на 4 часа)

Цель работы:

Изучить основы вибродуговой наплавки деталей локомотивов.

Задание:

1. Изучить основы технологии вибродуговой наплавки деталей локомотивов.
2. По эскизу заданной детали и размеров (по варианту) разработать технологию восстановления вала вибронаплавкой.

Приборы, материалы, инструменты:

1. Методические пособия.

1. Общие положения

Вибродуговая наплавка деталей локомотивов может производиться под слоем флюса или в струе защитного газа. Этим способом разрешается восстанавливать изношенные валы и другие детали локомотивов в пределах размеров, допускаемых правилами ремонта или инструкциями ОАО РЖД.

Для вибродуговой наплавки под слоем флюса рекомендуется использовать автоматические головки типа АНКЭФ конструкции ВНИИЖТ или других типов, обеспечивающих необходимое качество наплавки и подачу электродной проволоки с продольно возвратно поступательной вибрацией. Автомат должен иметь регулировку амплитуды колебания в пределах до 3 мм и регулировку частоты колебания от 40 до 60 с⁻¹.

Устройства для удержания флюса на наплавляемой поверхности должны обеспечить надежную защиту расплавленной ванны слоем флюса толщиной не менее 25 мм. Прорыв дуги сквозь слой флюса не допускается.

Наплавку производят на **постоянном токе обратной полярности** с использованием источников питания, имеющих падающую и жесткую внешнюю характеристику (ВД-306, ВД-302, ВСС-300, ПСО-300). Источник питания устанавливают рядом со сварщиком для удобства регулирования сварочного тока.

Флюс применяют мелкой грануляции марки АН-348АМ, АН-348ВМ, АНЦ-1. Перед применением требуется прокалить флюс при температуре 300–400°С в течение 1 часа.

Электродную проволоку применяют марок Св-08, Св-08А, Св-10Г2, Св-08ГА диаметром 1, 1,2, 1,6 и 2 мм.

Пред наплавкой необходимо проверить вал дефектоскопом. При отсутствии трещин поверхность тщательно очищают от грязи и ржавчины и обезжиривают.

При наличии дефектов на поверхности вала (вмятин, забоев, плен, задиров) глубиной от 1 до 3 мм вал необходимо проточить до удаления этих дефектов.

Наплавку валов начинают с торца. Первый виток наплавляют без подачи суппорта для прогрева зоны наплавки. Если на поверхности имеются отверстия или шпоночные канавки, перед наплавкой их закрывают пробками из малоуглеродистой стали, которые должны выступать над поверхностью на 1–2 мм.

Если вал имеет переходные радиусы и галтели, то наплавку начинают на меньшем диаметре и ведут в направлении к галтели. Последний виток ведут также при выключенном суппорте. При наплавке в несколько слоев предыдущий слой тщательно зачищают до чистого металла. Режим наплавки выбирают согласно таблице 10.1.

Таблица 10.1 Режим вибродуговой наплавки

Диаметр сварочной проволоки, мм	Диаметр вала, мм	Скорость подачи проволоки, м/час	Частота колебаний, с ⁻¹	Амплитуда колебаний, А, мм	Напряжение дуги
2,0	100	56–88	21–33	2,5	32–35
1,6	70	88–97	33–46	2–2,5	32–35
1,2	30	153–167	33–46	1,8–2,0	30–32
1,0	20	200	46–57	1,5	25–32
0,8	20	236	46–57	1,0	25–32

2. Расчет основных параметров технологического процесса сварки:

1. Диаметр электрода выбирается по таблице 10.1.
2. Род и полярность тока выбирается по рекомендациям, изложенным в тексте выше.
3. Сварочный ток ($I_{св}$) определяют исходя из допустимой плотности тока, зависящей от диаметра электрода, по формуле:

$$I = j \times F_{пр}, A,$$

где j – плотность тока, А/мм² (рекомендации в табл. 2),
 $F_{пр}$ – площадь поперечного сечения электродной проволоки, мм².

$$F_{пр} = \pi \times d_{пр}^2 / 4$$

Таблица 9.2 - Рекомендуемая плотность тока

$d_{эл}$	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
$j, A/mm^2$	180	140	120	80	60

4. Напряжение на дуге (U_d) определяют по формуле:

$$U_d = 10 \times (d_{эл} + 1,5), В$$

5. Рассчитать площадь сечения наплавленного слоя (исходя из заданных размеров зоны восстановления по варианту), в $см^2$.

