

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»**

29/25/1

**Одобрено кафедрой
«Железнодорожный путь,
машины и оборудование»**

**Утверждено деканом
факультета
«Транспортные сооружения
и здания»**

СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

**Рабочая программа
и задание на контрольную работу
с методическими указаниями
для студентов IV курса**

**специальности
190302.65 ВАГОНЫ**

2-е издание

Москва – 2012

Данная рабочая учебная программа дисциплины является типовой и составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования на основании примерной учебной программы данной дисциплины и удовлетворяет государственным требованиям к минимуму содержания и уровню подготовки инженера по специальности 190302.65 Вагоны.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 14 февраля 2008 г. № 71 «Об утверждении Типового положения об образовательном учреждении высшего профессионального образования (высшем учебном заведении)» рабочая учебная программа обновляется ежегодно.

Обновленная версия рабочей учебной программы размещена на сайте РОАТ (<http://www.rgotups.ru>).

А в т о р : канд. техн. наук, доц. Е.Г. Зарембо

Р е ц е н з е н т — канд. техн. наук, доц. Л.Е. Горелкова

1. ЦЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является дать студентам знания в области физико-химических основ получения сварного соединения, технологических процессов сварки, резки, пайки и упрочнения деталей вагонов.

Роль и значение дисциплины обусловлены большими объемами сварочных работ при ремонте вагонов, развитием сварочной технологии, необходимостью более глубокой подготовки студентов, будущих инженеров-вагонников. Дисциплина изучается параллельно с дисциплиной «Технология конструкционных материалов» и методически связана с ней.

2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Изучив дисциплину, студент должен иметь представление о перспективах сварочного производства, технико-экономическом обосновании технологии сварочных процессов.

2.2. Студент должен знать и уметь использовать знания в области выбора технологического процесса сварки, наплавки, резки, пайки и упрочнения деталей вагонов при их изготовлении и ремонте.

2.3. Студент получит опыт в расчетах параметров режима сварки и наплавки, выборе сварочных материалов, соблюдении техники безопасности, снижении вредного влияния сварки на окружающую среду.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего, ч	Курс – IV
Общая трудоемкость дисциплины	100	
Аудиторные занятия:	16	
лекции	8	
лабораторный практикум	8	
Самостоятельная работа	69	
Контрольная работа	15	1
Вид итогового контроля		Зачет, зачет с оценкой

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции, ч	Лаборат., ч
1	Теоретические основы сварочных процессов	2	2
2	Электродуговая сварка и наплавка	2	2
3	Технология и расчет параметров режима сварки	2	2
4	Специальные виды сварки и сопутствующие процессы	2	2

4.2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1

1.1. Теоретические основы сварочного производства. Физико-химические процессы.

1.2. Металлургия, металловедение и металлография сварки.

1.3. Деформации и напряжения при сварке.

Раздел 2

2.1. Электродуговая сварка и наплавка. Материалы сварочного производства.

2.2. Оборудование сварочного производства для сварки на переменном и постоянном токе.

2.3. Контроль качества в сварочном производстве.

Раздел 3

3.1. Технология и расчет параметров режима сварки и наплавки.

3.2. Сварка пластических масс.

3.3. Техника безопасности. Охрана окружающей среды.

Раздел 4

4.1. Специальные виды сварки и сопутствующие процессы. Нанесение покрытий, пайка, термическая резка, контактно-дуговое упрочнение.

4.2. Сварка: лучевая, газовая, ультразвуковая, трением, взрывом, электрошлаковая.

4.3. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ п/п	№ раздела дисциплин	Наименование лабораторных работ
1	1	Электрическая дуга и ее свойства
2	2	Источники сварочного тока и их характеристики
3	3	Режим и техника ручной электродуговой сварки углеродистой стали
4	4	Поверхностное упрочнение стальных деталей методом электроконтактной металлизации

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Контрольная работа состоит из вопросов, на которые следует дать письменные ответы, и технологической задачи, при решении которой необходимо выбрать способ сварки, материалы, оборудование, рассчитать элементы режима электродуговой сварки, назначить контроль качества сварки, привести правила техники безопасности.

