

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

Г.В. Даровской

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
И ОСНАСТКА ПРЕДПРИЯТИЙ
ПО ПРОИЗВОДСТВУ И РЕМОНТУ
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Учебно-методическое пособие
к практическим занятиям
и курсовому проекту

Ростов-на-Дону
2017

УДК 621.423(07) + 06

Рецензент – кандидат технических наук, доцент А.С. Шапшал

Даровской, Г.В.

Технологическое оборудование и оснастка предприятий по производству и ремонту подвижного состава: учебно-методическое пособие к практическим занятиям и курсовому проекту / Г.В. Даровской; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 66 с.

Рассмотрены этапы проектирования автомата для наплавки изношенных деталей подвижного состава железнодорожного транспорта. Даны методические рекомендации по выбору способа и режимов восстановления деталей подвижного состава, разработке конструкции автомата для наплавки. Приведены примеры выполнения функциональной и электрической схем.

Настоящее пособие подготовлено с целью обеспечения возможности самостоятельной работы над курсовым проектом на тему «Разработка конструкции автомата для наплавки деталей подвижного состава» и подготовки к проведению практических занятий.

Предназначено для студентов специальности «Подвижной состав железных дорог».

Одобрено к изданию кафедрой «Технология металлов».

СОДЕРЖАНИЕ

1 Структура курсовой работы	4
2 Анализ задания.....	4
3 Выбор способа и режимов восстановления детали подвижного состава	9
3.1 Наплавка тел вращения.....	9
3.1.1 Общие сведения.....	9
3.1.2 Порядок расчета параметров режима наплавки.....	11
3.2 Наплавка плоских поверхностей.....	14
3.2.1 Общие сведения.....	14
3.2.2 Расчет режимов челночной наплавки под флюсом.....	14
3.2.3 Расчет геометрических размеров копира для челночной наплавки..	17
4 Разработка конструкции автомата для наплавки.....	19
4.1 Составные части автоматов.....	19
4.2 Разработка функциональной схемы работы.....	22
4.3 Разработка электрической принципиальной схемы работы.....	23
4.3.1 Расчет выпрямителей.....	23
4.3.2 Упрощенный расчет трансформатора.....	26
4.3.3 Выбор плавкой вставки для предохранителя.....	32
4.3.4 Оформление принципиальной электрической схемы.....	33
4.3.5 Пример выполнения принципиальной электрической схемы. Работа автомата в режимах «Наладка» и «Автоматическая сварка».....	52
5 Нормирование сварочно-наплавочных работ.....	55
5.1 Нормирование сварочных материалов.....	55
5.2 Нормируемые затраты рабочего времени.....	57
6 Составление технологической карты процесса сварки (наплавки).....	60
Библиографический список.....	63
Приложение.....	64

1 СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Предлагаемая курсовая работа по дисциплине «Технологическое оборудование и оснастка предприятий по производству и ремонту подвижного состава» содержит следующие разделы:

- 1 Анализ задания
 - 2 Выбор способа и режимов восстановления детали подвижного состава
 - 2.1 Выбор способа восстановления
 - 2.2 Расчет и выбор режимов восстановления
 - 3 Разработка конструкции автомата для наплавки
 - 3.1 Описание конструкции и выбор комплектующих
 - 3.2 Разработка функциональной схемы работы
 - 3.3 Разработка электрической принципиальной схемы работы
 - 3.4 Описание работы автомата в режимах «Наладка» и «Автоматическая наплавка»
 - 3.5 Проектирование конструкции автомата для наплавки
 - 4 Нормирование сварочно-наплавочных работ
 - 5 Составление технологической карты
- Приложение 1. Чертеж восстанавливаемой детали
Приложение 2. Функциональная схема работы автомата
Приложение 3. Электрическая принципиальная схема работы автомата
Приложение 4. Чертеж автомата для наплавки
Приложение 5. Технологическая карта процесса наплавки

2 АНАЛИЗ ЗАДАНИЯ

Обучающийся выбирает задание в соответствии с вариантом, предлагаемым преподавателем (см. приложение).

На первом этапе необходимо проанализировать материал, из которого изготовлена деталь, и привести его химический состав и механические свойства. Для этого рекомендуется воспользоваться справочной литературой.

Необходимо описать, как влияют элементы, содержащиеся в стали, на ее свариваемость (табл. 1).

На втором этапе необходимо определить причину износа и выхода из строя детали. Оценить возможность ее восстановления в соответствии с отраслевыми инструкциями ОАО «РЖД» и действующими нормативными документами.

На третьем этапе определяется свариваемость материала, из которого изготовлена деталь.

Склонность к образованию горячих кристаллизационных трещин определяется содержанием вредных примесей серы и фосфора.

Влияние легирующих элементов и примесей на свариваемость

Название элемента	Химический символ	Обозначение при маркировке	Содержание в сталях, %	Технологические факторы
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Хром	Cr	Х	До 0,3 в низкоуглеродистых; 0,7 ÷ 3,5 в конструкционных; 12 ÷ 18 в хромистых; 9 ÷ 35 в хромоникелевых	При сварке образуются карбиды хрома, ухудшающие коррозионную стойкость стали и резко повышающие твердость в зонах термического влияния, содействует образованию тугоплавких окислов, затрудняющих процесс сварки
Никель	Ni	Н	0,2 ÷ 0,3 в низкоуглеродистых; 1 ÷ 5 в конструкционных; 8 ÷ 35 в легированных	Увеличивает пластические и прочностные свойства стали, измельчает зерна, не ухудшая свариваемости
Молибден	Mo	М	0,15 ÷ 0,8	Увеличивает несущую способность стали при ударных нагрузках и высоких температурах, измельчает зерно; способствует образованию трещин в наплавленном металле и в зонах термического влияния; при сварке активно окисляется и выгорает
Углерод	C		До 0,25 Более 0,25	Одна из наиболее важных примесей, определяющих прочность, вязкость, закаливаемость и особенно свариваемость стали. Не ухудшает свариваемости. Свариваемость резко ухудшается, так как в зонах термического влияния образуются структуры закалки, приводящие к трещинам. Повышенное содержание углерода в присадочном материале вызывает при сварке пористость металла шва
Марганец	Mn	Г – стали Мц – бронзы, латуни	0,3 ÷ 0,8 1,8 ÷ 2,5 11 ÷ 16 типа Г13Л	Сварку не затрудняет. Могут появиться трещины, так как марганец способствует увеличению закаливаемости стали. Происходит интенсивное выгорание марганца, для предотвращения которого требуются специальные меры

1	2	3	4	5
Кремний	Si	С – стали К – бронзы, латуни	0,02÷0,3 0,8÷1,5 в специальных	Сварку не затрудняет. Свариваемость ухудшается из-за высокой жидкотекучести кремнистой стали и образования тугоплавких окислов кремния
Ванадий	V	Ф	0,2÷0,8 в специальных 1÷1,5 в штамповых	Способствует закаливаемости стали, чем затрудняет сварку. В процессе сварки активно окисляется и выгорает
Вольфрам	W	В	0,8÷18 в инструментальных, и штамповых	Резко увеличивает твердость стали и ее работоспособность при высоких температурах (красностойкость), но затрудняет процесс сварки, так как сильно окисляется
Титан	Ti	Т	0,5÷1,0 в коррозионностойких и жаропрочных	Повышает коррозионные свойства
Ниобий	Nb	Б	0,5÷1,0 в коррозионностойких и жаропрочных	Повышает коррозионные свойства. При сварке коррозионностойких сталей типа 12Х18Н9 способствует образованию горячих трещин
Медь	Cu	Д	До 0,3	Повышает прочностные характеристики стали, при больших содержаниях ухудшает свариваемость и способствует хладноломкости
Сера	S	-	До 0,05	Одна из наиболее вредных примесей в стали. Ухудшает свариваемость, образует фосфористое железо, способствующее хладноломкости стали
Фосфор	P	П-стали, Ф-бронзы	До 0,05	Вредная примесь в стали. Ухудшает свариваемость, образует фосфористое железо, способствующее хладноломкости стали

К факторам, способствующих образованию холодных (закалочных) трещин, относятся:

- содержание водорода в основном металле и шве;
- напряженно-деформированное состояние;
- образование закалочных структур.

Образование закалочных структур и свариваемость оценивается по содержанию эквивалентного углерода

$$C_{\text{э}} = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr + Mo + V}{10}.$$

Существуют 4 группы материалов с точки зрения их свариваемости:

- $C_{\text{э}} < 0,25$ – хорошая (Ст1, Ст2, Сталь 20, 18 кп, 20 кп);
- $C_{\text{э}} = 0,25-0,35$ % – удовлетворительная (Ст5, Сталь 30, Сталь 35);
- $C_{\text{э}} = 0,35-0,45$ % – ограниченная (Ст6, Сталь 40, Сталь 45, Сталь 50);
- $C_{\text{э}} > 0,45$ % – плохая (Сталь 60; Сталь 70, Сталь 75, Сталь 80, У7, У8, 50Г).

Классификация сталей по свариваемости приведена в таблице 2 и 3.

Таблица 2

Классификация сталей по свариваемости

Группа	Свариваемость	Условия для сварки
I	Хорошая	Сварка сталей выполняется по обычной технологии, т.е. без подогрева до сварки и в процессе сварки и без последующей термообработки. Применение термообработки для снятия внутренних напряжений не исключается.
II	Удовлетворительная	При сварке сталей в нормальных условиях производства трещин не образуется. Для предупреждения образования трещин необходимо предварительно нагревать, а также подвергать предварительной и последующей термообработке
III	Ограниченная	Стали в обычных условиях сварки склонны к образованию трещин. При сварке их предварительно термообрабатывают и подогревают. Большинство сталей этой группы подвергают термообработке после сварки
IV	Плохая	Стали, наиболее трудно поддающиеся сварке и склонные к образованию трещин. Эти стали, свариваются ограниченно, поэтому их сварку выполняют с обязательной предварительной термообработкой, с подогревом в процессе сварки и последующей термообработкой

Таблица 3

Свариваемость сталей

Свариваемость	Марка
Углеродистые низко- или среднелегированные стали	
Хорошая	Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, Ст2кп, Ст2пс, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, БСт1кп, БСт1сп, БСт2кп, БСт2пс, БСт2сп, БСт3кп, БСт3пс, БСт3сп, БСт4кп, БСт4сп 08, 10, 15, 20, 25 15К, 20К 15Х, 20Х, 20ХГСА, 12ХН2, 12Х24А, 15НМ, 10ХСНД 15Л, 20Л
Удовлетворительная	БСт5сп, БСт5Гсп 30, 35 15ХСНД
Ограниченная	Ст6пс, Ст6сп, БСт6пс, БСт6сп 40, 45, 50 35ХМ, 30ХГС, 33ХС, 20ХН3А 5ХНМ 40Л, 45Л, 50Л
Плохая	60Г, 65Г 50ХН 50ХГ, 50ХГА, 55С2, 65, 75, 85, 60С2 9Х, 9Х1 55Л У7, У8, У8Г, У9, У10, У11, У12, У13
Легированные стали	
Хорошая	12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 08Х22Н6Т
Ограниченная	17Х18Н9Т, 2Х18Н9
Плохая	Р18, Р9 Х12, Х12М, Х, 9Х, 9Х1, 8Х3, 9ХС, 4ХС, 8ХФ, 5ХГМ, 6ХВ2С

Влияние элементов на характеристики стали приведено в таблице 4.

Влияние элементов на характеристики стали

Характеристика стали	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	V	Mo	Ti
Временное сопротивление	++	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Предел текучести	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Относительное удлинение	=	-	-	=	0	0	0	0	-	-	0
Твердость	++	+	+	+	-	+	+	0	+	+	+
Ударная вязкость	-	=	-	=	-	+	+	0	0	0	-
Предел выносливости	+	0	0	0	0	0	0	0	++	++	0
Свариваемость	-	-	0	-	0	0	0	-	+	+	+
Стойкость против коррозии	0	-	+	+	0	+	+	++	+	+	0
Хладноломкость	0	0	0	+	0	-	-	-	0	0	0
Красноломкость	+	+	0	0	+	0	0	0	0	-	0

3 ВЫБОР СПОСОБА И РЕЖИМОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Выбор способа наплавки выбирается в соответствии с отраслевыми инструкциями ОАО «РЖД» и действующими нормативными документами.

При этом необходимо учесть, что преимущество отдается автоматической наплавке, т.к. она имеет ряд преимуществ:

- высокая производительность, нет ограничений по току;
- высокое качество наплавленного металла;
- благоприятная форма наплавленных валиков (плавный переход от металла шва к основному металлу);
- возможность эффективного управления свойствами наплавленного металла;
- отсутствие разбрызгивания.

Расчет режимов наплавочных работ зависит от формы наплавленной поверхности.

3.1 Наплавка тел вращения

3.1.1 Общие сведения

Восстановление наружной и внутренней поверхности деталей, имеющих форму тел вращения, может производиться различными методами: ручной дуговой наплавкой, автоматической наплавкой под флюсом, автоматиче-

ской и механизированной наплавкой порошковой проволокой, в защитных газах, вибродуговой наплавкой и др.

Выбор конкретного способа наплавки обусловлен различными факторами, важнейшим из которых является диаметр наплавляемой поверхности детали. Чем меньше диаметр детали, тем сложнее удержать ванну наплавляемого металла. Это особенно заметно проявляется при уменьшении диаметра детали до 50 мм и менее. Для деталей диаметром до 50 мм можно рекомендовать вибродуговую наплавку, автоматическую наплавку в углекислом газе тонкой электродной проволокой, ручную дуговую наплавку электродами диаметром до 3 мм. Наплавка деталей диаметром 50-100 мм может производиться порошковой самозащитной проволокой и проволокой сплошного сечения под флюсом. При наплавке деталей диаметром свыше 100 мм можно использовать способ наплавки электродной лентой под флюсом.

Наплавка цилиндрических поверхностей может производиться отдельными валиками: вдоль образующей, кольцевыми валиками и по винтовой линии. В случае наплавки валиками вдоль образующей для уменьшения деформации наплавляемой детали необходимо соблюдать определенную последовательность наложения валиков, а именно, они должны наплавляться диаметрально противоположно (рис. 1). После наплавки каждого валика осуществляется поворот детали на 180° . Процесс наплавки всегда производится в нижнем положении. Наплавка вдоль образующей чаще всего производится ручным способом штучными электродами.

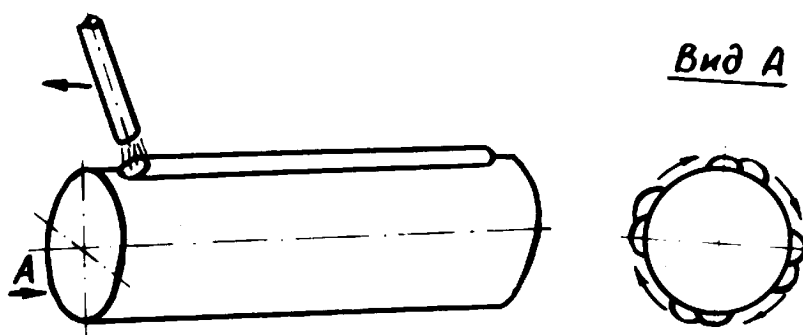


Рис. 1. Наплавка тел вращения валиками вдоль образующей

Цилиндрические поверхности лучше наплавлять по винтовой линии (рис. 2). Важным преимуществом этой схемы наплавки являются непрерывность процесса и уменьшение деформаций. Для удержания наплавляемого металла ось электрода необходимо смещать от зенита в сторону, противоположную вращению детали. В зависимости от диаметра наплавляемой поверхности и режимов наплавки, смещение составляет $3 \div 20$ мм.

Режим наплавки определяет величину ванны жидкого металла и шлака. К важнейшим элементам режима наплавки относятся: сварочный ток, напряжение на дуге, вылет электрода, его смещение от зенита и скорость наплавки. Величина сварочного тока определяется скоростью подачи электрода и его диаметром. Чем больше ток сварки, тем выше производительность наплавки,

глубже проплавление основного металла, больше объем сварочной ванны. При больших значениях сварочного тока валик наплавленного металла получается высоким и узким.