$$F_{с\text{л\text{о\text{я}}} = \pi \times D_{с\text{л\text{о\text{я}}}^2 / 4 - \pi \times D_{в\text{а\text{л\text{а}}}^2 / 4$$

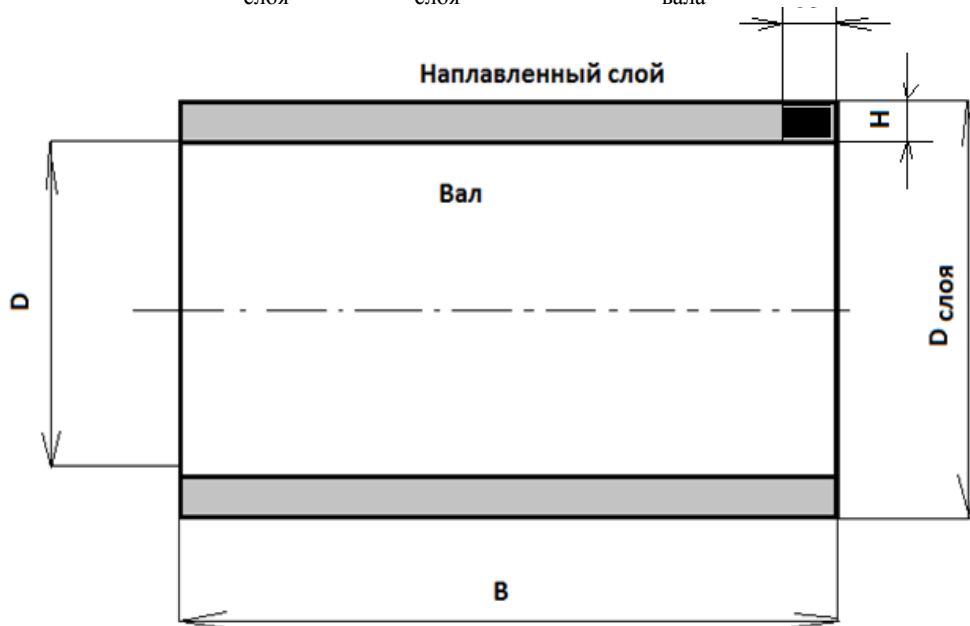


Рисунок 10.1 - Схема наплавки

6. Рассчитать объем металла необходимого для формирования наплавленного слоя, в $см^3$.

$$V_{с\text{л\text{о\text{я}}} = F_{с\text{л\text{о\text{я}}} \times B$$

7. Скорость подачи проволоки ($V_{пр}$) находят по формуле:

$$v_{пр} = 360 \times \alpha_p \times I_{св} / F_{шв}, \text{ м/час,}$$

где $F_{шв}$ – площадь поперечного сечения наплавленного шва, $мм^2$:

$$F_{шв} = A \times H,$$

где A – Амплитуда колебаний электрода (табл. 1), мм,

H – толщина слоя, мм ($D_{с\text{л\text{о\text{я}}} - D_{в\text{а\text{л\text{а}}}$);

α_p – коэффициент расплавления, $г/А \times с$.

Для постоянного тока $\alpha_p = (5,5 + 2,8 \sqrt{\frac{I_{св}}{d_{эл}}}) \times 10^{-4}$.

8. Время необходимое для сварки заданного сварного соединения можно определить из соотношения:

$$t_{св} = G/Q, \text{ час,}$$

где ρ – плотность металла (для стали $7,8 \text{ Г/см}^3$);

G – масса наплавленного металла ($G = V_{шва} \times \rho$, кг);

Q – производительность сварки (принять равным 10 кг/час).

9. Скорость сварки:

$$v_{св} = L_{шва} / t_{св}, \text{ м/час,}$$

где $L_{шва} = F_{слоя} \times \pi \times D_{вала} / F_{шв} \times 1000$,

10. Глубина проплавления (Н) для низкоуглеродистых и низколегированных сталей рассчитывается по формуле:

$$H = 0,0156 v_{пр} \sqrt{\frac{q}{v_{св} \times \Psi}}, \text{ см,}$$

где q – эффективная тепловая мощность сварочной дуги, Дж/с.

$$q = n \times N,$$

где $v_{пр}$, $v_{св}$, в см/сек

n – коэффициент полезного действия сварки (для сварки порошковой проволокой и вибронаплавки $n = 0,85$);

N – полная тепловая мощность сварочной дуги, которая определяется по формуле:

$$N = k \times I_{св} \times U_{д}, \text{ Дж/с,}$$

Где k – коэффициент синусоидальности дуги (для постоянного тока $k = 1$, для переменного тока $k = 0,7 \dots 0,97$).