Примерный объем 15–17 страниц.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов для железнодорожной техники / Н.Н. Воронин и др. — М.: Маршрут, 2004. — 456 с.
2. Технология конструкционных материалов / А.М. Дальский и др. — М.: Машиностроение, 2002. — 512 с.
3. З а р е м б о Е.Г. Сварочное производство. — М.: Маршрут, 2005. — 240 с.

Дополнительная

4. К р а с н о в Ю.И. Оборудование и технология сварочно-наплавочных работ. Конспект лекций. — РГОТУПС, 2001. — 32 с.
5. Инструкция по сварке и наплавке при ремонте грузовых вагонов. ЦВ–201–98. — М.: Транспорт, 1999. — 255 с.
6. Каталог сварочного оборудования для вагоноремонтных предприятий железных дорог. М.: Транспорт, 1992. — 255 с.
7. Ф е т и с о в Г.П. Материаловедение и технология металлов. М.: Высшая школа, 2000. — 638 с.
8. Сварка и сварочные материалы. Справочник. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1994 г.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальные лаборатории.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучать учебный материал дисциплины рекомендуется в следующей последовательности:

1. Ознакомиться со всеми вопросами рабочей программы, чтобы получить общее представление об объеме и содержании дисциплины.

2. Ознакомиться с рекомендуемой литературой и изучать ее в последовательности, указанной в программе.

3. Выделить наиболее трудные или непонятные вопросы, чтобы ответить на них по другим источникам или на занятиях и консультациях.

4. Ответить письменно на вопросы контрольной работы.

5. Подготовиться к зачетам по тестам.

Широкое применение сварки и сопутствующих процессов при ремонте вагонов объясняется ее технико-экономическими преимуществами. Так, замена клепки сваркой дает экономию металла на 20%, ускоряет процесс, позволяет использовать разные профили проката. Использование легких сварных конструкций вместо литых позволяет снизить расход металла на 50%. В настоящее время используется около пятнадцати видов сварки, наплавки, резки, пайки, упрочнения методами сварочного производства.

Системный подход помогает классифицировать виды сварочного производства, определить разницу и сходство между ними. Предлагаемый плоский граф построения (рис.1) достаточно информативен, нагляден и дает представление о содержании дисциплины.

Представим сварочное производство как **систему** (1). Тогда **подсистемами** будут **классы** — термомеханический (2), термический (3), механический (4), а **элементами** системы станут технологические **способы** — сварка дуговая, плавлением, ручная (5), механизированная (6), автоматическая (7), газовая (8), электрошлаковая (9), электронно-лучевая (10), плазменная (11), лазерная (12), электроконтактная (13), диффузионная (14), газопрессовая (15), холодная (16), взрывом (17), ультразвуковая (18), трением (19), термическая **резка** (20), **пайка** (21), **наплавка** (22), контактно-дуговое **упрочнение** (23). В необходимых случаях классифицируют виды сварки по **техническим** признакам — способу защиты зоны сварки, непрерывности процесса, степени механизации и автоматизации, или по **технологическим** признакам — виду электрода, роду тока и сварочному оборудованию, характеру упрочнения и т.д.

Так, например, защищать зону сварного шва и термического влияния можно флюсом, газом, вакуумом.