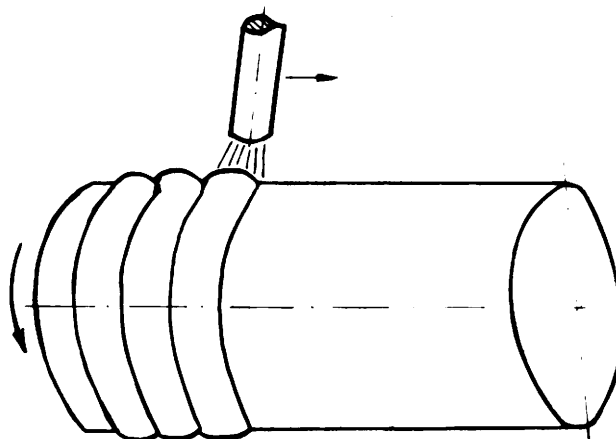


Рис. 2. Наплавка цилиндрических поверхностей по винтовой линии

Увеличение напряжения на дуге способствует получению более широких и низких валиков. В случае автоматической наплавки под флюсом повышение напряжения на дуге приводит к значительному увеличению плавления флюса, увеличению его расхода.

3.1.2 Порядок расчета параметров режима наплавки

1 Пусть износ на одну сторону (по радиусу вала) равен $h_{и}$, а припуск на механическую обработку $h_{м}$. Тогда

$$h_{н} = h_{и} + h_{м},$$

тогда

$$D_1 - D_2 = 2h_{н},$$

где D_1, D_2 – диаметры деталей после и до наплавки,

$h_{н}$ – высота наплавленного слоя.

2 Высота одиночного валика

$$q = \frac{h_{н}}{K_y},$$

где K_y – коэффициент формы валика, для $\Pi = 0,5 \cdot e$, $K_y = 1,3 \div 1,5$;

e – ширина валика (рис. 3), мм;

Π – коэффициент перекрытия валиков.

Толщина наплавленного слоя для автоматической наплавки не должна превышать $2,5 \div 4$ мм. Если требуется большая толщина наплавленного слоя, применяют многослойную наплавку.

3 Из условия удержания металла от стекания в зависимости от диаметра наплавляемой детали на основе опытных данных выбирают диаметр электрода и сварочный ток (табл. 5).

Таблица 5

Значения сварочного тока в зависимости от диаметра электрода

Диаметр детали, мм	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Смещение электрода *, мм	Вылет электрода, мм	Расход CO ₂ , л/мин
40	1,0	100÷300	19÷20	5,0	10	7,0
50	1,2	120÷150	19÷21	5,0÷8,0	12	7,0
80	1,2	120÷160	19÷21	6,0÷8,0	12	8,0

Примечание: скорость наплавки $V_H=15\div30$ м/ч

* - Смещение электрода от зенита в сторону, противоположную направлению вращения детали для удержания расплавленного металла

4 Для механизированных способов наплавки принимаем

$$F_H=0,8 \cdot e \cdot g.$$

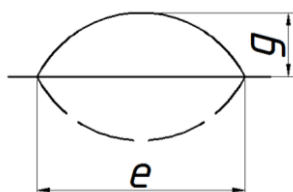


Рис. 3. Параметры валика

5 Задаем $F_H = 0,5\div15$ см².6 Определяем скорость подачи электродной проволоки V_{II}

$$V_{II} = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I}{\pi \cdot d_3^2 \cdot \gamma}, \text{ м/ч.}$$

Зависимость коэффициента расплавления электрода α_p от тока для разных d_3 показана на рисунке 4.

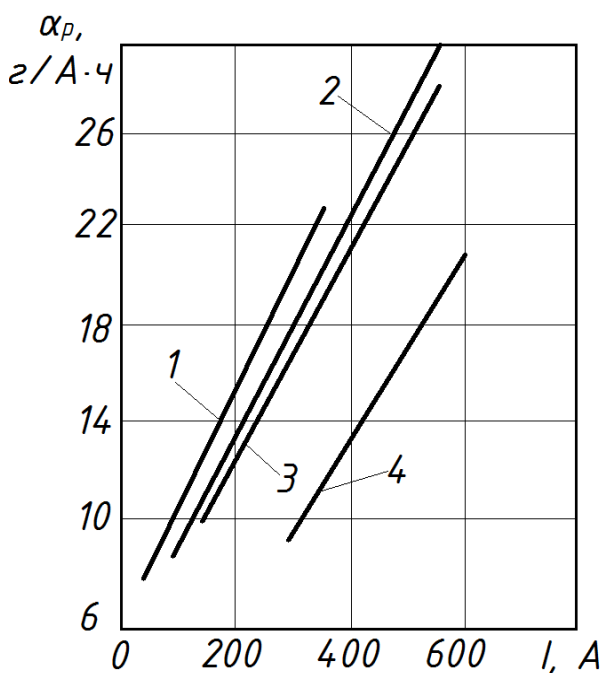


Рис. 4. Зависимость коэффициента расплавления от тока при сварке в CO₂: 1 – $d_3 = 0,8$ мм; 2 – $d_3 = 1,2$ мм; 3 – $d_3 = 1,4$ мм; 4 – $d_3 = 2,0$ мм;

Принимаем $\alpha_H = 0,9 \cdot \alpha_p$.

7 Определяем линейную скорость наплавки V_H из соотношения

$$\frac{F_H}{F_{\ominus}} = \frac{V_H}{V_H},$$

где F_{\ominus} – площадь электрода, мм².

8 Определяем шаг наплавки для $\Pi = 0,5 \cdot e$

$$s = \frac{e}{2}.$$

9 Зная V_H и диаметр наплавляемой детали, определим частоту ее вращения

$$n = \frac{1000 \cdot V_H}{60 \cdot \pi \cdot D},$$

где n – частота вращения детали, об/мин;

D – диаметр наплавляемой детали, мм.

Зависимость частоты вращения детали ее диаметра и скорости наплавки приведена на рисунке 5.

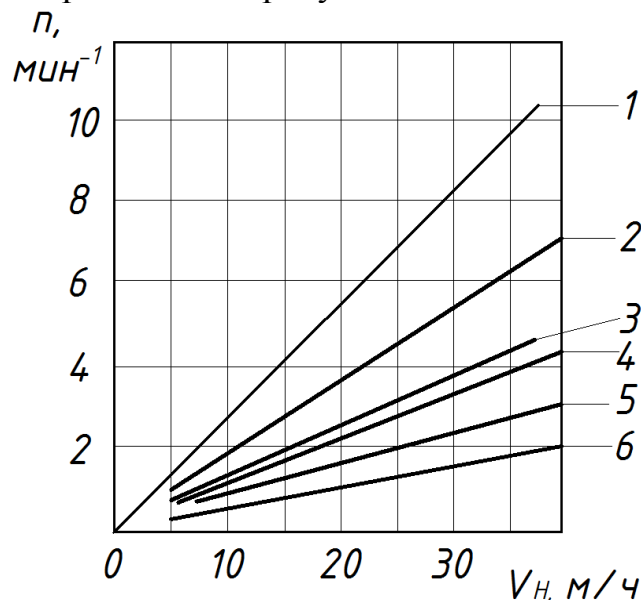


Рис. 5. Зависимость частоты вращения от диаметра детали и скорости наплавки:
 1 – $D = 30$ мм; 2 – $D = 40$ мм;
 3 – $D = 50$ мм; 4 – $D = 60$ мм;
 5 – $D = 70$ мм; 6 – $D = 100$ мм

10 Машинное время наплавки равно

$$t_{\text{м}} = T_0 = \frac{2 \cdot L}{e \cdot n}, \text{ мин}$$

где L – длина детали, мм.

Для многослойной наплавки

$$t_{\text{м}} = T_0 = \frac{2 \cdot L \cdot i}{e \cdot n},$$

где i – число слоев (проходов).

Время наплавки можно определить другим способом

$$t_H = T_0 = \frac{G_H}{\alpha_H \cdot I} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_1^2 - D_2^2) \cdot \frac{L \cdot \gamma}{\alpha_H \cdot I}.$$

Расчеты значений $t_{\text{м}}$ и t_H должны совпадать.

3.2 Наплавка плоских поверхностей

3.2.1 Общие сведения

Для наплавки плоских поверхностей в большинстве случаев применяется автоматическая наплавка под флюсом.

Однако, преимущества автоматической наплавки под флюсом, перечисленные в п. 2 реализуются при больших габаритах изделий и протяженности наплавляемых слоев. Большинство деталей подвижного состава железнодорожного транспорта не отвечают этим требованиям, что ограничивает применение автоматической наплавки и, в частности, наплавки под флюсом.

Основные трудности, препятствующие применению автоматической наплавки под флюсом следующие:

- необходимость удаления шлаковой корки с поверхности наплавленного валика перед его перекрытием последующим валиком;
- большие потери времени на начало наплавки каждого валика, связанные с установкой автомата, необходимостью манипулирования электродом, засыпкой флюса, т.е. проблемой начала шва.

Часто это приводит к нецелесообразности применения автоматической наплавки под флюсом. Определенные трудности представляет также начальное зажигание дуги, которое для электродных проволок ($d_э \geq 3,0$ мм) является немеханизированной операцией.

Возможны две схемы автоматической наплавки поверхностей под флюсом: «раздвинутыми» валиками при шаге наплавки, равном или несколько большем ширины валика, когда наплавленный слой формируется за два прохода.

Вначале выполняется один слой валиков, затем следует очистка от шлака, далее заполняются промежутки между валиками с последующей очисткой от шлака.

По второй схеме наплавка осуществляется челночным способом перекрытием по ширине наплавляемых валиков от 0,3 до 0,5 по ширине, когда слой наплавки образуется за один проход наплавочной головки.

Радикальным решением вопроса автоматизации наплавки деталей небольших размеров является челночная наплавка под флюсом.

3.2.2 Расчет режимов челночной наплавки под флюсом

Вариант № 1

Определим режимы прямоугольной плоской поверхности челночной наплавке под флюсом (рис. 6).

Задано: h_u , Δ .

Определим толщину наплавленного слоя $h_n = h_u + \Delta$,

где h_u – износ;

Δ – припуск на механическую обработку.

Определим высоту валика

$$g = \frac{h_n}{K_y},$$

где $K_y = 1,3 - 1,5$.

$h_n = 2,5 - 4,0$ мм – для механизированных способов.

Задаемся $F_n = 0,2 \div 0,5$ см² (для механизированных способов).

Определяем ширину валика

$$e = \frac{F_n}{0,8 \cdot g}.$$

Проверяем отношение

$$\frac{e}{g} = \psi_\sigma, \psi_\sigma = 6 - 10.$$

Определяем количество валиков n_σ

$$n_\sigma = \frac{1}{1 - \Pi} \cdot \left(\frac{B}{e} - 1 \right) + 1, \text{ при } \Pi = 0,5;$$

$$n_\sigma = 2 \left(\frac{B}{e} - 1 \right) + 1,$$

где B – длина наплавляемого слоя.

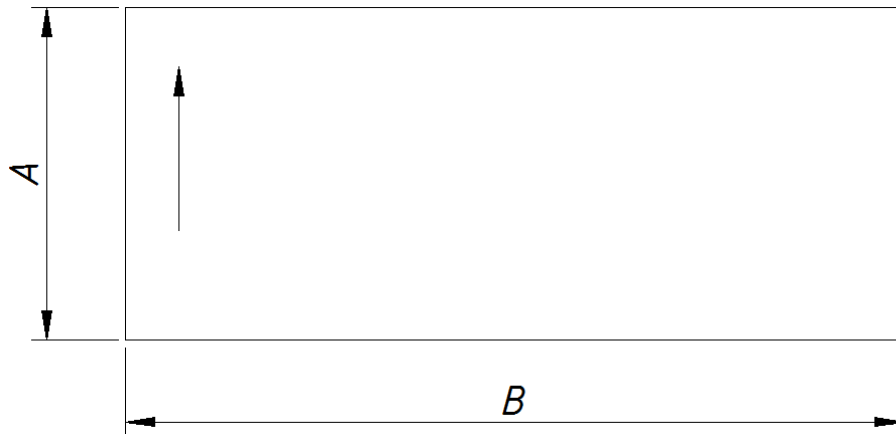


Рис. 6. Размеры наплавляемой поверхности

Задаемся производительностью наплавки

$$\alpha_n \cdot I_\sigma = Q, \text{ г/ч.}$$

Принимаем α_n и определяем сварочный ток $I_\sigma = \frac{Q}{\alpha_n}$.

По току I_σ и коэффициенту расправления (наплавки) находим d_σ и V_n , напряжение на дуге $U_\sigma = 33 - 36$ В.

$$\frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_\sigma}{\pi \cdot \rho} = d_\sigma^2 \cdot V_n,$$

где ρ – плотность материала электрода.

Определяем мощность источника нагрева $P = \eta I_{\partial} U_{\partial}$.

Определим скорость наплавки V_n из соотношения

$$F_n \cdot V_n = V_n \cdot F_s ;$$

$$V_n = \frac{F_s V_n}{F_n}.$$

Определим погонную энергию P/V .

По графику $A_{max} = f(P)$ для данного P/V (рис. 7).

Определяем A_{max} . Должно соблюдаться условие $A_{max} > A$.

Вариант № 2

1 По наплавляемой детали устанавливаем требуемый размах колебаний A .

2 По A определяем P для заданного значения погонной энергии $q_n = P/V$.

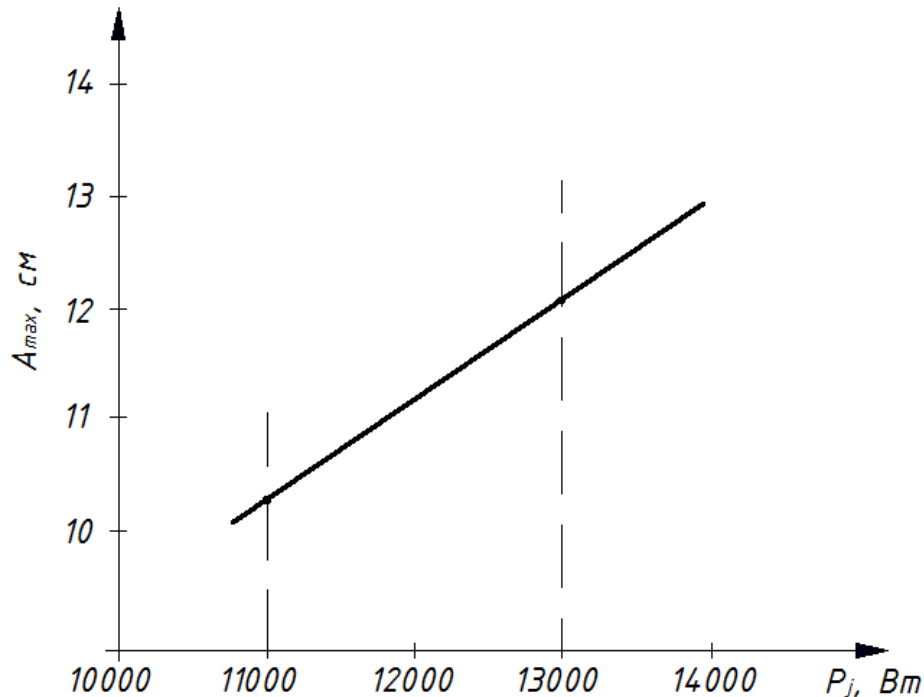


Рис. 7. Зависимость размаха колебаний от мощности источника нагрева. $\eta = 0,76$; $d_n = 18$ мм; $a = 0,01$ Вт/см² град.

3 По P и P/V находим V_n

$$V_n = \frac{P}{q_n}.$$

4 Находим ток наплавки

$$P = \eta I_{\partial} U_{\partial}, I_{\partial} = \frac{P}{\eta \cdot U_{\partial}},$$

где η – КПД источника нагрева.

Напряжение на дуге при наплавке под флюсом изменяется в узких пределах $U_d = 32 - 36 \text{ В}$.