Ψ – коэффициент формы провара – $\Psi = (19 - 0,01 \times I_{св}) \times d_{эл} \times U_{д} / I_{св}$.

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Эскиз сварочного соединения.
4. Схема восстановления.
5. Расчет режима восстановления.

Варианты индивидуального задания

1.	$D_{вала} = 20 \text{ мм,}$	$D_{слоя} = 25 \text{ мм,}$	$B = 500 \text{ мм.}$
2.	$D_{вала} = 25 \text{ мм,}$	$D_{слоя} = 30 \text{ мм,}$	$B = 600 \text{ мм.}$
3.	$D_{вала} = 30 \text{ мм,}$	$D_{слоя} = 40 \text{ мм,}$	$B = 700 \text{ мм.}$
4.	$D_{вала} = 40 \text{ мм,}$	$D_{слоя} = 50 \text{ мм,}$	$B = 800 \text{ мм.}$
5.	$D_{вала} = 50 \text{ мм,}$	$D_{слоя} = 60 \text{ мм,}$	$B = 900 \text{ мм.}$
6.	$D_{вала} = 60 \text{ мм,}$	$D_{слоя} = 70 \text{ мм,}$	$B = 1000 \text{ мм.}$
7.	$D_{вала} = 70 \text{ мм,}$	$D_{слоя} = 80 \text{ мм,}$	$B = 1100 \text{ мм.}$
8.	$D_{вала} = 80 \text{ мм,}$	$D_{слоя} = 90 \text{ мм,}$	$B = 1200 \text{ мм.}$
9.	$D_{вала} = 90 \text{ мм,}$	$D_{слоя} = 100 \text{ мм,}$	$B = 1300 \text{ мм.}$
10.	$D_{вала} = 100 \text{ мм,}$	$D_{слоя} = 110 \text{ мм,}$	$B = 1400 \text{ мм.}$
11.	$D_{вала} = 110 \text{ мм,}$	$D_{слоя} = 120 \text{ мм,}$	$B = 1500 \text{ мм.}$

Контрольные вопросы:

1. Как выбрать диаметр электрода?
2. Как выбрать сварочный ток?
3. Как рассчитать напряжение сварочного тока?
4. Какой параметр сварки определяет длина дуги?
5. Из каких соображений выбирается скорость сварки?
6. Что такое число проходов?
7. Какая полярность тока выбирается при вибронеплавке?
8. Какой род тока обеспечивает лучшее качество наплавки?
9. В чем заключается подготовка детали к вибронеплавке?
10. При большей или меньшей скорости сварки ширина шва большая?
11. Увеличение сварочного тока увеличивает ширину шва или глубину проплавления?
12. В чем заключается целесообразность применения вибронеплавки?
13. В чем заключается подготовка к наплавке второго слоя?
14. Для чего применяется углекислый газ при вибронеплавке?
15. Для чего применяется флюс при вибронеплавке?
16. Можно ли применять флюс и углекислый газ одновременно?

Лабораторная работа № 11
Многоэлектродная наплавка
(Работа рассчитана на 2 часа)

Цель работы:

Изучить основы многоэлектродной наплавки деталей локомотивов.

Задание:

Изучить основы технологии многоэлектродной наплавки деталей
ЛОКОМОТИВОВ

Приборы, материалы, инструменты:

1. Методические пособия.

1. Общие положения

Для нанесения слоя металла на поверхность деталей тягово-подвижного состава с целью их восстановления или упрочнения наряду с другими способами разрешается применять многоэлектродную наплавку. При этом способе наплавку производят под слоем флюса двумя или более электродами при общем подводе сварочного тока. Увеличение числа проволок ширина слоя и производительность наплавки увеличивается. Глубина проплавления меньше, чем при наплавке одной проволокой, что способствует снижению чувствительности металла, особенно с повышенным содержанием углерода, к образованию трещин в связи с уменьшением доли основного металла в сварочной ванне.