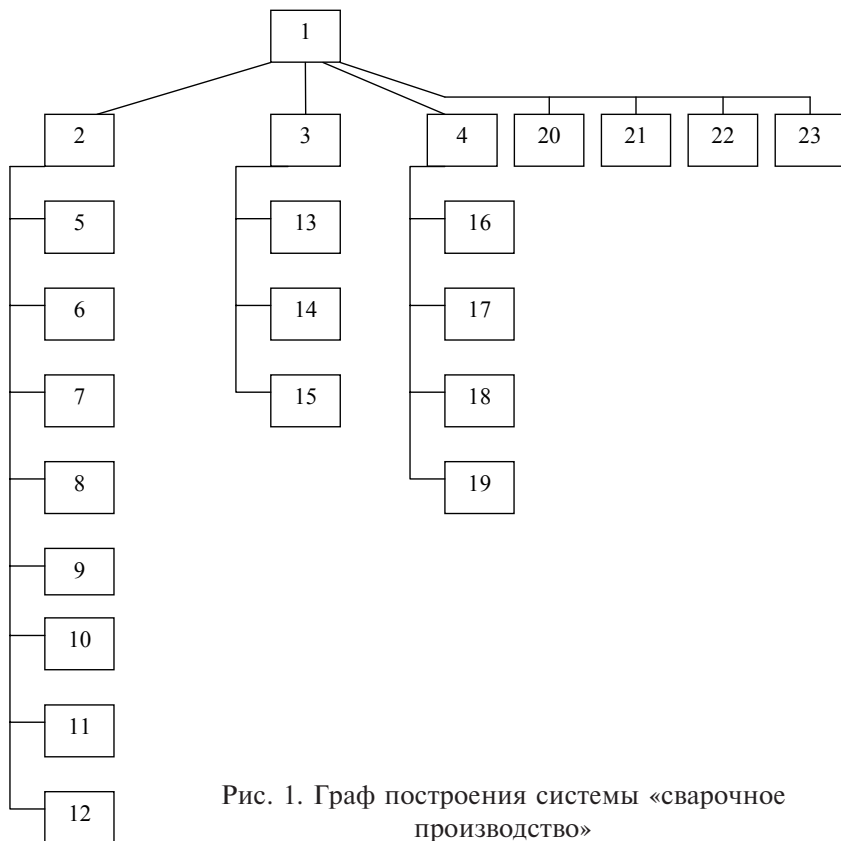


Рис. 1. Граф построения системы «сварочное производство»

Газы, в свою очередь, могут быть разные (азот, аргон, гелий, углекислый). Граф построения помогает проследить методические связи между отдельными процессами, усвоить их физическую сущность, определить их применение при ремонте вагонов. Он может состоять из десятков элементов, расположенных по-разному, в зависимости от признака классификации.

Необходимо четко усвоить физическую сущность термической, термомеханической и механической сварки, а также наплавки, резки и пайки. При этом особое внимание следует уделить электродуговой и газовой сварке, разобрать типы сварных соединений, понять как структура зоны термического влияния и сварного шва влияет на качество сварки. Важно представить

физику процесса создания и поддержания электрической дуги, образование плазмы, распределение тепла на аноде и катоде, в дуге и окружающей среде.

При изучении вопросов, связанных с работой сварочных машин, необходимо не только изучить устройство, электрическую схему, но и понять преимущества сварки на постоянном токе.

Технология сварки требует расчета режима по различным критериям, но основными является толщина металла и тип сварного соединения. Следует отметить преимущества таких способов сварки, как глубокое проплавление, пучком электродов, трехфазной дугой.

При проектировании, изготовлении и ремонте широко применяют разные виды сварки, наплавки, термической резки, контактно-дуговой цементации и металлизации. Другие виды обработки металлов (литье, ковка и штамповка, резание со снятием стружки) используют гораздо реже. В связи с этим важно уяснить преимущества сварочного производства. Большие объемы сварки привели к тому, что механизация и автоматизация сварочных процессов насущны и актуальны. Однако, в ремонтном деле вопросы механизации и тем более автоматизации сварки не решаются на должном уровне. Преимущественно применяют ручную электродугую сварку и наплавку, а также термическую резку. В отдельных предприятиях внедрили контактно-дуговую металлизацию. Гораздо реже применяют другие виды упрочнения, такие, как газотермическое и плазменное напыление, поверхностная закалка и др.

Студенту важно уяснить какие преимущества дает механизация сварки. Если раньше на первом месте стояли вопросы повышения производительности, то теперь определяющими стали вопросы повышения качества сварных швов. Здесь преимущества автоматической сварки неоспоримы, да и производительность резко возрастает. Необходимо также иметь в виду, что часто не требуется проведение таких трудоемких и дорогостоящих операций при подготовке к сварке, как разделка кромок. С другой стороны, технологически сложно, а иногда и невозможно внедрить автоматическую сварку на швах потолочных, вертикальных, с закруглениями, коротких, прерывистых, с раз-

ными толщиной и сечением шва. Именно поэтому ручная сварка занимает в ремонтном деле доминирующее положение.

Надежность и долговечность сварных соединений в вагонах прямо влияет на безопасность движения поездов. Поэтому важно оценить влияние различных дефектов и явлений, в частности, уметь анализировать напряженно-деформированное состояние того или иного сварного узла вагона, знать какие мероприятия необходимо разработать и применять с целью уменьшения или ликвидации вредного влияния сварочных напряжений и деформаций.

Необходимо выяснить, какие меры следует предпринять, чтобы работы по термической сварке и резке были безопасными.