5 По току I находим диаметр электрода $d_э$

$$\frac{\pi \cdot d_э^2 \cdot I}{4} = j, \quad d_э = 2 \cdot \sqrt{\frac{I}{\pi \cdot j}}$$

Для этого задаемся плотностью тока $j = 40 - 150 \text{ А/мм}^2$. Необходимо при выборе j учитывать проплавливающее действие дуги

$$a \leq 0,7 S,$$

где a – глубина проплавления,

S – толщина металла в месте наплавки.

6 По $I, d_э, V_n$ находим V_n :

$$V_n = \frac{I \cdot \alpha_p}{6,1 \cdot d_э}, \text{ м/ч,}$$

где α_p – коэффициент расправления (наплавки), г/А·ч.

7 По $I, U, d_э, V_n, h_n$ находим e и g .

$$V_n \cdot F_э = F_n \cdot V_n.$$

$$F_n = 0,8 \cdot e \cdot g.$$

Находим e и $n_в$.

По e при $\Pi = 0,5$ находим $h_n = e/2$; $h_k = 2 h_n = e$.

3.2.3 Расчет геометрических размеров копира для челночной наплавки

Копировальная система устроена следующим образом: сердечником соленоида является рифленый палец, который намагничивается и приводится во вращение. Палец притягивается к шаблону (копиру), выполненному из материала с малой коэрцитивной силой, обычно это малоуглеродистая сталь, и обкатывает его. Ось пальца совпадает с осью электрода. Траектория электрода – это плоская кривая, формируемая в полярных или декартовых координатах.

Размеры копира определяются наплавляемой деталью. Исходные данные: e, Π, d_p , шаг наплавки h_n .

$$h_n = e - l_n = e \cdot \Pi,$$

$$a = h_n + d_p,$$

$$b = h_n - d_p.$$

Шаг копира

$$h_k = a + b = 2 h_n,$$

При $\Pi = 0,5$; $h_n = 0,5 e$; $h_k = e$; $e/h_n = 2,0$; $e/h_k = 1$.

При $\Pi = 0,33$; $h_n = 0,67 e$; $h_k = 1,34 e$; $e/h_n = 1,5$; $e/h_k = 0,75$,

где e – ширина валика;

Π – относительное перекрытие валиков. $\Pi = l_n/e$;

h_n – шаг наплавки;

a – ширина паза копира;

b – толщина ребра копира;
 h_k – шаг копира;
 l_n – перекрытие валиков.

Челночная наплавка открытой дугой (в углекислом газе или самозащитной порошковой проволокой) не имеет ограничений по размаху колебаний. Для наплавки под флюсом с перекрытием валиков необходимо обеспечить переплавляемость шлака (флюсовой корки) на поверхности наплавленного валика, что достигается созданием определенного температурного поля в наплаиваемой детали. Это ограничивает размах колебаний.

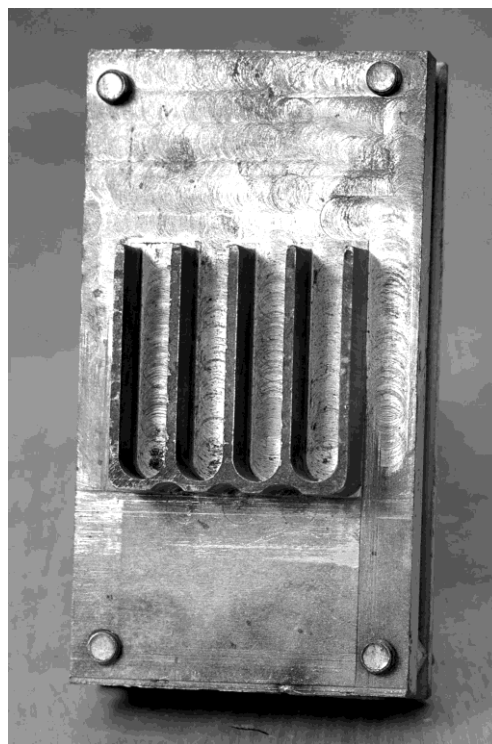
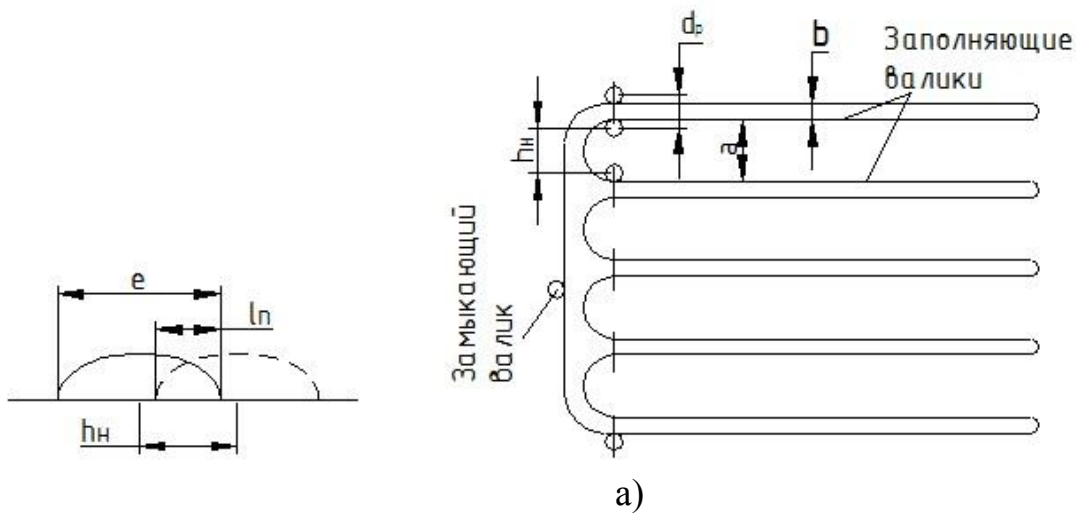


Рис. 8. Копир типа «гребенки» для наплавки плоских поверхностей прямоугольной формы: а – схема копира, б – копир

4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ АВТОМАТА ДЛЯ НАПЛАВКИ

4.1 Составные части автоматов

К составным частям автоматов можно отнести:

- источники питания;
- механизм перемещения по стыку свариваемых деталей;
- механизмы вертикального и поперечного перемещения;
- механизм подачи электродной проволоки;
- правильное устройство;
- токоподводящий мундштук;
- флюсовая аппаратура;
- газовая аппаратура;
- система управления сварочным автоматом.

Источники питания для автоматической сварки должны иметь внешнюю характеристику, зависящую от способа поддержания непрерывного горения дуги (АРДС или АРНД). В системе саморегулирования используются источники с жесткой характеристикой, в системе автоматического регулирования напряжения – с падающей характеристикой.

Источник питания следует подбирать исходя из величины сварочного и напряжения. Как и автомат в целом, источники питания изготавливают на сравнительно большие токи – от 315 до 1 600 А. Источники могут иметь относительно высокое напряжение холостого хода – до 141 В, но это напряжение должно автоматически отключаться при окончании сварки. Источник должен обеспечивать дистанционное управление током или напряжением, поскольку обычно он находится на значительном расстоянии от автомата.

Механизм перемещения по стыку свариваемых деталей представляет собой передвигающуюся по рельсам или направляющим тележку, на которой размещены все остальные узлы автомата.

Более совершенен механизм с коллекторным двигателем постоянного тока, обеспечивающий плавное регулирование скорости сварки с кратностью около 10, поэтому такой механизм дополняют тиристорным регулятором для изменения напряжения, подаваемого на якорь двигателя, и для стабилизации частоты его вращения. Мощность двигателя может достигать 500 Вт. Известны механизмы с реечным приводом и зубчатым ходовым колесом, которые полезны в системах числового программного управления, поскольку обеспечивают более высокую точность позиционирования тележки.

Механизмы вертикального и поперечного перемещения могут быть как с электрическим, так и с ручным приводом. Ручной привод необходим для настроечных перемещений: вертикальный – для настройки вылета электрода из мундштука, поперечный – для точной установки электрода на стык деталей. Электрический привод вертикального перемещения штанги полезен при сварке деталей с большой высотой и сложной формой. Электрический привод поперечного перемещения используется в системах автоматического

слежения за стыком, он периодически включается по команде датчика, контролирующего совпадение осей электрода и стыка.

Механизм подачи электродной проволоки устроен так же, как и механизм шлангового полуавтомата, но, разумеется, при большем диаметре проволоки требуемое усилие проталкивания и мощность привода должны быть значительно выше. Известны приводы мощностью 100...300 Вт. Используют приводы как со ступенчатым, так и с плавным регулированием скорости. Подающие и прижимные ролики устроены так же, как и в полуавтоматах. Кассеты для электродной проволоки, как правило, более емкие, чем у полуавтоматов – 5...80 кг. Находят применение открытые кассетные устройства, более удобные для намотки и укладки в них полных бухт проволоки.

Правильное устройство необходимо для выпрямления проволоки перед подачей ее к месту сварки. С этой целью используется набор из 3–5 роликов, при прохождении через которые проволока многократно перегибается с постепенно снижающейся стрелой прогиба.

Токоподводящий мундштук используется для подачи тока на электрод и направления электрода в стык свариваемых деталей. Роликовый мундштук гарантирует точное место токоподвода. По мере изнашивания неподвижный бронзовый ролик проворачивается на неизношенный участок. Недостаток такого привода – громоздкость. Колодочный мундштук используется чаще, для точной фиксации токоподвода он имеет подпружиненные вкладыши. Трубочатый мундштук наиболее прост, но и менее надежен как по стойкости, так и по фиксации места токоподвода. Он уместен при сварке тонкой проволокой.

Флюсовая аппаратура – это комплекс устройств для подачи и уборки флюса при автоматической сварке. В простейшем случае флюсовая аппаратура представляет собой бункер с задвижкой и направляющей трубкой, по которой флюс сыпается к месту сварки. Вместо задвижки может использоваться флюсовый затвор с электрическим управлением. В современных автоматах система дополняется пневматическим устройством для автоматического сбора неиспользованного флюса или представляет собой объединенную конструкцию для подачи и уборки флюса – флюсоаппарат. В зависимости от способа создания транспортирующего воздушного потока флюсоаппараты бывают следующих систем: всасывающей, нагнетательной и смешанного действия.

Газовая аппаратура для автоматической сварки в защитных газах такая же, как используемая в шланговых полуавтоматах, за исключением конструкции горелок. Горелка для автоматической сварки с центральной подачей газа имеет прямолинейную форму, а вместо рукоятки – кронштейн для крепления на автомате. Имеются горелки с боковым подводом газа непосредственно в сопло. Мощные горелки охлаждаются водой.

Система управления сварочным автоматом имеет основное устройство – шкаф управления. В нем находятся автоматический выключатель для соединения с сетью, понижающий трансформатор с выпрямительными блоками для питания всех элементов системы, промежуточные реле, блоки управления отдельными частями системы, предохранители и др.

Современные системы управления строятся на основе микропроцессорной техники, в этом случае шкаф может быть укомплектован монитором для визуализации настройки и хода процесса сварки и принтером для его документирования. Шкаф управления может располагаться отдельно или встраиваться в корпус источника.

Панель управления, как правило, располагается на сварочном автомате и содержит органы непосредственной настройки и наблюдения за сварочным процессом: потенциометры, тумблеры, кнопки, электроизмерительные приборы и др. С панели подаются команды для настроечных перемещений приводов, а также главные команды: пуск и стоп сварки.

Пульт дистанционного управления соединен со шкафом длинным проводом и переносится оператором в удобное для наблюдения процесса место. С его помощью дублируется только часть команд, реализуемых панелью управления. Функционально к системе управления относятся также исполнительные устройства: источник питания, электромагнитные элементы (газовый клапан, флюсовый затвор, муфта), а также двигатели всех механизмов.

Обобщенно работу систем управления охарактеризуем с помощью циклограмм (рис. 8). При автоматической сварке под флюсом (рис. 8, *а*) вне цикла, т.е. до начала сварки, выполняют настроечные включения приводов, устанавливая автомат в начале сварки, закорачивая электрод на деталь и засыпая флюс (показано пунктирными линиями). Для начала сварки нажимают кнопку «Пуск». При этом включаются источник питания и привод подачи проволоки на подъем. После зажигания дуги привод реверсируется на подачу проволоки вниз, и пускается механизм сварочного перемещения. При нажатии кнопки «Стоп» сначала выключается механизм перемещения автомата, затем замедляется и выключается механизм подачи проволоки и, наконец, выключается источник. В результате последовательно протекают этапы заварки кратера и растяжки дуги, длительность которых настраивается заранее. Флюсовый затвор может выключаться вне цикла. Циклограмма автоматической сварки в защитном газе (рис. 8, *б*) отличается наличием этапов предварительной и последующей подачи газа, а также тем, что обычно процесс начинается не с подъема, а с медленного опускания проволоки.

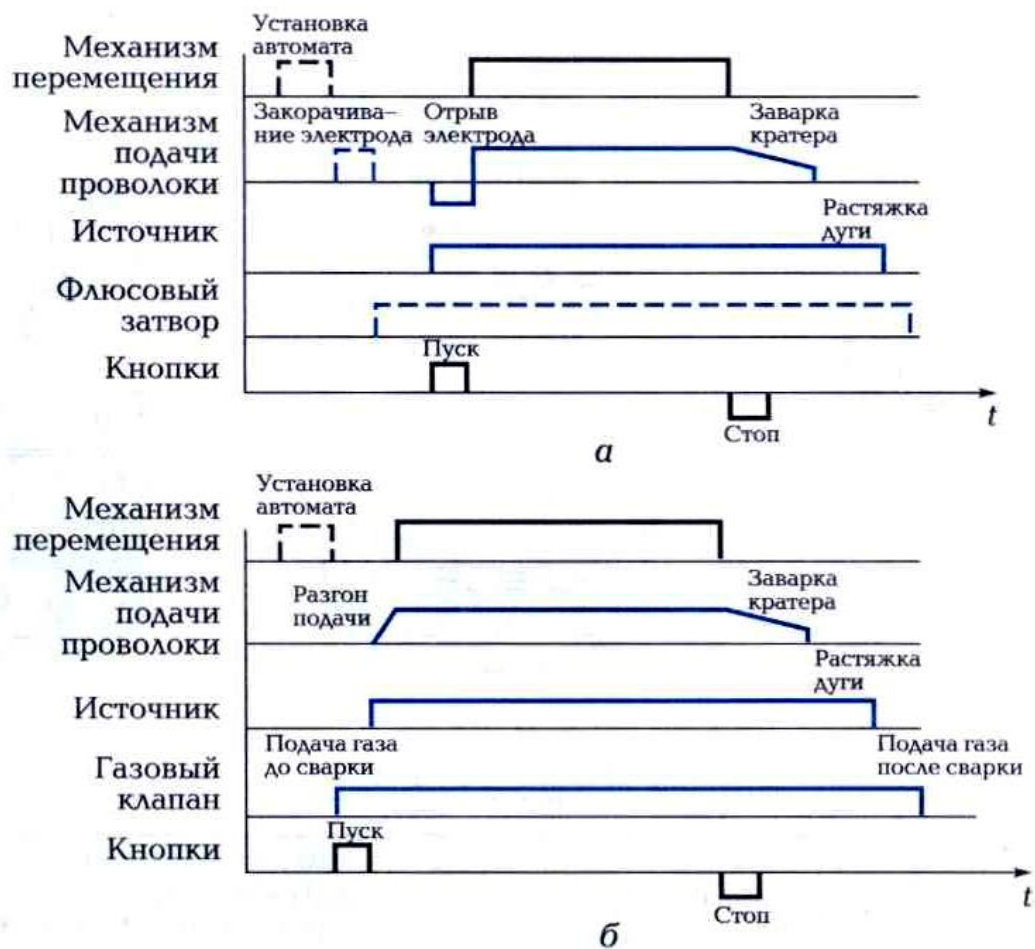


Рис. 8. Циклограммы работы сварочных автоматов:
 а – для сварки под флюсом; б – для сварки в защитном газе

4.2 Разработка функциональной схемы работы

Функциональные схемы поясняют процессы, протекающие в изделии или в его функциональной части; в них должны быть указаны наименования всех изображенных функциональных частей.