Наплавку производят на многоэлектродных установках, состоящих из узла крепления и перемещения (вращения) детали, наплавочной головки, оборудованной механизмом подачи электродных проволок, и источника питания. Используют переменный или постоянный сварочный ток. Питание производят от преобразователей, выпрямителей, а также сварочных трансформаторов. Схема многоэлектродной наплавки приведена на рисунке 11.1.

2. Материалы и технологические режимы наплавки

В качестве наплавочного материала применяют как сварочные по ГОСТ2246–70, так и наплавочные по ГОСТ10543–82 монолитные проволоки диаметром 1–5 мм, а также порошковые проволоки (чаще всего марок ПП–Нп–14ст (ПП–ТН250), ПП–Нп–18Х1Г1М (ПП–АН–120)). Используют флюсы АН–348А, ОСЦ–45, АНЦ–1, АН–60 и другие. Проволоку выбирают в зависимости от назначения и требуемых свойств наплавленного металла. Минимальная твердость металла достигается при использовании проволок: сварочной Св–08, наплавочной марки Нп–30.

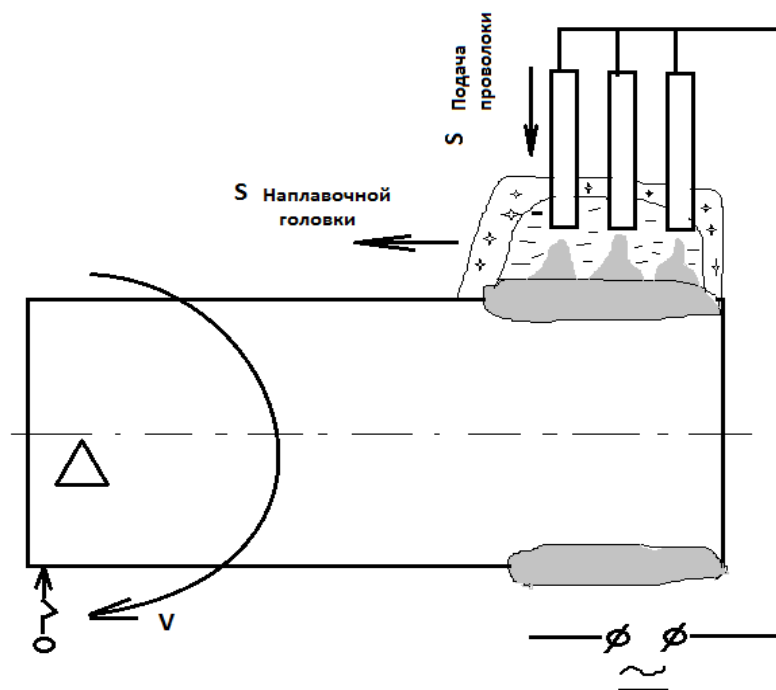


Рисунок 11.1 Схема многоэлектродной наплавки вала

Устойчивость процесса и качество наплавки зависят от многих факторов: подготовки поверхности детали под наплавку, числа, химического состава и взаимного расположения электродных проволок, вылета и скорости подачи электродов. Толщины наплавляемого слоя, состава флюса и др.

Перед наплавкой поверхность детали должна быть зачищена, а поверхностные дефекты удалены. Примерные значения параметров процесса многоэлектродной наплавки приведены в таблице 1.

Число электродных проволок выбирают в зависимости от ширины наплавляемого слоя и диаметра проволок. При одной и той же ширине число проволок увеличивается с уменьшением их диаметра и наоборот. Многоэлектродной наплавкой наплавляют слои толщиной до 12 мм (в редких случаях до 30 мм) и шириной до 200мм.

Таблица 11.1 - Параметры процесса наплавки

Диаметр электродной проволоки, мм	Вылет электродов, мм	Напряжение, В	Сварочный ток, приходящийся на один электрод, А
1	15–20	15–25	40
2	25–30	25–30	100
3	30–50	25–36	200
4	40–80	36–40	450
5	40–100	40–50	700

Скорость подачи проволоки до 60 м/час.

Среднее расстояние между проволоками должно быть равным трем – четырем диаметров электродной проволоки. Между двумя крайними проволоками целесообразно уменьшать расстояние до 1–2 диаметров проволоки, при ширине наплавки более 50 мм.