Задание на контрольную работу

Номера вопросов соответствуют последним цифрам учебного шифра студента (табл.1).

Вопросы 1...20.

1. Опишите сущность дуговой сварки, нашедшей наиболее широкое распространение в сварочной технике.

2. Укажите основные способы сварки давлением. Какой из этих способов сварки целесообразно использовать для соединения медных проводов в условиях монтажа?

3. Какую форму внешней характеристики должны иметь источники тока для ручной дуговой сварки и почему?

4. Каким путем при ручной дуговой сварке обеспечивается защита сварочной ванны от влияния кислорода воздуха?

5. Какие принципы положены в основу выбора силы сварочного тока при дуговой сварке и наплавке? К образованию каких дефектов сварного соединения может привести недостаточный или чрезмерно большой сварочный ток?

6. Для ручной дуговой сварки листовой стали толщиной 20 мм выберите рациональную подготовку кромок, диаметр электрода и определите силу сварочного тока.

7. Объясните, какие факторы обуславливают высокую производительность механизированных способов дуговой сварки и наплавки.

Таблица 1

Окончание учебного шифра (две последние цифры)	Номера вопросов
1	2
01, 21, 41, 61, 81	1, 21
02, 22, 42, 62, 82	2, 22
03, 23, 43, 63, 83	3, 23
04, 24, 44, 64, 84	4, 24
05, 25, 45, 65, 85	5, 25
06, 26, 46, 66, 86	6, 26
07, 27, 47, 67, 87	7, 27
08, 28, 48, 68, 88	8, 28
09, 29, 49, 69, 89	9, 29
10, 30, 50, 70, 90	10, 30
11, 31, 51, 71, 91	11, 31
12, 32, 52, 72, 92	12, 32
13, 33, 53, 73, 93	13, 33
14, 34, 54, 74, 94	14, 34
15, 35, 55, 75, 95	15, 35
16, 36, 56, 76, 96	16, 36
17, 37, 57, 77, 97	17, 37
18, 38, 58, 78, 98	18, 38
19, 39, 59, 79, 99	19, 39
20, 40, 60, 80, 00	20, 40

8. В чем сущность автоматической дуговой сварки под флюсом? Как осуществляется защита металла сварочной ванны от кислорода воздуха?

9. В чем сущность механизированной сварки в углекислом газе? Можно ли производить сварку в углекислом газе низкоуглеродистой сварочной проволокой?

10. Объясните сущность механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой. Как осуществляется защита металла сварочной ванны от кислорода воздуха?

11. Как происходит нагрев металла и образование сварного соединения при электрической контактной сварке? Объясните сущность и укажите области применения одного из способов контактной сварки (по своему выбору).

12. Пламя ацетилено-кислородной горелки отрегулировано так, что отношение $C_2H_2: O_2 = 1$. Объясните, как изменится внешний вид и свойства пламени, если соотношение газов в смеси станет равным 1,3. Для сварки какого металла можно использовать такое пламя?

13. Какие причины могут вызвать образование подваликовых холодных трещин в зоне термического влияния при дуговой сварке массивной детали из стали марки 45? Как предотвратить появление этого дефекта?

14. Объясните причины, вызывающие затруднения при сварке меди. Опишите сущность газовой сварки меди.

15. Какие причины затрудняют сварку алюминия? Опишите процесс дуговой сварки алюминия плавящимся электродом.

16. В чем состоит принципиальное отличие процесса пайки от процесса сварки? На какие группы делятся припои по назначению?

17. Опишите сущность наиболее эффективного метода пайки алюминия.

18. Объясните физико-химическую сущность процесса кислородной резки. Какие требования предъявляются к металлу, подвергаемому кислородной резке? Какими способами можно осуществить качественную резку металлов и сплавов, не поддающихся кислородной резке?

19. Какие причины вызывают появление в сварных соединениях непроваров и трещин? Какие методы контроля качества сварных швов позволяют выявлять эти дефекты? Опишите один из них (по своему выбору).

20. Перечислите основные правила техники безопасности при дуговой сварке и кислородной резке.

Методические рекомендации по выполнению контрольной работы

Отвечая на вопрос 1, нужно объяснить физическую сущность сварки плавлением и указать какие источники энергии при этом используются. Следует рассмотреть и новые источники энергии, в частности, дуговую плазму. Изучив сущность и области

использования каждого способа сварки плавлением, надо описать способ дуговой сварки, нашедшей наиболее широкое применение в сварочной технике.