Пример такой схемы приведен на рисунке 9.

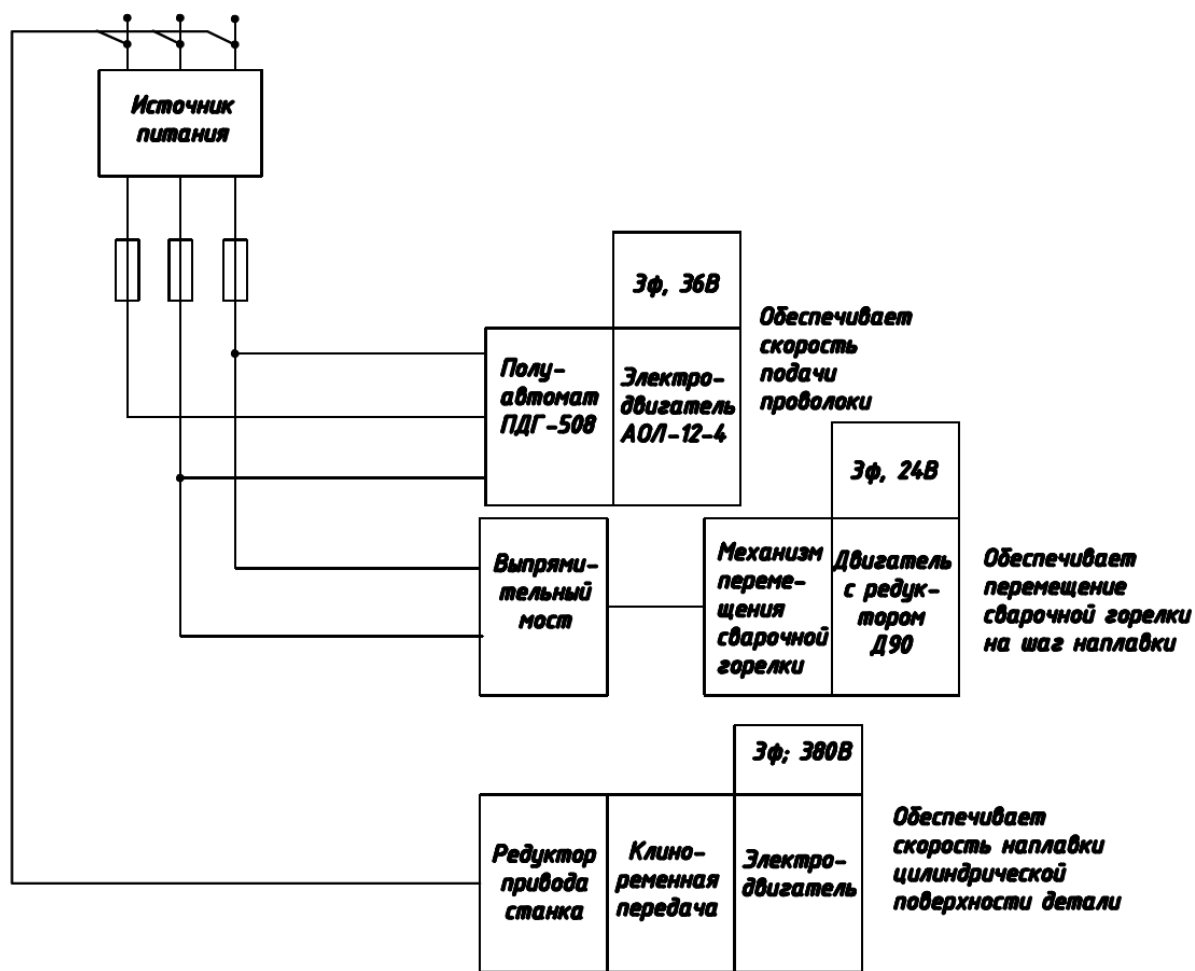


Рис. 9. Функциональная схема автомата для наплавки тел вращения типа «Станок»

4.3 Разработка электрической принципиальной схемы работы

При разработке электрической принципиальной схемы необходимо правильно подобрать комплектующие: выпрямители, трансформатор, плавкие предохранители.

4.3.1 Расчет выпрямителей

Расчет выпрямителя состоит из следующих этапов: изобразить электрическую схему выпрямителя с обозначением элементов и основных параметров; произвести выбор полупроводниковых вентилях.

При расчетах необходимо учесть, что выпрямитель работает на активную нагрузку без сглаживающего фильтра.

При расчете полупроводниковых преобразователей исходными данными для расчета обычно являются среднее выпрямленное напряжение U_0 и средний выпрямленный ток I_0 нагрузки. Расчет полупроводниковых выпрямителей сводится к определению типа полупроводниковых диодов по их среднему току и максимальному обратному напряжению для конкретной

схемы, к определению напряжения вторичной обмотки трансформатора U_2 и его мощности S_2 . Предельные эксплуатационные данные кремниевых диодов: средний ток диода I'_d и максимальное обратное напряжение $U'_{обр}$ приведены в табл. 5.

Таблица 5

Характеристики кремниевых диодов

Тип диода	Средний выпрямленный ток, I'_d , А	Импульсное обратное напряжение, $U'_{обр}$, В	Прямое падение напряжения ΔU_d , В
Д 202	0,4	100	1,0
Д 203	0,4	200	1,0
Д 214Б	5,0	100	1,0
Д 215	5,0	200	1,2
Д 214А	10,0	100	1,0
Д 229И	0,7	200	1,0
Д 229Л	0,7	400	1,0
Д 231	10,0	300	1,0
Д 231Б	5,0	400	1,5
Д 242Б	5,0	100	1,5
Д 243	10,0	200	1,25
Д 303	3,0	150	0,3
Д 302	1,0	200	0,25
2Д 201А	5,0	100	1,0
2Д 201Г	10,0	200	1,0
КД 202А	5,0	50	1,0
КД 202В	5,0	100	1,0
КД 202Д	5,0	200	1,0
КД 203А	10,0	420	1,0
КД 206А	10,0	400	1,2

Естественно, средний ток I_d и обратное напряжение $U_{обр}$ диода в схеме выпрямителя не должны превышать предельно допустимых значений для выбранного типа диода. Среднее значение тока диода зависит от количества параллельных ветвей в выпрямителях и определяется следующим образом:

– для однофазной однополупериодной схемы

$$I_d = I_0;$$

– для однофазной с выводом средней точки и однофазной двухполупериодной мостовой

$$I_d = 0,5 \cdot I_0;$$

– для трехфазной с выводом нейтрали и трехфазной мостовой

$$I_d = 0,33 \cdot I_0.$$

Обратное напряжение, приложенное к запертому диоду, численно равно амплитуде U_{2m} переменного напряжения вторичной обмотки трансформатора.

Для трехфазной схемы выпрямления $U_{обр}$ равно амплитуде фазного или линейного напряжения.

В табл. 7 приведены соотношения между действующим напряжением вторичной обмотки U_2' и выпрямленным напряжением U_0 (для трехфазной мостовой приведено соотношение для фазного напряжения, линейное – в $\sqrt{3}$ раз больше).

Для однофазной с нулевым выводом схемы обратное напряжение численно равно двойному амплитудному значению переменного напряжения U_2 .

Учитывая падение напряжения открытого диода, окончательное значение U_2 будет равно:

$$U_2 = U_2' + n \cdot \Delta U_d$$

где n – количество последовательно включенных диодов в плече; ΔU_d – прямое падение напряжения на открытом диоде (табл. 6).

Мощность цепи выпрямленного напряжения складывается из мощности нагрузки и потери мощности на открытых диодах:

$$P_H = I_0 \cdot U_0 + n \cdot \Delta U_d \cdot I_0$$

Для определения мощности S_2 вторичной обмотки трансформатора необходимо полученное значение P_H умножить на коэффициент использования мощности. В табл. 6 приведены значения коэффициента в зависимости от схемы выпрямителя для активной нагрузки.

Таблица 6

Значения коэффициента использования мощности в зависимости от схемы выпрямителя для активной нагрузки

Схема выпрямления	U_2 / U_0	S_2 / P_H
Однофазная, однополупериодная	2,22	3,09
Однофазная с выводом средней точки	1,11	1,48
Однофазная двухполупериодная мостовая	1,11	1,23
Трехфазная с выводом нейтрали	0,855	1,345
Трехфазная двухполупериодная мостовая	0,428	1,045

Анализ коэффициента показывает, что наиболее эффективно используется мощность трансформатора в трехфазной мостовой схеме выпрямления, а наименее эффективно – в однофазной однополупериодной.

4.3.2 Упрощенный расчет трансформатора

Для расчета трансформатора необходимо знать вторичную мощность трансформатора S_2 , которая в данной задаче определена при расчете выпрямителя.

По известной вторичной мощности S_2 определяют первичную мощность трансформатора

$$S_1 = \frac{S_2}{\eta},$$

где η – КПД трансформатора, который принимается по табл. 7.

Типы сердечников трансформаторов приведены на рисунке 10.

Таблица 7

Характеристики трансформаторов

Мощность трансформатора, В·А	Индукция B_c , Тл	КПД трансформатора, η	Плотность тока, А/мм ²
10	1,1	0,82	4,8
20	1,25	0,85	3,9
40	1,35	0,87	3,2
70	1,40	0,89	2,8
100	1,35	0,91	2,5
200	1,25	0,93	2
400	1,15	0,95	1,6
700	1,10	0,96	1,3
1000	1,05	0,96	1,2
более 1000	0,8-1,05	0,96...0,98	1,2

Поперечное сечение сердечника трансформатора Q_c , мм², можно определить по следующим упрощенным формулам:

$$Q_c = k \cdot \sqrt{\frac{S_1}{2 \cdot f}} \cdot 10^2 \text{ – для трансформаторов стержневого типа (рис. 10, а);}$$

$$Q_c = k \cdot \sqrt{\frac{S_1}{f}} \cdot 10^2 \text{ – для трансформаторов броневое типа (рис. 10, б);}$$

$$Q_c = k \cdot \sqrt{\frac{S_1}{3 \cdot f}} \cdot 10^2 \text{ – для трехфазных трансформаторов (рис. 10, в),}$$

где f – частота тока сети, Гц;

k – постоянный коэффициент, равный 4÷6 для силовых трансформаторов с масляным охлаждением и 6÷8 для трансформаторов с воздушным охлаждением.

Поперечное сечение стержня, мм², сердечника выражается через его размеры

$$Q_c = a \cdot b,$$

где a – ширина пластин, мм;
 b – толщина пакета пластин, мм.

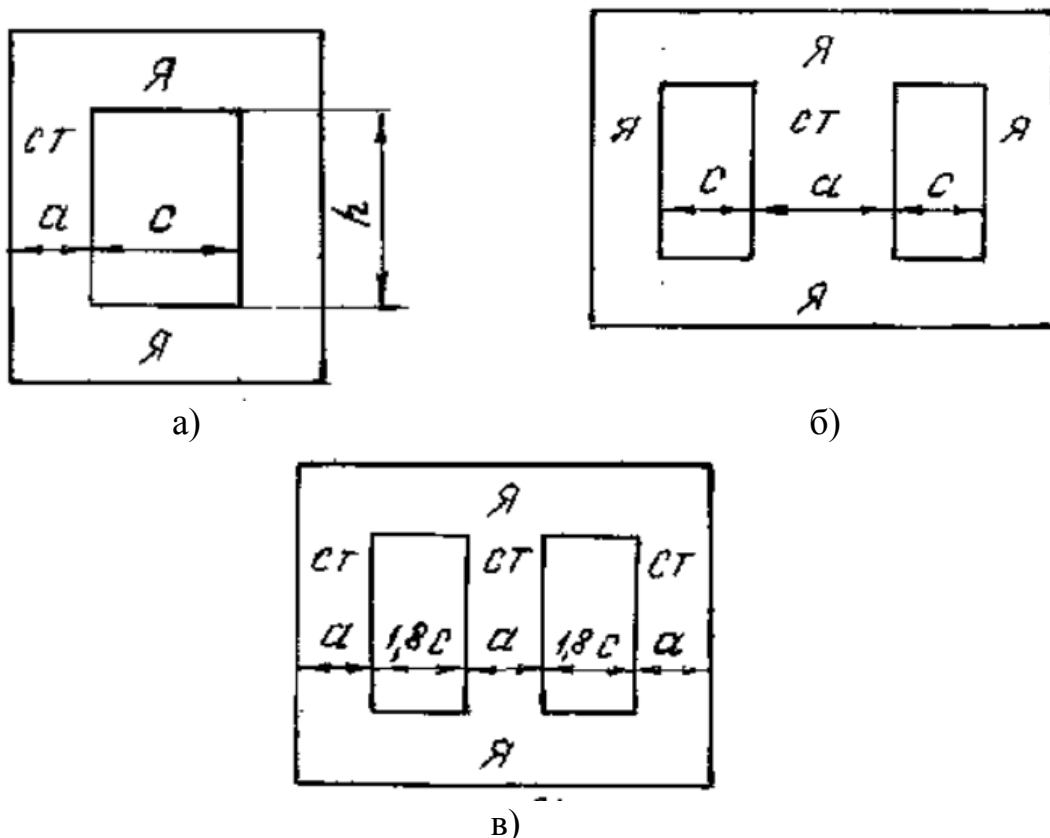


Рис. 10. Типы сердечников трансформаторов: а – стержневой; б – броневой; в – стержневой трехфазный; я – ярмо; ст – стержень

Сечение стержня обычно имеет квадратную, прямоугольную или ступенчатую форму, вписанную в окружность. Стержни прямоугольного сечения обычно применяют для трансформаторов до 700 В·А. Высоту прямоугольного стержня, мм, вычисляют по формуле

$$h = 2,5 \div 3,5 \cdot a.$$

По расчетной величине сечения проводов выбирают по табл. 8 диаметры и марку проводов.

Соотношение размеров сечения сердечника находится в пределах $b/a=1,2 \dots 1,8$. Ширина окна сердечника принимается по формуле

$$c = \frac{h}{m},$$

где m – коэффициент, учитывающий наиболее выгодные размеры окна сердечника ($m = 2,5 \div 3$).