Наплавку выполняют при вертикальном расположении электродов, а также углом вперед или углом назад. Для получения наплавленного металла толщиной 4–8 мм рекомендуется располагать электроды вертикально к наплавляемой поверхности. Направление углом вперед обеспечивает более глубокое проплавление основного металла. Максимальное проплавление металла обеспечивается при угле наклона проволок на 45–60° в сторону противоположную направлению наплавки.

Вместо электродной проволоки в качестве присадочного материала можно использовать широкую ленту небольшой толщины. Коэффициент наплавки получается больше, а глубина проплавления и доля основного металла уменьшаются.

3. Расчет основных параметров технологического процесса сварки:

1. Диаметр электрода выбирается по таблице 1.
2. Род и полярность тока выбирается по рекомендациям, изложенным в тексте выше.
3. Сварочный ток ($I_{св}$) определяют исходя из допустимой плотности тока, зависящей от диаметра электрода, по формуле:

$$I = j \times F_{пр.}, \text{ А,}$$

где j – плотность тока, А/мм^2 (рекомендации в табл. 11.2),

$F_{пр}$ – площадь поперечного сечения электродной проволоки, мм^2 .

$$F_{пр} = \pi \times d_{пр}^2 / 4$$

Таблица 11.2 - Рекомендуемая плотность тока

$d_{эл}$	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
$j, \text{А/мм}^2$	180	140	120	80	60

4. Напряжение на дуге ($U_{д}$) определяют по формуле:
5. Рассчитать площадь сечения наплавленного слоя (исходя из заданных размеров зоны восстановления по варианту), в см^2 .

$$U_{д} = 10 \times (d_{эл} + 1,5), \text{ В}$$

$$F_{слоя} = \pi \times D_{слоя}^2 / 4 - \pi \times D_{вала}^2 / 4$$

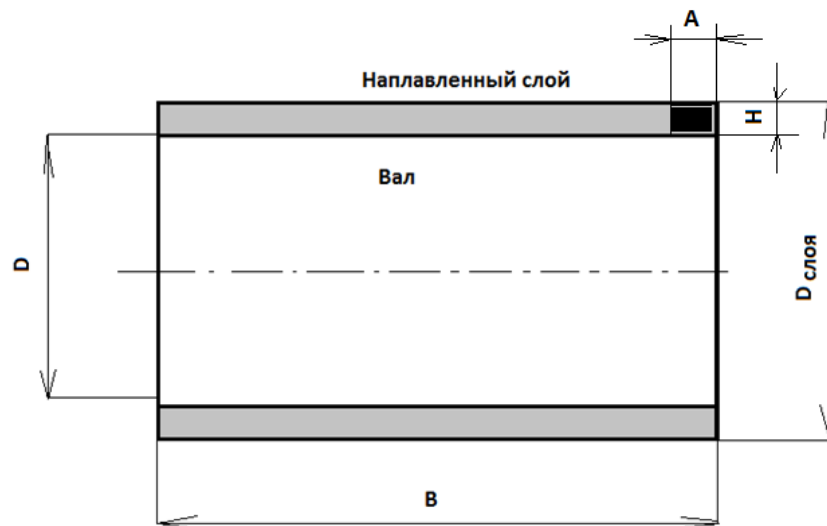


Рисунок 11.2 Схема наплавки

6. Рассчитать объем металла необходимого для формирования наплавленного слоя, в см^3 .

$$V_{\text{слоя}} = F_{\text{слоя}} \times B$$

7. Скорость подачи проволоки ($V_{\text{пр}}$) находят по формуле:

$$v_{\text{пр}} = 360 \times \alpha_{\text{р}} \times I_{\text{св}} / F_{\text{шв}}, \text{ м/час,}$$

где $F_{\text{шв}}$ – площадь поперечного сечения наплавленного шва, мм^2 :

$$F_{\text{шв}} = A \times H,$$

где A – Амплитуда колебаний электрода (табл. 1), мм,

H – толщина слоя, мм ($D_{\text{слоя}} - D_{\text{вала}}$);

$\alpha_{\text{р}}$ – коэффициент расплавления, $\text{г/А} \times \text{с}$.

Для постоянного тока $\alpha_{\text{р}} = (5,5 + 2,8 \sqrt{\frac{I_{\text{св}}}{d_{\text{эл}}}}) \times 10^{-4}$.