В ответе на вопрос 2 надо объяснить на чем основана сварка давлением и указать какие способы сварки (в том числе и новые) относятся к этой группе. Изучив сущность и области применения каждого способа сварки давлением, надо описать способ, который целесообразно использовать для соединения медных проводов в условиях монтажа.

Для ответа на вопрос 3 следует схематично начертить в координатах IU внешние характеристики источников тока: круто-и пологопадающую. На этой же схеме изобразить график статической характеристики дуги, соответствующий некоторой ее длине L_1 . Затем, предположив, что длина дуги изменялась (увеличивалась или уменьшалась) до значения L_2 , привести график статической характеристики дуги для этой позиции. Проследив, в каком направлении и на какую величину произошло изменение сварочного тока при питании дуги от источников с разными внешними характеристиками, сделать соответствующий вывод. При этом следует учесть, что для нормального формирования шва при ручной дуговой сварке необходимо, чтобы скорость плавления электрода, зависящая от сварочного тока, при колебании длины дуги изменялась незначительно.

Вопросы 4, 8, 9 и 10 касаются сущности наиболее распространенных способов дуговой сварки. Отвечая на них, надо объяснить сущность способа, а затем указать как осуществляется защита сварочной ванны от кислорода воздуха, который, попадая в зону высоких температур дугового промежутка, диссоциирует ($O_2 \rightarrow O + O$) и становится чрезвычайно активным химическим реагентом. Основным способом защиты расплавленного металла от окисления при ручной дуговой сварке является использование покрытых электродов.

В ответе на вопрос 4 надо объяснить назначение электродных покрытий, указать как делятся электроды в зависимости от характера работы (сварка, наплавка), как обозначаются типы электродов и привести примеры нескольких марок электродов, относящихся к тому или иному типу.

Атомарный кислород в дуговом промежутке образуется также в результате диссоциации оксидов, входящих в сварочные флюсы, и при разложении углекислого газа ($\text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{O}$). В связи с этим, отвечая на вопросы 8 и 9, следует учесть, что важным условием получения сварных соединений высокого качества при сварке под флюсом и в углекислом газе является наличие достаточного количества раскислителей в сварочной ванне (обычно марганца и кремния). Сварка под флюсом низкоуглеродистой сварочной проволокой марок Св-08 и Св-10 должна выполняться под марганцевым высококремнистым флюсом (например, АН-348А и ОСЦ-45). При сварке в углекислом газе раскислители в сварочную ванну могут вводиться только через проволоку. С этой целью используют кремнемарганцовистые проволоки сплошного сечения марок Св-08Г2С, Св-12ГС или специальные порошковые проволоки, в частности проволоки марок ПП-АН4 и ПП-АН8.

В ответе на вопрос 10, помимо описания сущности этого способа сварки, необходимо привести характеристики сварочных и наплавочных самозащитных порошковых проволок, наиболее широко используемых на практике.

Отвечая на вопрос 11, надо охарактеризовать источник теплоты, за счет которого осуществляется нагрев металла при контактной сварке, и объяснить как образуется сварное соединение. Затем начертить принципиальную схему одного из способов электроконтактной сварки (по своему выбору), объяснить его сущность и указать области применения.

Для ответа на вопрос 12 необходимо схематично изобразить ацетилено-кислородное пламя, в котором отношение $\text{C}_2\text{H}_2:\text{O}_2=1$, объяснить какие изменения произойдут во внешнем виде и свойствах пламени при изменившемся соотношении газов в смеси и указать для сварки какого металла используется такое пламя.

Вопрос 13 касается напряжений, возникающих в металле при сварке, и в частности структурных напряжений, связанных с фазовыми превращениями в зоне термического влияния.

Надо рассмотреть структурные превращения, происходящие в отдельных участках зоны термического влияния с учетом того, что скорость охлаждения металла в этой зоне, благодаря мас-

сивности детали, может достигнуть критической скорости закалки для заданной стали. Образование закалочных структур часто сопровождается появлением подваликовых (холодных) трещин. Поэтому в сварочной технике разработаны определенные технологические приемы, которые устраняют структуры закалки в зоне термического влияния. Сущность этих приемов и следует рассмотреть во второй части ответа.