Таблица 8

Выбор диаметра и марки проводов

Номинальный диаметр неизолированного провода, мм	Площадь поперечного сечения неизолированного провода, мм ²	Диаметры (мм) изолированного провода марки			
		ПЭТВ ПЭТ-155	ПСД ПСДК	ПСДТ	ПСДКТ
1	2	3	4	5	6
0,06	0,00283	0,080	-	-	-
0,07	0,00385	0,090	-	-	-
0,08	0,00503	0,100	-	-	-
0,09	0,00636	0,110	-	-	-
0,10	0,00785	0,122	-	-	-
0,11	0,00950	0,132	-	-	-
0,12	0,01131	0,142	-	-	-
0,13	0,01327	0,152	-	-	-
0,14	0,01539	0,162	-	-	-
0,15	0,01767	0,180	-	-	-
0,16	0,0201	0,190	-	-	-
0,17	0,0227	0,200	-	-	-
0,18	0,0255	0,210	-	-	-
0,19	0,0284	0,220	-	-	-
0,20	0,0314	0,230	-	-	-
0,21	0,0346	0,240	-	-	-
0,23	0,0415	0,265	-	-	-
0,25	0,0491	0,285	-	-	-
0,27	0,1573	0,305	-	-	-
0,29	0,0661	0,325	-	-	-
0,31	0,0755	0,345	0,55	0,50	0,46
0,33	0,0855	0,365	0,57	0,52	0,48
0,35	0,0962	0,390	0,59	0,54	0,50
0,38	0,1134	0,420	0,62	0,57	0,53
0,41	0,1320	0,450	0,65	0,60	0,56
0,44	0,1521	0,480	0,68	0,63	0,59
0,47	0,1735	0,510	0,71	0,66	0,62
0,49	0,1886	0,530	0,73	0,68	0,64
0,51	0,2040	0,565	0,77	0,71	0,68
0,53	0,2210	0,585	0,79	0,73	0,70
0,55	0,2380	0,605	0,81	0,75	0,72
0,57	0,2550	0,625	0,83	0,77	0,74
0,59	0,2730	0,645	0,85	0,79	0,76
0,62	0,3020	0,675	0,88	0,82	0,79
0,64	0,3220	0,700	0,90	0,84	0,81
0,67	0,3530	0,730	0,93	0,87	0,84
0,69	0,3740	0,750	0,95	0,89	0,86
0,72	0,4070	0,780	0,99	0,94	0,90
0,74	0,4300	0,805	1,01	0,096	0,092
0,77	0,4660	0,835	1,04	0,99	0,95
0,80	0,5030	0,865	1,07	1,02	0,98

1	2	3	4	5	6
0,83	0,5410	0,895	1,10	1,05	1,01
0,86	0,5810	0,925	1,13	1,08	1,04
0,90	0,6360	0,965	1,17	1,12	1,08
0,93	0,6790	0,995	1,20	1,15	1,11
0,96	0,7240	1,025	1,23	1,18	1,14
1,00	0,785	1,080	1,29	1,23	1,20
1,04	0,849	1,120	1,33	1,27	1,24
1,08	0,916	1,160	1,37	1,31	1,28
1,12	0,985	1,200	1,41	1,35	1,32
1,16	1,057	1,240	1,45	1,39	1,36
1,20	1,131	1,280	1,49	1,43	1,40
1,25	1,227	1,330	1,54	1,48	1,45
1,30	1,327	1,385	1,59	1,53	1,50
1,35	1,431	1,435	1,64	1,58	1,55
1,40	1,539	1,485	1,69	1,63	1,60
1,45	1,651	1,535	1,74	1,68	1,65
1,50	1,767	1,585	1,79	1,73	1,70
1,56	1,911	1,645	1,85	1,79	1,76
1,62	2,060	1,705	1,91	1,87	1,86
1,68	2,220	1,765	1,97	1,93	1,92
1,74	2,380	1,825	2,03	1,99	1,98
1,81	2,570	1,905	2,10	2,06	2,05
1,88	2,780	1,975	2,17	2,13	2,12
1,95	2,990	2,045	2,24	2,20	2,19
2,02	3,200	2,115	2,32	2,28	2,27
2,10	3,460	2,200	2,40	2,36	2,35
2,26	4,010	2,360	2,62	-	-
2,44	4,680	2,540	2,80	-	-
2,63	5,430	-	2,99	-	-
2,83	6,290	-	3,19	-	-
3,05	7,310	-	3,42	-	-
3,28	8,450	-	3,65	-	-
3,53	9,790	-	3,90	-	-
3,80	11,34	-	4,17	-	-
4,10	13,20	-	4,48	-	-
4,50	15,90	-	4,88	-	-
4,80	18,10	-	5,18	-	-
5,20	21,24	-	5,58	-	-

Сечение ярма трансформатора с учетом изоляции между листами принимается

$$Q_{\text{я}} = k^{\pm 1,15} \cdot Q_c - \text{для трансформаторов стержневого типа};$$

$$Q_{\text{я}} = k^{\pm 1,15} / 2 \cdot Q_c - \text{для трансформаторов броневых типа}.$$

Для однофазных трансформаторов обычно выбирают типовые сердечники. Наиболее широкое распространение получили ленточные магнитопроводы, позволяющие лучше использовать свойства магнитных материалов. В табл. 9 приведены данные магнитопроводов типа ШЛ.

Таблица 9

Типоразмеры магнитопровода

Типоразмер магнитопровода ШЛ, $a \times b$	Размеры, мм		Средняя длина магнитной силовой линии l_c , см	Активное сечение стали Q_c , см ²	Площадь окна Q_0 , см ²	Масса магнитопровода G_c , г
	c	h				
ШЛ 6×6,5 ШЛ 6×8 ШЛ 6×10 ШЛ 6×12,5	6	15	5,1	0,3	0,9	13
0,37				16		
0,47				20		
0,58				25		
ШЛ 8×8 ШЛ 8×10 ШЛ 8×12,5 ШЛ 8×16	8	20	6,8	0,5	1,6	29
0,63				36		
0,79				45		
1,02				57		
ШЛ 10×10 ШЛ 10×12,5 ШЛ 10×16 ШЛ 10×20	10	25	8,5	0,8	2,5	57
1,0				71		
1,28				91		
1,6				113		
ШЛ 12×12,5 ШЛ 12×16 ШЛ 12×20 ШЛ 12×25	12	30	10,2	1,21	3,6	100
1,55				130		
1,93				165		
2,42				205		
ШЛ 16×16 ШЛ 16×20 ШЛ 16×25 ШЛ 16×32	16	40	13,6	2,07	6,4	235
2,6				295		
3,24				370		
4,15				470		
ШЛ 20×20 ШЛ 20×25 ШЛ 20×32 ШЛ 20×40	20	50	17,1	3,28	10	460
4,1				575		
5,24				735		
6,55				920		
ШЛ 25×25 ШЛ 25×32 ШЛ 25×40 ШЛ 25×50	25	62,5	21,3	5,14	16	900
6,56				1150		
8,2				1440		
10,3				1800		
ШЛ 32×32 ШЛ 32×40 ШЛ 32×50 ШЛ 32×64	32	80	27,7	8,46	26	1900
10,6				2370		
13,2				2970		
16,9				3800		
ШЛ 40×40 ШЛ 40×50 ШЛ 40×64 ШЛ 40×80	40	100	34,2	13,2	40	3720
16,5				4650		
21,2				5960		
26,5				7430		

Сечение проводов для первичной и вторичной обмоток определяют в зависимости от тока в обмотках и допустимой плотности тока.

Токи первичной и вторичной обмоток определяют по формулам:

$$I_1 = \frac{S_1}{U_1}; I_2 = \frac{S_2}{U_2} - \text{для однофазных трансформаторов,}$$

$$I_1 = \frac{S_1}{\sqrt{3}} \cdot U_{\text{л1}}; I_2 = \frac{S_2}{\sqrt{3}} \cdot U_{\text{л2}} - \text{для трёхфазных трансформаторов,}$$

где $U_{\text{л1}}, U_{\text{л2}}$ – линейные напряжения первичной и вторичной обмоток.

Следует учитывать, что при соединении обмоток по схеме «звезда»

$$U_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ф}},$$

а в «треугольник»

$$U_{\text{л}} = U_{\text{ф}},$$

где $U_{\text{ф}}$ – фазное напряжение.

Сечения проводов первичной и вторичной обмоток определяют по формулам:

$$s_1 = \frac{I_1}{\delta}; s_2 = \frac{I_2}{\delta},$$

где s_1 и s_2 – сечения проводов первичной и вторичной обмоток, мм^2 ;

δ – плотность в обмотках, А/мм^2 , (принимается по табл. 7).

По расчетной величине сечения проводов выбирают по табл. 7 диаметры и марку проводов. Числа витков первичной и вторичной обмоток определяются по формулам:

$$\omega_1 = \frac{U_1 \cdot 10^4}{2,22 \cdot B_c \cdot Q_c}, \omega_2 = \frac{\omega_1 \cdot U_2}{U_1},$$

где B_c – магнитная индукция в сердечнике (см. табл. 7).

Для компенсации потери напряжения на обмотках трансформатора нужно увеличить число витков вторичной обмотки на 5–10 %. После расчета основных параметров трансформатора необходимо проверить, разместятся ли обмотки в окне выбранного магнитопровода. Для этого по диаметру провода в изоляции и числу витков определяют площадь, занимаемую каждой обмоткой в окне сердечника, затем складывают площади всех обмоток и полученную сумму сравнивают с площадью окна, т. е. определяют коэффициент заполнения окна сердечника обмотками.

$$k_0 = \frac{Q_{\text{обм}}}{Q_o} = \frac{\sum \pi \cdot d_n^2 \cdot \omega_n / 4}{h \cdot c},$$

где d_n – диаметры проводов обмоток в изоляции;

ω_n – числа витков обмоток;

h – высота стержня сердечника;

c – ширина окна сердечника.

Коэффициент заполнения окна сердечника обмоткой для маломощных трансформаторов должен находиться в пределах $k_0 = 0,2 \div 0,4$.

4.3.3 Выбор плавкой вставки для предохранителя

Номинальный ток держателя плавкого предохранителя должен быть больше расчетного тока I_p , протекающего в защищаемой цепи. При этом номинальный ток держателя предохранителя не должен быть меньше номинального тока плавкой вставки I_n : $I_{\text{держ}} > I_p$, $I_{\text{держ}} > I_n$.

Номинальный ток плавкой вставки I_n выбирается в зависимости от типа электрооборудования, характера и вида нагрузки в защищаемой цепи. Для сварочных машин

$$I_n \geq K_n \cdot K_p \cdot I_{\text{пасп}} \cdot \sqrt{ПВ_{\text{пасп}}},$$

где K_n – коэффициент надёжности, равный 1,1 ÷ 1,2;

K_p – коэффициент пика нагрузки сварочной машины, равный отношению пикового тока в момент сварки к паспортному току: для однократных стационарных, рельефных, шовных, стыковых, многоточечных отечественных машин и дуговых аппаратов $K_p = 1,0$, для однократных подвесных сварочных машин и многоточечных импортных машин $K_p = 2$;

$I_{\text{пасп}}$ – паспортное значение тока сварочной машины, А;

$ПВ_{\text{пасп}}$ – паспортное значение продолжительности включения.

При этом значение номинального тока плавкой вставки, рассчитанное по приведённым условиям, следует округлять до большего стандартного значения из номинального ряда: 2; 4; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250.

Материал плавкой вставки выбирается из табл. 10.

Таблица 10

Выбор материала плавкой вставки предохранителя

Ток плав- ления, А	Диаметр, мм					
	Медь	Алюминий	Никелин	Железо	Олово	Свинец
1	2	3	4	5	6	7
0,5	0,03	0,04	0,05	0,06	0,11	0,13
1	0,05	0,07	0,08	0,12	0,18	0,21
2	0,09	0,1	0,13	0,19	0,29	0,33
3	0,11	0,14	0,18	0,25	0,38	0,43
4	0,14	0,17	0,22	0,3	0,46	0,52
5	0,16	0,19	0,25	0,35	0,53	0,6
6	0,18	0,22	0,28	0,4	0,6	0,68
7	0,2	0,25	0,32	0,45	0,66	0,75
8	0,22	0,27	0,34	0,48	0,73	0,82
9	0,24	0,29	0,37	0,52	0,79	0,89
10	0,25	0,31	0,39	0,55	0,85	0,95
15	0,32	0,4	0,52	0,72	1,12	1,25

1	2	3	4	5	6	7
20	0,39	0,48	0,62	0,87	1,35	1,52
25	0,46	0,56	0,73	1	1,56	1,75
30	0,52	0,64	0,81	1,15	1,77	1,98
35	0,58	0,7	0,91	1,26	1,95	2,2
40	0,63	0,77	0,99	1,38	2,14	2,44
45	0,68	0,83	1,08	1,5	2,3	2,65
50	0,73	0,89	1,15	1,6	2,45	2,78
60	0,82	1	1,3	1,8	2,80	3,15
70	0,91	1,1	1,43	2	3,1	3,5
80	1	1,22	1,57	2,2	3,4	3,8
90	1,08	1,32	1,69	2,38	3,64	4,1
100	1,15	1,42	1,82	2,55	3,9	4,4
120	1,31	1,6	2,05	2,85	4,45	5
140	1,45	1,78	2,28	3,18	4,92	5,5
160	1,59	1,94	2,48	3,46	5,38	6
180	1,72	2,10	2,69	3,75	5,82	6,5
200	1,84	2,25	2,89	4,05	6,2	7
225	1,99	2,45	3,15	4,4	6,75	7,6
250	2,14	2,6	3,35	4,7	7,25	8,1
275	2,2	2,8	3,55	5	7,7	8,7
300	2,4	2,95	3,78	5,3	8,2	9,2

Диаметр плавкой вставки предохранителя выбирают в зависимости от тока плавления. За ток плавления обычно принимают значение тока в два раза превышающий номинальный ток.

4.3.4 Оформление принципиальной электрической схемы

Принципиальная схема является наиболее полной электрической схемой изделия, на которой изображают все электрические элементы и устройства, с указанием всех связей между ними, а также элементы подключения (разъемы, зажимы), которыми заканчиваются входные и выходные цепи. На схеме могут быть изображены соединительные и монтажные элементы, устанавливаемые в изделии по конструктивным соображениям.

Необходимо учесть, что элементы электрических принципиальных схем вычерчивают при условии, что они находятся в отключенном положении.

Электрические элементы на схеме изображают условными графическими обозначениями, начертание и размеры которых установлены в ЕСКД.

Всем изображенным на схеме элементам и устройствам присваиваются условные буквенно-цифровые позиционные обозначения в соответствии с ГОСТ 2.710 – 81. Такое обозначение является однозначным для каждого элемента, изображенного на любой из схем, выполненных для конкретного ком-

плекта технической документации того или иного объекта. Позиционное обозначение в общем виде состоит из комбинации букв латинского алфавита (табл. 11, 12) и арабских цифр, показывающих порядковый номер элемента.

Таблица 11

Буквенное обозначение элементов в электрических схемах

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код
1	2	3	4
<i>A</i>	Устройство (общее обозначение)	-	-
<i>B</i>	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот. Аналоговые или многоразрядные преобразователи или датчики для указания или измерения	Громкоговоритель	<i>BA</i>
		Магнитострикционный элемент	<i>BB</i>
		Сельсин-приемник	<i>BE</i>
		Телефон (капсюль)	<i>BF</i>
		Сельсин-датчик	<i>BC</i>
		Датчик скорости	<i>BV</i>
		Пьезоэлемент	<i>BQ</i>
<i>C</i>	Конденсаторы	-	-
<i>D</i>	Схемы интегральные, микросборки	Схема интегральная аналоговая	<i>DA</i>
		Схема интегральная цифровая, логический элемент	<i>DD</i>
		Устройство задержки	<i>DT</i>
		Устройства хранения информации	<i>DS</i>
<i>E</i>	Элементы разные	Нагревательный элемент	<i>EK</i>
		Лампа осветительная	<i>EL</i>
<i>F</i>	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия	<i>FA</i>
		То же инерционного действия	<i>FP</i>
		Предохранитель плавкий	<i>FU</i>
<i>G</i>	Генераторы, источники питания	Батарея	<i>GB</i>

1	2	3	4
<i>H</i>	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации	<i>HA</i>
		Лампа сигнальная	<i>HL</i>
		Индикатор символный	<i>HG</i>
<i>K</i>	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое	<i>KA</i>
		Реле указательное	<i>KH</i>
		Реле электротепловое	<i>KK</i>
		Контактор, магнитный пускатель	<i>KM</i>
		Реле времени	<i>KT</i>
		Реле напряжения	<i>KV</i>
<i>L</i>	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссели люминесцентного освещения	<i>LL</i>
<i>M</i>	Двигатели	-	-
<i>P</i>	Приборы, измерительное оборудование	Амперметр	<i>PA</i>
		Счетчик импульсов	<i>PC</i>
		Частотомер	<i>PF</i>
		Счетчик активной энергии	<i>PI</i>
		Счетчик реактивной энергии	<i>PK</i>
		Омметр	<i>PR</i>
		Регистрирующий прибор	<i>PS</i>
		Часы, измеритель времени действия	<i>PT</i>
		Вольтметр	<i>PV</i>
		Ваттметр	<i>PW</i>
<i>Q</i>	Выключатели и разъединители в силовых цепях	Выключатель автоматический	<i>QF</i>
		Короткозамыкатель	<i>QK</i>
		Разъединитель (рубильник)	<i>QS</i>
<i>R</i>	Резисторы	Терморезистор	<i>RK</i>
		Потенциометр	<i>RP</i>
		Шунт измерительный	<i>RS</i>
		Варистор	<i>RU</i>
<i>S</i>	Устройства коммутации в цепях управления, сигнализации и измерительных	Выключатель или переключатель	<i>SA</i>
		Выключатель кнопочный	<i>SB</i>

1	2	3	4
		Выключатель автоматический	<i>SF</i>
		Выключатели, срабатывающие от различных воздействий:	
		уровня	<i>SL</i>
		давления	<i>SP</i>
		положения (путевой, конечный)	<i>SQ</i>
		частоты вращения	<i>SR</i>
		температуры	<i>SK</i>
<i>T</i>	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока	<i>TA</i>
		Электромагнитный стабилизатор	<i>TS</i>
		Трансформатор напряжения	<i>TV</i>
<i>U</i>	Устройства связи. Преобразователи электрических величин в электрические	Модулятор	<i>UB</i>
		Демодулятор	<i>UR</i>
		Дискриминатор	<i>UI</i>
		Преобразователь частотный, инвертор, генератор частоты, выпрямитель	<i>UZ</i>
<i>V</i>	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон, светодиод	<i>VD</i>
		Оптрон	<i>VE</i>
		Прибор электровакуумный	<i>VL</i>
		Транзистор	<i>VT</i>
		Тиристор	<i>VS</i>
<i>W</i>	Линии и элементы СВЧ, антенны	-	-
<i>X</i>	Соединения контактные	Токосъемник, контакт скользящий	<i>XA</i>
		Штырь	<i>XP</i>
		Гнездо	<i>XS</i>
		Соединение разборное	<i>XT</i>
		Соединитель высокочастотный	<i>XW</i>
<i>Y</i>	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит	<i>YA</i>
		Тормоз с электромагнитным приводом	<i>YB</i>

Окончание табл. 11

1	2	3	4
		Муфта с электромагнитным приводом	УС
		Электромагнитный патрон или плита	УН
Z	Устройства оконечные, фильтры, ограничители	Ограничитель	ZL
		Фильтр кварцевый	ZQ

Для указания выполняемой функции к буквенно-цифровому обозначению элемента может добавляться буква, в соответствии с табл. 12.