8. Время необходимое для сварки заданного сварного соединения можно определить из соотношения:

$$t_{\text{св}} = G/Q, \text{ час,}$$

где ρ – плотность металла (для стали $7,8 \text{ Г/см}^3$);

G – масса наплавленного металла ($G = V_{\text{шва}} \times \rho$, кг);

Q – производительность сварки (принять равным 10 кг/час).

9. Скорость сварки:

$$v_{\text{св}} = L_{\text{шва}} / t_{\text{св}}, \text{ м/час,}$$

где $L_{\text{шва}} = F_{\text{слоя}} \times \pi \times D_{\text{вала}} / F_{\text{шв}} \times 1000$, м

10. Глубина проплавления (H) для низкоуглеродистых и низколегированных сталей рассчитывается по формуле:

$$H = 0,0156 v_{\text{пр}} \sqrt{\frac{q}{v_{\text{св}} \times \Psi}}, \text{ см,}$$

где q – эффективная тепловая мощность сварочной дуги, Дж/с.

$$q = n \times N,$$

где $v_{\text{пр}}$, $v_{\text{св}}$, в см/сек

n – коэффициент полезного действия сварки (для сварки порошковой проволокой и вибронаплавки $n = 0,85$);

N – полная тепловая мощность сварочной дуги, которая определяется по формуле:

$$N = k \times I_{\text{св}} \times U_{\text{д}}, \text{ Дж/с,}$$

где k – коэффициент синусоидальности дуги (для постоянного тока $k = 1$, для переменного тока $k = 0,7 \dots 0,97$).

$$\Psi - \text{коэффициент формы провара} - \Psi = (19 - 0,01 \times I_{\text{св}}) \times d_{\text{эл}} \times U_{\text{д}} / I_{\text{св}}.$$

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Эскиз сварочного соединения.
4. Схема восстановления.
5. Расчет режима восстановления.

Варианты индивидуального задания

1.	$D_{\text{вала}} = 20 \text{ мм,}$	$D_{\text{слоя}} = 25 \text{ мм,}$	$B = 500 \text{ мм.}$
2.	$D_{\text{вала}} = 25 \text{ мм,}$	$D_{\text{слоя}} = 30 \text{ мм,}$	$B = 600 \text{ мм.}$
3.	$D_{\text{вала}} = 30 \text{ мм,}$	$D_{\text{слоя}} = 40 \text{ мм,}$	$B = 700 \text{ мм.}$
4.	$D_{\text{вала}} = 40 \text{ мм,}$	$D_{\text{слоя}} = 50 \text{ мм,}$	$B = 800 \text{ мм.}$
5.	$D_{\text{вала}} = 50 \text{ мм,}$	$D_{\text{слоя}} = 60 \text{ мм,}$	$B = 900 \text{ мм.}$
6.	$D_{\text{вала}} = 60 \text{ мм,}$	$D_{\text{слоя}} = 70 \text{ мм,}$	$B = 1000 \text{ мм.}$
7.	$D_{\text{вала}} = 70 \text{ мм,}$	$D_{\text{слоя}} = 80 \text{ мм,}$	$B = 1100 \text{ мм.}$
8.	$D_{\text{вала}} = 80 \text{ мм,}$	$D_{\text{слоя}} = 90 \text{ мм,}$	$B = 1200 \text{ мм.}$
9.	$D_{\text{вала}} = 90 \text{ мм,}$	$D_{\text{слоя}} = 100 \text{ мм,}$	$B = 1300 \text{ мм.}$
10.	$D_{\text{вала}} = 100 \text{ мм,}$	$D_{\text{слоя}} = 110 \text{ мм,}$	$B = 1400 \text{ мм.}$
11.	$D_{\text{вала}} = 110 \text{ мм,}$	$D_{\text{слоя}} = 120 \text{ мм,}$	$B = 1500 \text{ мм.}$

Контрольные вопросы:

1. Как выбрать диаметр электрода?
2. Как выбрать сварочный ток?
3. Как рассчитать напряжение сварочного тока?
4. Какой параметр сварки определяет длина дуги?
5. Из каких соображений выбирается скорость сварки?
6. Что такое число проходов?
7. Какая полярность тока выбирается при многоэлектродной наплавке?
8. Какой род тока обеспечивает лучшее качество наплавки?
9. В чем заключается подготовка детали к многоэлектродной наплавке?
10. При большей или меньшей скорости сварки ширина шва большая?