Отвечая на первую часть вопросов 14 и 15, надо остановиться на физико-химических свойствах меди, алюминия и их сплавов, вызывающих затруднение при сварке. Основываясь на первой части ответа, следует изложить сущность газовой сварки меди (вопрос 14) и дуговой сварки алюминия плавящимся электродом (вопрос 15).

В ответе на вопрос 16 необходимо, исходя из описания физической сущности процессов пайки и сварки плавлением, объяснить в чем состоит их принципиальное отличие. Отвечая на вторую часть вопроса, надо указать на какие группы делятся припои по назначению, привести их краткую характеристику, а также примеры маркировки и использования.

Ответ на вопрос 17 должен содержать описание наиболее эффективного способа пайки алюминия, выбор которого должен основываться на изучении способов пайки алюминия и их критической оценке.

В ответе на вопрос 18 нужно, исходя из физико-химической сущности процесса, перечислить требования к металлу, подвергаемому кислородной резке, привести примеры нескольких металлов и сплавов, не удовлетворяющих этим требованиям, а затем кратко объяснить сущность способов, которые используются в сварочной технике для качественной резки этих металлов и сплавов.

В ответе на вопрос 19 следует объяснить, какие причины вызывают появление в сварных соединениях и наплавках наиболее опасных внутренних дефектов – трещин и непроваров; перечислить методы контроля, позволяющие их выявлять, а затем описать один из этих методов (по своему выбору).

Отвечая на вопрос 20, следует отметить опасность поражения током, взрывоопасность ацетилена и кислородных баллонов.

Вопросы 21...40.

Технологическая задача.

Для заданного варианта по табл. 13 и прил. I решают задачу по плану.

1. Установить основные операции при сварке.
2. Выбрать сварочные материалы (тип и марку электрода или проволоки, флюса, защитного газа).
3. Рассчитать элементы режима электродуговой сварки.
4. Выбрать сварочное оборудование, приведя его характеристику.
5. Определить полное время сварки, расход материалов и электроэнергии.
6. Назначить методы контроля качества сварки.
7. Привести основные правила техники безопасности.

Начинать решение технологической задачи следует с вычерчивания эскиза заданной конструкции или узла. Места сварки рекомендуется отметить цветным карандашом. На эскизе, кроме конструкции, надо указать размеры разделки кромок, начертить поперечное сечение шва (рис. 2).

При выборе формы и размеров разделки кромок и сварных швов можно воспользоваться следующими стандартами: ГОСТ 5264-80 (ручная дуговая сварка), ГОСТ 14771-76 (дуговая сварка в защитных газах), ГОСТ 8713-79 (автоматическая сварка под флюсом). При этом на эскизе указать не возможные предельные значения размеров (например, угол скоса кромок $\alpha = 55^\circ + 3^\circ$, зазор $b_3 = 0...3$ мм), а конкретные, выбранные значения (например, $\alpha = 58^\circ$, $b_3 = 2$ мм).

При выборе типа разделки кромок под сварку (I-, K-, X-, V-образная) необходимо учитывать их технико-экономические показатели. Так, наиболее экономичной является I-образная разделка (без скоса кромок). В сравнении с V-образной (односторонней) более экономичными являются X-образные разделки кромок (двухсторонние). Однако их применение невозможно, если не обеспечивается доступ к обеим сторонам сварного соединения.

Расчет параметров режима и технико-экономических показателей технологического процесса сварки

Ручная дуговая сварка. При ручной дуговой сварке угол разделки шва, образованный двумя состыкованными кромками (рис. 2, *д*), составляет $55^\circ \pm 3^\circ$ (при этом зазор b_3 и притупление кромок h_n для листов толщиной более 3 мм изменяются в пределах 0...3 мм). Такую подготовку кромок применяют при сварке листов толщиной до 18...20 мм. При большей толщине свариваемых элементов целесообразно применять двустороннюю X-образную разделку кромок (рис. 2, *е*) с углами скоса также $55^\circ \pm 3^\circ$. Сварку листов толщиной до 3 мм выполняют без скоса кромок (так называемая I-образная разделка, рис. 2, *а*). Зазор между свариваемыми листами 0...2 мм.