Таблица 12

Буквенно-цифровое обозначение функции элементов

Функции элемента (устройства)	Буквенный код
Вспомогательный	A
Направление движения (вперед, назад, вверх, вниз, по часовой стрелке, против часовой стрелки)	B
Считающий	C
Дифференцирующий	D
Защитный	F
Испытательный	G
Сигнальный	H
Интегрирующий	J
Толкающий	K
Главный	M
Измерительный	N
Пропорциональный	P
Состояние (старт, стоп, ограничение)	Q
Возврат, сброс	R
Запоминание, запись	S
Синхронизация, задержка	T
Скорость (ускорение, торможение)	V
Сложение	W
Умножение	X
Аналоговый	Y
Цифровой	Z

Электрические элементы и устройства на схеме изображают в виде условных графических обозначений (табл. 13), установленных стандартами ЕСКД или построенных на их основе. При необходимости применяют не стандартизованные условные графические обозначения. Стандартизованные

или строящиеся на основе стандартизованных графические обозначения на схемах не поясняют; не стандартизованные обозначения должны быть пояснены на свободном поле схемы.

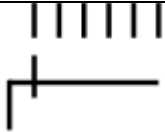


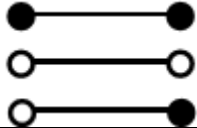

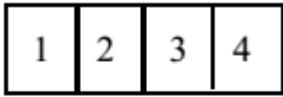
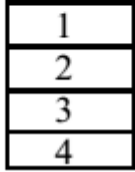
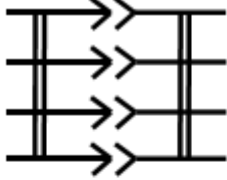

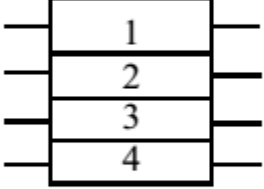
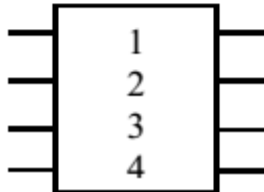
Таблица 13

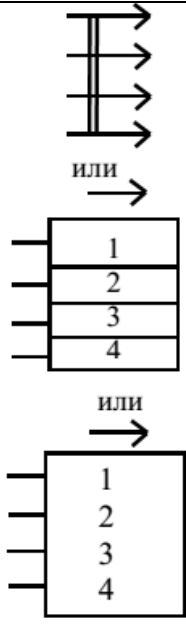
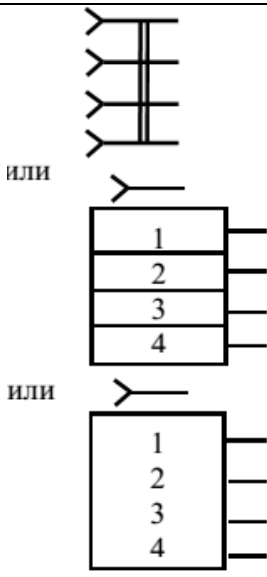
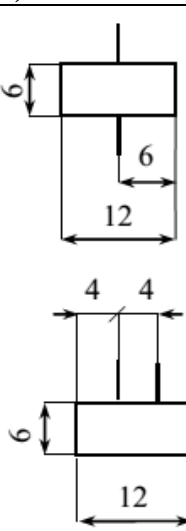
Условные графические обозначения некоторых элементов электрических схем

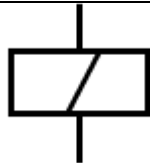
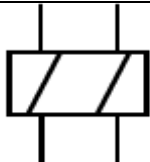



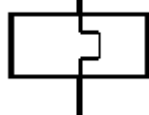
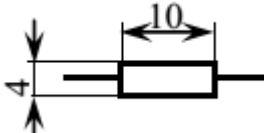
Наименование	Обозначение
1	2
Контакты коммутационных элементов (ГОСТ 2.755 - 87)	
Замыкающий контакт	
Контакт герметизированного реле (геркона)	
Размыкающий контакт	
Переключающий контакт	
Контакт без самовозврата замыкающий	
Контакт без самовозврата размыкающий	
Контакт с самовозвратом замыкающий	
Контакт с самовозвратом размыкающий	
Переключающий контакт с нейтральным центральным положением	









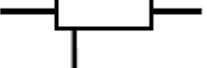
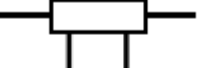
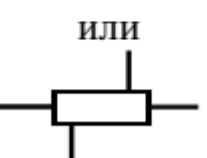

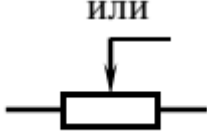

1	2
Замыкающий контакт контактора	
Размыкающий контакт контактора	
Замыкающий контакт контактора с автоматическим включением	
Контакт концевого выключателя замыкающий	
Контакт концевого выключателя размыкающий	
Контакт замыкающий нажимного кнопочного выключателя без самовозврата, с размыканием и возвратом элемента управления:	
- автоматически	
- посредством вторичного нажатия кнопки	
- посредством вытягивания кнопки	
Выключатель термический саморегулирующий	
Контакт электротеплового реле	

1	2
Контакт, замыкающий с замедлением, действующим при срабатывании	
Контакт, замыкающий с замедлением, действующим при возврате	
Контакт, размыкающий с замедлением, действующим при срабатывании	
Контакт, размыкающий с замедлением, действующим при возврате	
Контакт выключателя, замыкающий однополюсный	
Контакт выключателя, замыкающий трехполюсный	
Контакт автоматического выключателя максимального тока, замыкающий трехполюсный	
Контакт, замыкающий нажимного кнопочного выключателя без самовозврата с размыканием и возвратом элемента управления автоматически	
Разъединитель трехполюсный (рубильник)	
Выключатель ручной	
Выключатель электромагнитный (реле)	

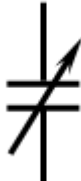

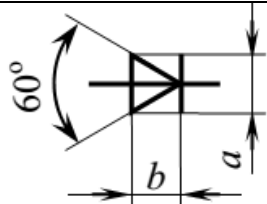



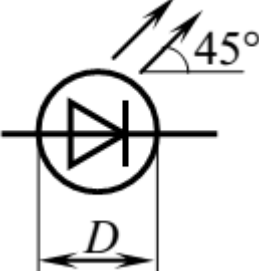
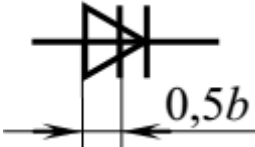
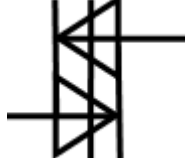
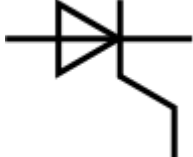
1	2
Переключатель однополюсный шестипозиционный	
Переключатель двухполюсный трехпозиционный с нейтральным положением	
Соединение контактное разъемное	
Перемычки контактные	
Перемычка коммутационная	
Колодка зажимов	 <p>или</p> 
Соединение контактное разъемное четырехпроводное	 <p>или</p>  <p>или</p>  <p>или</p> 

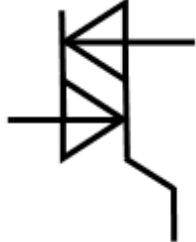
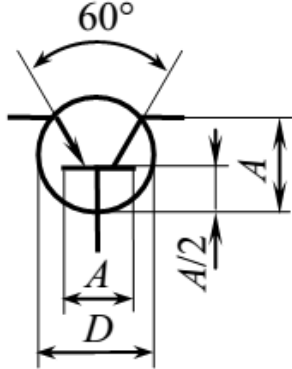
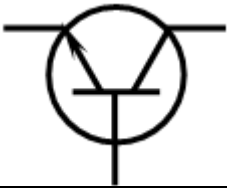
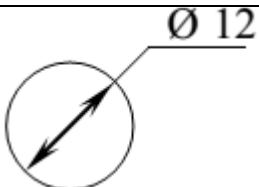
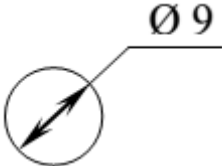
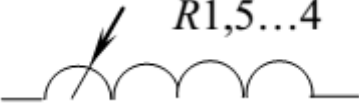
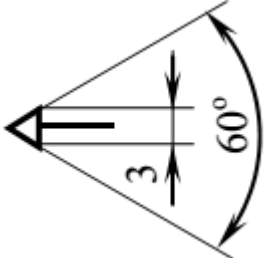
1	2
<p>Штырь четырехпроводного контактного разъёмного соединения</p>	
<p>Гнездо четырехпроводного контактного разъёмного соединения</p>	
<p>Воспринимающая часть электромеханических устройств (ГОСТ 2.755 - 87)</p>	
<p>Катушка электромеханического устройства. Общее обозначение (реле, магнитный пускатель, контактор, электромагнит)</p> <p>Примечание. Выводы катушки допускается изображать с одной стороны прямоугольника</p>	

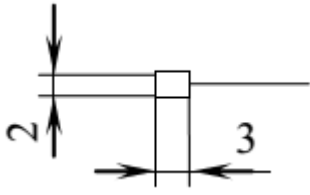





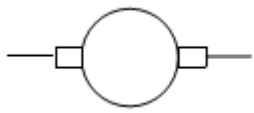
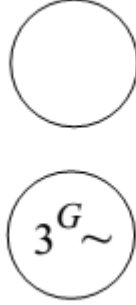
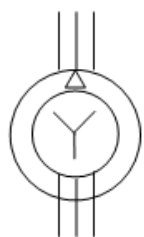
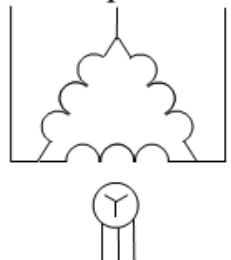
1	2
<p>Катушка электромеханического устройства с одной обмоткой. Примечание . Наклонную линию допускается не изображать, если нет необходимости подчеркнуть, что катушка с одной обмоткой</p>	
<p>Катушка электромеханического устройства с двумя обмотками</p>	
<p>В дополнительном графическом поле указывают уточняющие данные электромеханического устройства, например, электромагнит переменного тока</p>	
<p>Катушка электромеханического устройства с указанием вида обмотки (обмотка тока)</p>	
<p>Катушка электромеханического устройства с указанием вида обмотки (обмотка напряжения)</p>	
<p>Катушка электромеханического устройства, работающего с замедлением при срабатывании</p>	
<p>Катушка электромеханического устройства, работающего с замедлением при отпуске</p>	
<p>Катушка электромеханического устройства, работающего с замедлением при срабатывании и отпуске</p>	
<p>Воспринимающая часть электро-теплого реле</p>	
<p>Резисторы и конденсаторы (ГОСТ 2.728-74)</p>	
<p>Резистор постоянный: общее обозначение</p>	

1	2
Резистор постоянный: обозначение с указанием номинальной мощности рассеивания: 0,05 Вт	
Резистор постоянный: обозначение с указанием номинальной мощности рассеивания: 0,125 Вт	
Резистор постоянный: обозначение с указанием номинальной мощности рассеивания: 0,25 Вт	
Резистор постоянный: обозначение с указанием номинальной мощности рассеивания: 0,5 Вт	
Резистор постоянный: обозначение с указанием номинальной мощности рассеивания: 1 Вт	
Резистор постоянный: обозначение с указанием номинальной мощности рассеивания: 2 Вт	
Резистор постоянный: обозначение с указанием номинальной мощности рассеивания: 5 Вт	
Резистор постоянный с одним симметричным дополнительным отводом	
Резистор постоянный с одним несимметричным дополнительным отводом	
Резистор постоянный с двумя дополнительными отводами	 <p style="text-align: center;">или</p> 
Резистор переменный: общее обозначение	 <p style="text-align: center;">или</p> 
Резистор переменный при реостатном включении допускается обозначать	

1	2
Резистор переменный с разомкнутой позицией и ступенчатым регулированием	
Резистор подстроечный	
Линейный тензорезистор	
Нелинейный тензорезистор	
Терморезистор (термистр) прямого подогрева с положительным температурным коэффициентом	
Терморезистор (термистр) прямого подогрева с отрицательным температурным коэффициентом	
Варистор	
<p>Конденсатор постоянной емкости: общее обозначение</p> <p>Примечание: для указания поляризованного конденсатора используют обозначение</p>	
<p>Конденсатор электролитический поляризованный</p> <p>Примечание: Знак «+» допускается опускать, если это не приведет к неправильному пониманию схемы</p>	
Конденсатор электролитический неполяризованный	






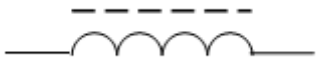


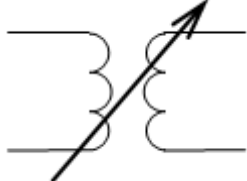
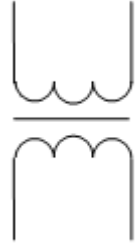

1	2
Конденсатор переменной емкости: общее обозначение	
Конденсатор переменной емкости подстроечный	
Полупроводниковые элементы	
Диод: общее обозначение	
Стабилитрон односторонний	
Стабилитрон двусторонний	
Диод Шоттки	
Светоизлучающий диод	
Динистор	
Динистор симметричный (двунаправ- ленный)	
Тиристор	

1	2						
Симистор							
Транзистор <i>p-n-p</i> -типа	 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">14</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$A = \frac{3}{4} D$</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">11</td> </tr> </table>	D	12	14	$A = \frac{3}{4} D$	9	11
D	12	14					
$A = \frac{3}{4} D$	9	11					
Транзистор <i>n-p-n</i> -типа							
Электрические машины по ГОСТ 2.722 – 68							
<i>Размеры условных графических обозначений</i>							
Статор электрической машины							
Ротор электрической машины, обмотка трансформатора							
Обмотка, катушка индуктивности							
Щетки на контактных кольцах							

1	2
Щетки на коллекторе	
<i>Обозначение элементов электрических машин</i>	
Обмотка добавочных полюсов, обмотка компенсационная	
Обмотка статора машины переменного тока, обмотка последовательного возбуждения машины постоянного тока	
Обмотка параллельного возбуждения машины постоянного тока, обмотка независимого возбуждения	
Статор. Общее обозначение	
Ротор. Общее обозначение	
Ротор с обмоткой, коллектором и щетками	
<p>Машина электрическая. Общее обозначение</p> <p>Примечание: внутри окружности допускается указывать следующие данные: род машины (генератор – <i>G</i>, двигатель – <i>M</i>, возбудитель – <i>B</i>, тахогенератор – <i>BR</i> и др.); род тока, число фаз или вид соединения обмоток</p>	
Машина асинхронная трехфазная с фазным ротором; обмотка ротора соединена в звезду, обмотка статора – в треугольник	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Форма 1</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Форма 2</p>  </div> </div>

1	2
<p>Машина асинхронная с переключением обмотки статора на два числа полюсов с короткозамкнутым ротором.</p> <p>Переключение обмотки статора: со звезды на звезду с двумя параллельными ветвями с треугольника на звезду с двумя параллельными ветвями</p>	<p>Форма 1 Форма 2</p>
<p>Машина асинхронная двухфазная: с короткозамкнутым ротором с полым немагнитным ротором и неподвижным ферро-магнитным магнитопроводом</p>	<p>Форма 1 Форма 2</p>
<p>Машина постоянного тока: с независимым возбуждением</p> <p>Примечание: допускается упрощенное изображение машины постоянного тока</p>	
<p>с последовательным возбуждением</p>	

1	2
с параллельным возбуждением	
со смешанным возбуждением	
с возбуждением от постоянных магнитов	
Прочие элементы	
<p>Обмотка трансформатора, автотрансформатора, дросселя и магнитного усилителя</p> <p>Примечания:</p> <p>1. Количество полуокружностей в изображении обмотки и направление выводов не устанавливается.</p> <p>2. При изображении усилителей разносенным способом используют следующие обозначения:</p>	
рабочая обмотка	
управляющая обмотка	
3. Для указания начала обмотки используют точку	
Магнитопровод:	
ферромагнитный	

1	2
ферромагнитный с воздушным зазором	
магнитодиэлектрический	
Катушка индуктивности:	
с отводами	 <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> 
со скользящими контактами	
с магнитодиэлектрическим магнитопроводом	
Реактор (дроссель) с магнитопроводом	
Трансформатор без магнитопровода:	
с постоянной связью	
с переменной связью	
Трансформатор однофазный с магнитопроводом	
Плавкий предохранитель	

Если на условные обозначения установлено несколько допустимых вариантов выполнения, то на всех схемах одного типа, входящих в комплект, применяют один выбранный вариант обозначения.