11. Увеличение сварочного тока увеличивает ширину шва или глубину проплавления?
12. В чем заключается целесообразность применения?
13. В чем заключается подготовка к наплавке второго слоя?

Лабораторная работа № 12
Индукционная наплавка
(Работа рассчитана на 2 часа)

Цель работы:

Изучить основы индукционной наплавки деталей локомотивов.

Задание:

Изучить основы технологии индукционной наплавки деталей локомотивов.

Приборы, материалы, инструменты:

1. Методические пособия.

1. Общие положения

Для восстановления и упрочнения поверхности деталей тягово-подвижного состава разрешается применять индукционную наплавку (индукционно-металлургический способ), используемый для нагрева наплавляемых поверхностей деталей и расплавления наплавочного материала токи высокой и средней частоты. Сущность индукционной наплавки заключается в нагреве наплавляемой поверхности с помощью индуктора, локализации энергии в поверхностном слое и расплавлении ее вместе с порошковым наплавочным материалом, нанесенным на восстанавливаемую поверхность.

Для индукционной наплавки рекомендуется применять высокочастотные установки типа ВЧИ 60/0,44, ВЧИ 2 100/0,66, ВЧЗ 2 160/0,066 и другие с мощностью потребляемой энергии не ниже 60 кВт и частотой тока 0,066 – 0,44 МГц

В качестве наплавочного материала используют порошки на основе железа (например, марки УЧС –0 30 ТУ –48–4208–312–87 в смеси с флюсом (например марок НП–4, П–1, П–2, НП–2). Химический состав подбирают с учетом служебных характеристик восстанавливаемой детали. Допускается применение самофлюсующихся порошковых материалов.

2. Технологический режим индукционной наплавки

Технологический режим состоит из следующих операций:

1. Удаление поверхностных дефектов и загрязнений с зачисткой наплавляемых поверхностей до металлического блеска.

2. Нанесение на наплавляемую поверхность порошкового материала в смеси с флюсом на заданную толщину.

3. Установка детали в индуктор, включение генератора на рабочий режим и проведение наплавки. При наплавке плоских деталей индуктор размещают в начале восстанавливаемой детали, расплавляют металл, перемещают его со скоростью $(9-10) \times 10^{-4}$ м/с (55–60 мм/мин) к противоположному краю детали.

4. Механическая обработка детали при необходимости.

Перед наплавкой порошок смешивают с флюсом и сушат в печи при температуре 100–150 °С в течение 35–40 мин. Соотношение порошка и флюса в смеси устанавливают в зависимости от требований, предъявляемых к восстанавливаемой поверхности детали. Грануляция ϕ порошка должна находиться в пределах 150–250 мкм.

Индукционным способом допускается наносить слои металла толщиной до 5 мм при наплавке и до 3 мм – при упрочнении. Толщина слоя наплавленного металла составляет 1/3 от исходной толщины насыпаемого слоя порошковой смеси.

При естественном остывании детали шлаковая корка должна отделяться от наплавленного металла самопроизвольно. Наплавленная поверхность должна иметь серебристо-матовый цвет без дефектов (трещины, непровары, раковины, скопления пор и др). Неровности и наплывы зачищают шлифовальным кругом.

При большом износе рекомендуется восстанавливаемую поверхность детали наплавлять любым из дуговых способов металлом небольшой твердости с последующей механической обработкой поверхности и ее упрочнением индукционной наплавкой.

3. Расчет режима индукционной наплавки

Основным параметром индукционной наплавки является частота сварочного тока. При высоких частотах можно считать, что ток практически идет лишь в тонком поверхностном слое. Глубина слоя по которому идет ток рассчитывается по формуле:

$$\delta = 5030 \sqrt{\frac{\rho}{\mu \cdot f}}, \text{ см,}$$

где f – частота тока в Гц;

ρ – удельное электросопротивление в Ом/см;

μ – магнитная проницаемость в Гс/Эрст.

Анализ приведенной формулы показывает, что в основном глубина проникновения расплавленной зоны зависит от частоты тока, поэтому этот параметр является исходным, дальнейшая подрегулировка осуществляется опытным путем.

Принцип поверхностного нагрева заключается в следующем: изделие помещается в индуктор (Рисунок 1), проводник которого представляет медную полую трубку, при прохождении тока по проводнику, вокруг него возникает переменное магнитное поле, которое индуцирует в изделии переменные вихревые токи, нагревающие поверхность изделия

Проводник индуктора охлаждается жидкостью проходящей внутри его. Ток высокой частоты получают от специального машинного генератора. Частота работы генератора в диапазоне от 500 до 5000 или даже до 15000 Гц. Иногда применяют ламповые генераторы с частотой до 10 млн Гц.

Для мелких деталей и при нагреве на небольшую глубину применяют ламповые генераторы, а при нагреве на большую глубину (свыше 3 мм) поверхности крупных деталей применяются машинные генераторы.

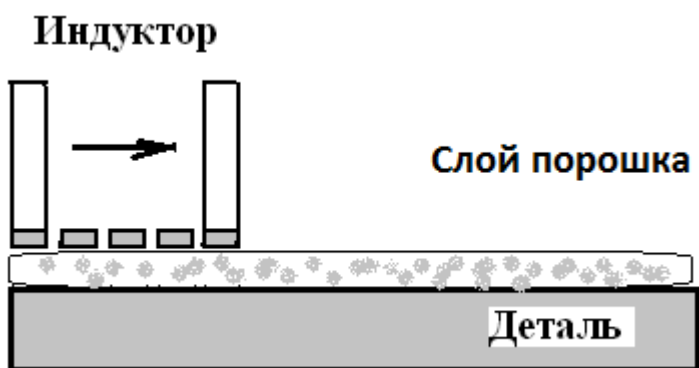


Рисунок 12.1- Схема индукционной наплавки детали

Преимуществами наплавки с использованием ТВЧ являются:

1. Высокая производительность;
2. Повышенные механические свойства;
3. Отсутствие выгорания углерода;
4. Отсутствие окисления поверхности;
5. Минимальные коробления;
6. Точная регулировка глубины закаленного слоя.

Основным недостатком этого метода является необходимость изготавливать индукторы для каждой детали, т.к. индуктор должен копировать поверхность изделия, а стоимость индуктора довольно значительная.

В условиях крупносерийного производства, когда приходится обрабатывать огромное количество одинаковых деталей, этот недостаток снимается.

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Схема восстановления.
4. Описать основы технологии индукционной наплавки деталей локомотивов.

Контрольные вопросы

1. Какая подготовка восстанавливаемой поверхности рекомендуется?
2. Что входит в состав порошкового материала?
3. Как регулируется толщина наплавляемого слоя?
4. Какие преимущества имеет индукционная наплавка перед другими способами?
5. Как готовят порошковый материал к наплавке?
6. На каком физическом принципе основана индукционная наплавка?
7. Как регулируется глубина проплавления основного металла?
8. Что собой представляет индуктор?
9. Из какого металла изготавливают индукторы?
10. Какие дефекты могут возникать в наплавленном слое?
11. Какой цвет имеет правильно выполненный наплавленный слой?
12. Каким инструментом устраняются поверхностные дефекты наплавленного слоя?
13. Какой величины наплавленный слой допускается при восстановлении деталей индукционной наплавкой?
14. При какой температуре сушат порошковый материал?
15. Сколько времени рекомендуют для сушки порошкового материала?
16. Какая грануляция порошкового материала рекомендуется?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Климов А.А. Восстановление деталей ТигТМО сваркой: конспект лекций./ А.А. Климов; КрИЖТ ИрГУПС.– Красноярск: КрИЖТ ИрГУПС, 2018. – 95 с.
2. Климов А.А. Лабораторный практикум по технологии сварочного производства: Учебное пособие /А.А Климов/ – Красноярск, 2007. – 145 с.
3. Зарембо Е.Г. Сварочное производство Маршрут, 2005 240 с.
4. Пугачев Г.С. Технология сварочного производства на вагоноремонтных предприятиях ИрИИТ, 2001, 86 с.

Учебно-методическое издание

Анатолий Александрович КЛИМОВ

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ТИТМО СВАРКОЙ

Лабораторный практикум
для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-
технологических машин и комплексов» очной формы обучения

Подписано в печать 08.10.2018 г.

Формат бумаги 60×84/16

2,4 авт. л. 5,19 печ. л.

экз.

План издания 2018 г. № ^{п/п} КриЖТ ИрГУПС

Протокол № от

Отпечатано в КриЖТ ИрГУПС
Красноярск, ул. Л. Кецовели, 89