Кроме условных графических обозначений, на схемах соответствующих типов можно применять другие категории графических обозначений: прямоугольники произвольных размеров, содержащие пояснительный текст; внешние очертания, представляющие собой упрощенные конструктивные изображения изделий.

Стандартные условные графические обозначения элементов выполняют по размерам, указанным в соответствующих стандартах. Если размеры стандартом не установлены, то графические обозначения на схеме должны иметь такие же размеры, как их изображения в стандартах.

При выполнении иллюстративных схем на больших форматах можно все условные графические обозначения пропорционально увеличивать по сравнению с приведенными в стандартах.

Допускается на схеме увеличивать размеры обозначений отдельных элементов, если необходимо графически выделить особое или важное значение элемента (устройства), а также поместить внутри обозначения предусмотренные стандартами квалифицирующие символы или дополнительную информацию. С целью повышения компактности схемы допускается размеры графических обозначений пропорционально уменьшать.

Для обеспечения визуального восприятия схемы расстояние между двумя соседними линиями в любом графическом обозначении должно быть не менее 1,0 мм. Графические обозначения следует выполнять линиями той же толщины, что и линии связи.

4.3.5 Пример выполнения принципиальной электрической схемы. Работа автомата в режимах «Наладка» и «Автоматическая сварка»

Работу автомата А-1416 в режимах «Настройка» и «Автоматическая сварка» рассмотрим с помощью принципиальной схемы (рис. 11). На ней показаны следующие исполнительные устройства: сварочный выпрямитель G , трехфазные асинхронные двигатели маршевого $M1$ и рабочего $M2$ перемещения автомата, а также двигатели $M3$ подачи проволоки и $M4$ перемещения штанги.

Подготовка к работе начинается с подключения выпрямителя G к сети с помощью автоматического выключателя QF . Работают вентилятор и система управления выпрямителя, но на нагрузке напряжения пока нет. Настройка сварочного напряжения может быть выполнена дистанционно с панели автомата с помощью потенциометра $R1$. Питание на систему управления автомата подается автоматическим выключателем $SF1$, при этом начинает работать понижающий трансформатор TV с безопасным напряжением 36 В, о чем сигнализируют лампы $HL1$ и $HL2$. Этим напряжением питается и лампа E светового указателя через потенциометр $R5$. Защита цепей управления выполняется плавким предохранителем $FU2$.

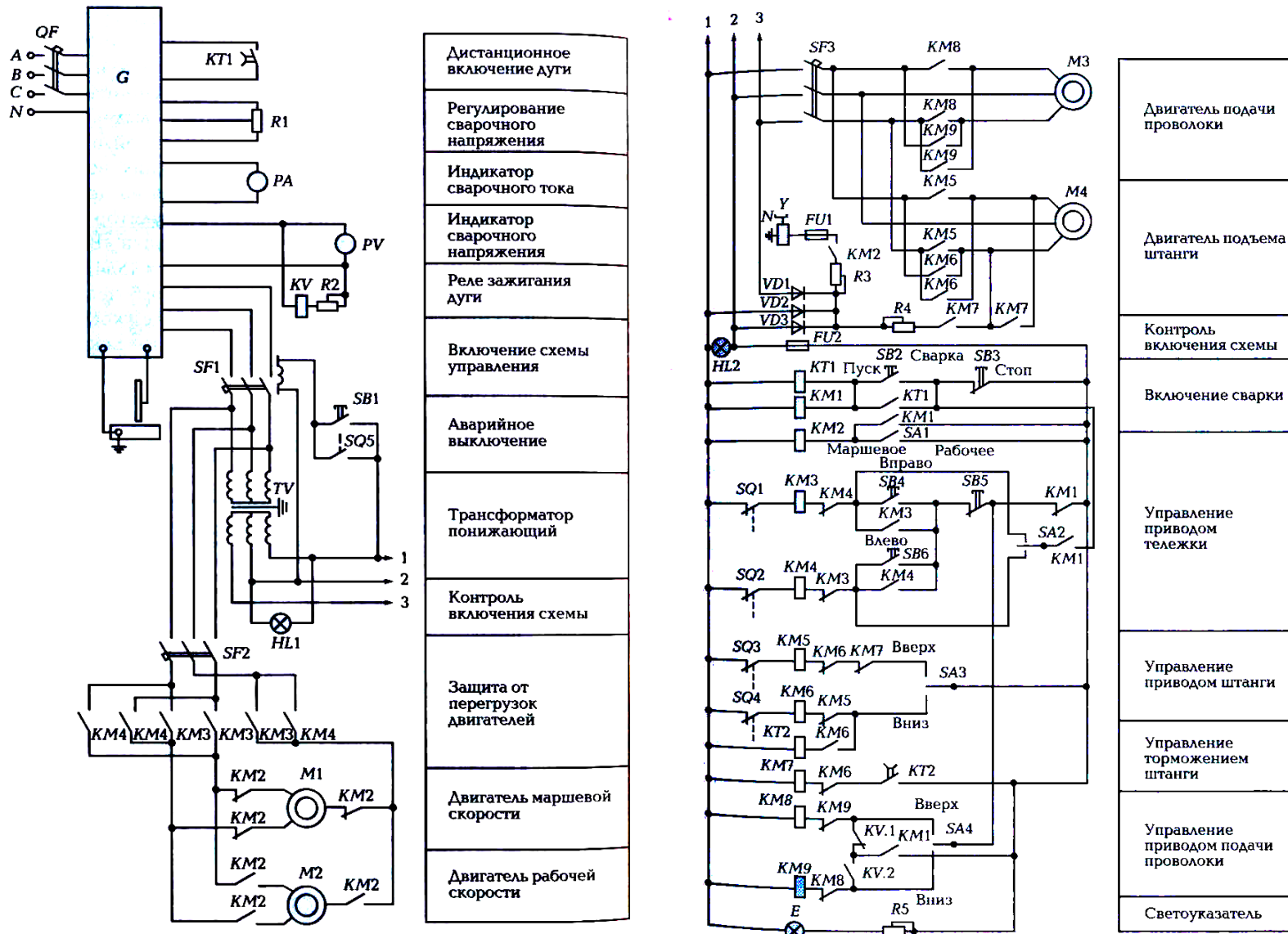


Рис. 11. Принципиальная схема автомата А-1416

Аварийное выключение системы управления возможно при нажатии кнопки *SB 1*, которая подаст питание на обмотку расцепителя и таким образом отключит выключатель *SF1*. Система управления будет обесточена и при открывании панели управления, поскольку при этом сработает концевой выключатель *SQ5*. После включения *SF 1* можно подключить к сети 380 В цепи питания двигателей *M1* и *M2* с помощью автоматического выключателя *SF2*, а также к сети пониженного напряжения 36 В цепи питания двигателей *M3* и *M4* с помощью автоматического выключателя *SF3*.

В процессе настройки маршевое перемещение автомата выполняется двигателем *M1*. При нажатии на кнопку *SB4* срабатывает магнитный пускатель *KM3*, который подает питание на двигатель *M1*, обеспечивая быстрое перемещение автомата вправо. Для прекращения перемещения следует нажать кнопку *SB5*. Остановка двигателя может произойти и при наезде тележки автомата на концевой выключатель *SQ1*. Если нажать на кнопку *SB6*, то сработает пускатель *KM4*, что приведет к реверсированию двигателя *M1* и движению влево. Двигатель останавливается при нажатии кнопки *SB5* или срабатывании концевого выключателя *SQ2*. Точная установка автомата может быть выполнена при его медленном перемещении двигателем *M2*. Настраиваемая установка мундштука по высоте выполняется двигателем *M4*. При включении тумблера *SA3* в положение «Вверх» сработает пускатель *KM5*, который включает двигатель *M4* на подъем штанги, а вместе с ней и мундштука. Подъем прекращается при отпускании тумблера или наезде на концевой выключатель *SQ3*. Подобным образом при включении *SA3* в положение «Вниз» сработает пускатель *KM6*, и двигатель *M4* обеспечит опускание мундштука. Быстрая остановка штанги в момент отпускания *SA3* или наезда на концевой выключатель *SQ4* при движении вниз обеспечивается за счет эффекта электродинамического торможения, поскольку при отключении *KM 6* кратковременно включится пускатель *KM1*, закорачивающий обмотки двигателя *M4*. Длительность торможения задается с помощью реле времени *KT2*. Настраиваемая подача проволоки выполняется с помощью двигателя *M3*. При включении тумблера *SA4* в положение «Вверх» сработает пускатель *KM8*, и двигатель *M3* начнет вращаться, обеспечивая перемещение проволоки вверх, а при включении тумблера *SA4* в положение «Вниз» включается пускатель *KM9*, и двигатель реверсируется, подавая проволоку к детали. Непосредственно перед сваркой аппарат устанавливают над местом начала шва, мундштук опускают с настройкой необходимого вылета сварочной проволоки, затем проволоку закорачивают на деталь и открывают флюсовую заслонку. Необходимо также установкой тумблера *SA2* задать направление сварки (вправо или влево).

Сварка начинается нажатием на кнопку *SB2* «Пуск», при этом сработает пускатель *KM1* и реле времени *KT1*. Кнопка *SB2* может быть отпущена, потому что она шунтируется блокировочным контактом *KT1*. Другим контактом *KT1* будет обеспечена подача напряжения выпрямителя *G* на нагрузку, идет режим короткого замыкания. Одновременно контактом *KM1* через замкнутый контакт *KV1* включается пускатель *KM8*, в результате чего двигатель *M3* обеспечивает подъем электродной проволоки, в связи с чем зажига-

ется дуга. По мере увеличения длины дуги возрастает и ее напряжение. При значении напряжения дуги, настроенном потенциометром $R2$, сработает реле напряжения KV . При размыкании контакта $KV1$ пускатель $KM8$ отключится, а при замыкании контакта $KV2$ пускатель $KM9$ включится. Это приведет к реверсу двигателя $M3$ и подаче проволоки вниз. Другим контактом $KM1$ включается пускатель $KM2$, его контакты отключают цепи питания двигателя $M1$ и готовят к включению двигатель $M2$, а также включают электромагнитную муфту Y . Еще одним контактом $KM1$ в зависимости от установки переключателя $SA2$ включается пускатель $KM3$ или $KM4$. При этом двигатель $M2$ будет вращаться в ту или другую сторону, обеспечивая перемещение автомата со сварочной скоростью в заданном направлении. В процессе сварки непрерывное горение дуги обеспечивается за счет саморегулирования. Оператор наблюдает за показаниями амперметра PA и вольтметра PV .

Для окончания сварки необходимо нажать кнопку $SB3$ «Стоп». При этом мгновенно отключится пускатель $KM1$, что приведет к отключению пускателя $KM3$ (или $KM4$) и двигателя $M2$, а поэтому к остановке автомата. Также мгновенно отключатся пускатель $KM9$ и двигатель $M3$, и прекратится подача проволоки. Однако сварочный выпрямитель G еще продолжает работать, в результате чего при горении дуги происходит ее растяжка до естественного обрыва. После срабатывания реле времени $KT1$ его контакт отключит источник G от нагрузки. Сварка прекратится, и система управления приходит в исходное состояние.

5 НОРМИРОВАНИЕ СВАРОЧНО-НАПЛАВОЧНЫХ РАБОТ

5.1 Нормирование сварочных материалов

Расход электродной проволоки определяется из зависимости:

$$G_{\text{э}} = k_p \cdot G_{\text{н}},$$

$$G_{\text{н}} = \rho \cdot F_{\text{н}} \cdot 10^{-3},$$

где $G_{\text{н}}$ – расчетная масса наплавленного металла, кг/м;

k_p – коэффициент расхода, учитывающий неизбежные потери сварочной проволоки;

ρ – плотность наплавленного металла, $\rho = 7,8$ г/см³;

$F_{\text{н}}$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва, мм².

Значения коэффициентов расхода проволоки k_p приняты:

- для наплавки под флюсом $k_p = 1,05$;
- для наплавки в CO_2 $k_p = 1,1$;
- для наплавки порошковой проволокой $k_p = 1,15$.

Удельная норма расхода флюса рассчитывается по формуле

$$G_{\text{ф}} = k_{\text{ф}} \cdot G_{\text{э}},$$

где k_{ϕ} – коэффициент, отражающий отношение массы израсходованного флюса к массе сварочной проволоки и зависящий от типа сварного соединения и способа сварки (табл. 14).

Таблица 14

Коэффициент k_{ϕ} при сварке под флюсом

Сварка	Швы стыковых и угловых соединений		Швы тавровых соединений без скоса и со скосом кромок
	без скоса кромок, с отбортовкой	со скосом кромок	
Автоматическая	1,3	1,2	1,1
Полуавтоматическая	1,4	1,3	1,2

Приведенные коэффициенты расхода проволоки и флюса отражают потери материалов, связанные с техникой и технологией производства.

Расход сварочной проволоки может быть уменьшен за счет:

- получения проволоки в мотках, пригодных для непосредственного употребления без перемотки;
- применения (там, где это возможно) бескасетной подачи проволоки непосредственно с бунтов;
- установки на подающих механизмах полуавтоматов тормозных электромеханических устройств для уменьшения величины вылета проволоки при прекращении процесса сварки;
- отработки режимов сварки, обеспечивающих минимальные потери электродного металла на угар и разбрызгивание;
- сварки без разделки кромок деталей.

Флюс, подаваемый из бункера сварочного автомата или полуавтомата, частично расплавляется дугой и превращается в шлаковую корку, а частично остается в исходном состоянии. Остатки нерасплавленного флюса собирают вручную или специальными аппаратами для повторного использования. При ручной уборке потери флюса достигают 20 %. Применение механизированной уборки нерасплавленного флюса с помощью флюсоотсосов позволяет вернуть до 90 % годного к использованию флюса.

Расход защитных газов определяется в зависимости от диаметра электрода (табл. 15).

Таблица 15

Расход углекислого газа в зависимости от диаметра электрода

Диаметр электрода, мм	0,5–0,8	1,0–1,4	1,6–2,0
Расход CO ₂ , л/мин	5-8	8-16	15-20

Расход электроэнергии определяется по формуле

$$W = \frac{0,24 \cdot U \cdot I}{1000 \cdot \eta_u} \cdot t_{\infty} + P_0 \cdot (T - t_{\infty}),$$

где $\eta_{и}$ – КПД источника питания;

P_0 – мощность холостого хода источника питания. Для сварочных трансформаторов и выпрямителей $P_0 = 0,3$ кВт;

T – время цикла наплавки

$$T = \frac{t_{\text{сд}}}{K_{\text{сн}}};$$

$K_{\text{сн}}$ – коэффициент загрузки сварочного поста:

Для механизированных способов наплавки $K_{\text{сн}} = 0,6 \div 0,8$.

Удельный расход электроэнергии $\frac{U_{\text{с}}}{\eta_{и} \cdot \alpha_{и}}$ составляет 3-4 кВт · ч / кг .

5.2 Нормируемые затраты рабочего времени

Нормируемые затраты рабочего времени делятся на подготовительно-заключительное время, вспомогательное время, время обслуживания рабочего места, время перерывов на отдых и естественные надобности.

К подготовительно-заключительному времени $T_{\text{пз}}$ относятся затраты рабочего времени на получение производственного задания, документации, инструмента, сдачу выполненной работы (табл. 16).

Таблица 16

Нормативы подготовительно-заключительного времени

Перечень работ		Сложность работы		
		простая	средняя	высшая
Время на сварку партии деталей, мин				
1	Получение производственного задания, электродов и инструмента	4	6	8
2	Ознакомление с работой	3	5	7
3	Подготовка приспособлений к работе	-	2	4
4	Включение и выключение источников питания	1	1	1
5	Сдача работы	2	3	4

Основное время T_o – это время сварки, наплавки

$$T_o = t_{\text{сд}},$$

где $t_{\text{сд}}$ – время горения дуги, мин.

$$t_{\text{сд}} = \frac{60 \cdot G_{и}}{\alpha_{и} \cdot I}$$

Иногда пользуются понятием основное время на 1 пог. м шва - T_o'

$$T_o' = \frac{60 \cdot \rho \cdot F_{и}}{\alpha_{и} \cdot I}$$

В отдельных случаях к основному времени вводятся поправки в виде коэффициентов (табл. 17).

Таблица 17

Поправочные коэффициенты к расчету основного времени

Характеристики шва	Наименование шва	Коэффициент
На горизонтальной плоскости в нижнем положении	Нижний	1,00
На вертикальной плоскости снизу вверх	Вертикальный	1,25
На вертикальной плоскости по горизонтальной линии	Горизонтальный	1,30
Кольцевой шов на вертикальной плоскости по окружности	Кольцевой	Без поворота 1,35
На горизонтальной плоскости в потолочном положении	Потолочный	1,6
Длина шва	Свыше 500 мм	1,0
	От 200 до 500 мм	1,1
	До 200 мм	1,2

Вспомогательное время при дуговой наплавке разделяется на связанное со сварным швом и связанное с наплавляемым изделием. К первой группе относят затраты времени на осмотр, очистку кромок, зачистку швов от шлака и брызг, промер и осмотр швов (табл. 18).

Таблица 18

Нормы вспомогательного времени

Наименование работы	Время на 1 м шва, мин	Примечание
Зачистка кромок под сварку при толщине металла: - до 10 мм - свыше 10 мм	0,3 0,45	
Зачистка швов от шлака	$0,6 + 1,2 (n-1)$	0,6 – время на зачистку последнего слоя, 1,2 – время на зачистку промежуточных слоев, n – кол-во слоев
Зачистка сварного соединения от брызг в зависимости от толщины металла	до 5 – 1,0 6÷8 – 1,3 9÷12 – 1,5 13÷18 – 1,8 св. 18 – 2,1	
Время на осмотр и промер шва	0,3	
Время на смену электродов	0,11 мин/шт	

Ко второй группе относится время, затрачиваемое на установку, снятие и кантование свариваемых изделий, необходимое для перемещения сварщика при сварке (наплавке) громоздких изделий, клеймение (табл. 19, 20, 21). Время на установку одного клейма составляет 0,5 мин.

Таблица 19

Время на установку, поворот и снятие изделия вручную

Элементы работы	Вес изделия, кг				
	5	10	15	25	40
	Время, мин				
Поднести и уложить	0,14	0,22	0,30	0,45	-
Снять и отнести	0,10	0,15	0,20	0,30	-
Повернуть на 90 ⁰	0,09	0,10	0,12	0,14	0,20
Повернуть на 180 ⁰	0,11	0,30	0,16	0,20	0,25

Таблица 20

Время на установку, поворот и снятие изделий с помощью крана

Элементы работы	Вес изделия, кг			
	120	200	300	500
	Время, мин			
Поднести и уложить	2,1	2,2	2,3	2,4
Снять и отнести	2,0	2,1	2,2	2,3
Повернуть	2,1	2,2	2,3	2,4

Таблица 21

Время на перемещение сварщика

Характер перемещения	Расстояние перемещения, м				
	2	4	6	8	10
	Время перемещения, мин				
Свободное	0,1	0,14	0,18	0,22	0,26
Стесненное	0,30	0,45	0,60	-	-
Подъем и опускание на высоту до 3,0 м с установкой и уборкой лестницы	2,0				
То же без установки лестницы	0,4				

Таким образом, вспомогательное время можно определить по формуле

$$T_B = T_{вс1} + T_{вс2} + 0,11 \cdot n_3 .$$

Сумма основного и вспомогательного времени представляет собой оперативное время

$$T_{оп} = T_o + T_B .$$

Время на обслуживание рабочего места включает затраты на раскладку инструмента, подключение проводов к источнику питания, уборку инстру-

ментов и рабочего места. Нормы времени на обслуживание рабочего места исчисляются в процентах к оперативному времени.

Штучное время определяется либо как сумма T_o , T_v , $T_{обс}$ и $T_{отд}$, либо как $T_{ш} = K_1 T_{оп}$, где коэффициент $K_1 > 1$ учитывает $T_{обс}$ и $T_{отд}$ (табл. 22).

Таблица 22

Нормы времени для различных условий сварки

Условия выполнения сварки	Время на обслуживание рабочего места, мин		Время на отдых и естественные надобности, мин		Коэффициент к оперативному времени	
	Тип производства					
	Единичное и мелкосерийное	Серийное и крупносерийное	Единичное и мелкосерийное	Серийное и крупносерийное	Единичное и мелкосерийное	Серийное и крупносерийное
В нормальном положении	3	2	6	6	1,09	1,10
В неудобном положении	5	2	8	8	1,13	1,12
В напряженном положении	6	-	11	-	1,17	-

Сумма штучного времени и доли подготовительно-заключительного времени, относящегося к одной детали, называется штучно-калькуляционным временем

$$T_{шк} = T_{ш} + \frac{T_{пз}}{n},$$

где n – количество деталей и партий.

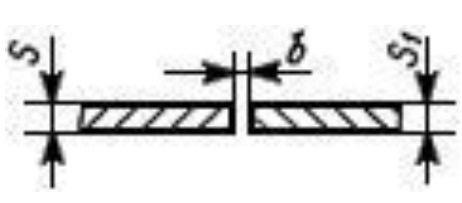
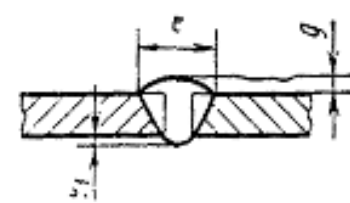
6 СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ)

Технологические карты сварки (ТКС) разрабатываются на все применяемые и планируемые к применению ремонтным предприятием способы сварки, типоразмеры сварных соединений и марки свариваемых материалов.

Вариант формы технологической карты (в соответствии с Инструкцией по сварке и наплавке грузовых вагонов, утвержденной Советом по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества (Протокол от 29-30 мая 2008 года, г. Худжанд)) и пример заполнения представлены в таблице 23.

Таблица 23

Форма технологической карты сварки (вариант 1)

Технологическая карта сварки				
ТКС № _____				
(наименование предприятия)		УТВЕРЖДАЮ Главный инженер _____ / _____ « ____ » _____ 20__ г.		
Чертеж	№ _____	Номера швов	№ _____	
Сведения о сварном соединении				
Конструктивные элементы подготовки кромок		Конструктивные размеры шва сварного соединения		
				
$S = S_1 = 2,0 \text{ мм}$ $b = 0^{+1,0} \text{ мм}$		Проход	Требования	
		1	$e \leq 7,0 \text{ мм}, g = 1,0^{+0,5} \text{ мм},$	
			$g_1 = 1,0^{+1,0/-0,5} \text{ мм}$	
Дополнительная информация: Разделку и зачистку свариваемых кромок выполнять механическим способом. Сварку выполнять с фиксацией свариваемых деталей переплавляемыми прихватками.				
Сведения о материале деталей				
Деталь	Группа ИСО/ГО 15608	Марка металла	Сертификат, производитель	Размеры, мм
№ 1	1.2	Ст3сп5 ГОСТ 380	–	2×150×350
№ 2	1.2	Ст3сп5 ГОСТ 380	–	2×150×350
Подкладка	–	–	–	–
Выводные планки	–	–	–	–
Дополнительная информация:				
Сведения о сварочных материалах				

Проход	Марка	Классификация, тип	Диаметр, мм	Режим прокатки	Условия хранения		
1	Св-08Г2С-О ГОСТ 2246	–	0,8	–	–		
	Двуокись углерода 1 сорт ГОСТ 8050	ISO 14175-C1	–	–	–		
Дополнительная информация:							
Сведения о технологии сварки							
Проход	Угол наклона горелки, °	Диаметр сопла горелки, мм	Вылет электрода, мм	Максимальная ширина валиков, мм	Поперечные колебания		
					Амплитуда, мм	Частота, с ⁻¹	Время задержки, с
1	–	–	14±1	7	–	–	–
Термообработка после сварки							
Проход	Температура деталей перед сваркой, °С	Межваликовая температура, °С	Продолжительность хранения до термической обработки, ч	Температура нагрева, °С	Скорость нагрева, °С/сек	Время выдержки, ч	Скорость охлаждения, °С/сек
1	+ 5 min	–	–	–	–	–	–
Режимы сварки							
Проход	Процесс сварки	Степень механизации	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, см/мин		
1	ГОСТ Р ИСО 4063-135-G	сварка механизированная	80±20	22±2	–		
Проход	Род тока	Полярность	Расход газа, л/мин		Положение сварки		
			Защитный	Поддув			
1	DC сварочный ток – постоянный	+	на электроде	11±1	–	PE	
Дополнительная информация:							
PE – положение сварки потолочное в соответствии с ISO 6947.							
Процесс сварки ГОСТ Р ИСО 4063-135-G – сварка дуговая сплошной проволокой в активном газе, капельный перенос.							
				Ответственный за координацию в сварке			
				_____ / _____ /			
				« ____ » _____ 20__ г.			

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 **Дюргеров, Н.Г.** Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Технологические методы повышения износостойкости и восстановления деталей машин» / Н.Г. Дюргеров ; Рост. гос. ун-т путей сообщения. – Ростов н/Д, 2007. – 60 с.

2 Инструкция по сварке и наплавке при ремонте грузовых вагонов. Приложение № 60 к Протоколу Шестьдесят третьего заседания Совета по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества. – М., 2015. – 240 с.

3 Механизация и автоматизация восстановления деталей грузовых вагонов / Х.Н. Сагиров, Н.Г. Дюргеров, В.И. Белявский, И.А. Бочкарев // Тяжелое машиностроение. – 2006. – № 6 – С. 31–33.

4 Автоматизация наплавки фрикционных клиньев / Н.Г. Дюргеров, Х.Н. Сагиров, В.И. Белявский, Н.А. Бочкарев // Железнодорожный транспорт. – 2002. – № 4. – С. 51–52.

5 **Милютин, В.С.** Источники питания и оборудование для электрической сварки плавлением / В.С. Милютин, Р.Ф. Катаев – М. : Академия, 2013. – 368 с.

Задание для выполнения курсового проекта

№ пп.	Наименование восстанавливаемой детали	Способ наплавки	Диаметр электрода $d_э$, мм	Износ, мм	Принцип работы автомата	Комплектуемые: - подающий механизм, - электродвигатель
1	2	3	4	5	6	7
1	Подпятник наддрессорной балки	Флюс	3	7	«Копир»	А-765 КПА-563
2	Подпятник наддрессорной балки	Флюс	2	5	«Копир»	ПДГ-516 КПА-561
3	Наклонная поверхность наддрессорной балки	Флюс	3	4	«Копир»	А-765 КПА-632
4	Наклонная поверхность наддрессорной балки	СО ₂	2	3	«Копир»	ПДГ-508 КПА-560А
5	Фрикционная планка	Флюс	3	3	«Копир»	А-1197С КПК-562
6	Фрикционная планка	СО ₂	2	5	«Копир»	А-1197П КПК-564
7	Наклонная поверхность фрикционного клина	Флюс	3	6	«Копир»	ПДГ-304 Д-90
8	Наклонная поверхность фрикционного клина	СО ₂	2	4	«Копир»	ПДГ-304 Д-90
9	Вертикальная поверхность фрикционного клина	Флюс	3	7	«Копир»	А-765 КПА-632
10	Вертикальная поверхность фрикционного клина	СО ₂	2	5	«Копир»	А-1197П Д-90
11	Упорные поверхности буксы	Флюс	3	4	«Копир»	А-765 Д-90
12	Упорные поверхности буксы	СО ₂	2	5	«Копир»	ПДГ-508 КПК-632
13	Опорная поверхность буксы	Флюс	3	6	«Копир»	А-1197С КПА-632
14	Опорная поверхность буксы	СО ₂	2	3	«Копир»	ПДГ-516 Д-90
15	Наклонная поверхность наддрессорной балки	СО ₂	2	5	«Копир»	А-1197С Д-90
16	Наклонная поверхность фрикционного клина	СО ₂	1,6	4	«Копир»	А-11967П КПА-563

Окончание приложения

1	2	3	4	5	6	7
17	Валик	СО ₂	1,0	2 мм по D=60	«Станок»	А-547 Д-90
18	Вал приводной	СО ₂	1,2	2 мм по D=70	«Станок»	ПДГ-304 Д-90
19	Вал приводной	Флюс	2,0	6 мм по D=60	«Станок»	А-11978П АОЛ, 120 Вт
20	Валик подвески	СО ₂	1,2	3 мм по D=60	«Станок»	А-547 Д-90
21	Валик подвески	Флюс	2,0	4 мм по D=60	«Станок»	А-765 КПК-632
22	Валик	СО ₂	1,0	3 мм по D=36	«Станок»	А-547 Д-90
23	Механизм открытия	СО ₂	1,2	2 мм по D=60	«Станок»	А-547 Д-90
24	Фиксатор автосцепки	Флюс	3,0	4 мм по D=188	«Станок»	ПДГ-508 АОЛ, 180Вт
25	Фиксатор автосцепки	СО ₂	2,0	2 мм по D=165	«Станок»	ПДГ-508 Д- 90
26	Вал промежуточный	СО ₂	2,0	3 мм по D=45	«Станок»	ПДГ-516 Д- 90
27	Изношенная резьба оси колесной пары	Флюс	1,6	D=105- D=110	«Станок»	ПДГ-508 КПА-632
28	Шпинтон	Флюс	3,0	7 мм по D=67	«Станок»	А-765 КПА-563
29	Вал приводной	Флюс	1,6	4 мм по D=44	«Станок»	А-1197С КПК-632
30	Штырь тележки	СО ₂	1,6	3 мм по D=36	«Станок»	А-1197П Д-90

Учебное издание

Даровской Геннадий Викторович

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА
ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ
И РЕМОНТУ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

Печатается в авторской редакции
Технический редактор Т.И. Исаева

Подписано в печать 23.10.17. Формат 60×84/16
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 3,9.
Тираж экз. Изд. № 90461. Заказ .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

Адрес университета: 344038, Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка
Народного Ополчения, д. 2.