Тонкие швы (стыковые при толщине листов до 6...8 мм и угловые при катете шва до 6...8 мм) сваривают, как правило, за один проход (слой). При выполнении более толстых стыковых и угловых швов сварку (заполнение разделки шва) ведут за несколько проходов (слоев), рис. 2, *д*. При этом сварку всех проходов стремятся выполнить при одних и тех же параметрах режима. Исключением является первый проход, который рекомендуется выполнять электродами диаметром 3...4 мм (применение электродов большего диаметра затрудняет проплавление корня шва).

Сечение первого слоя (прохода) не должно превышать 30...35 мм² и может быть определено по формуле

$$F_1 = (6...8)d_s, \quad (1)$$

а последующих слоев (проходов) — по формуле

$$F_c = (8...12)d_s. \quad (2)$$

Общее число слоев (проходов), включая первый (сварка корня шва)

$$n = \frac{F_n - F_1}{F_c} + 1, \quad (3)$$

где F_n — общая площадь наплавленного металла (шва).

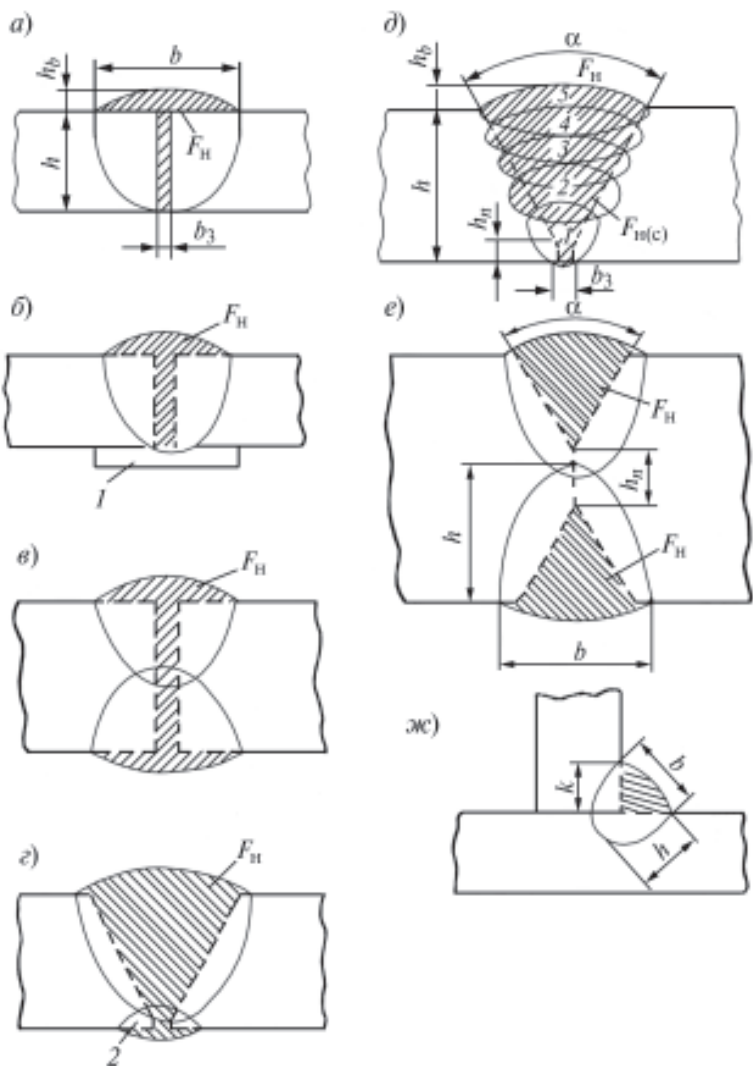


Рис.2. Размеры и формы подготовки кромок и сварного шва:

a – I-образный (без скоса кромок) односторонний стыковой шов; *б* – то же, с металлической (остающейся) подкладкой (1); *в* – I-образный (без скоса кромок) двусторонний стыковой шов; *г* – V-образный стыковой шов с подваркой (2) корня шва; *д* – V-образный многопроходный стыковой шов (цифры указывают номер прохода-слоя); *е* – X-образный двусторонний стыковой шов; *ж* – угловой шов (без скоса кромки вертикального элемента)

При ручной сварке к параметрам режима сварки относятся: диаметр электрода, сила сварочного тока, скорость перемещения электрода вдоль шва (скорость сварки), род тока, его полярность и др.

Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины свариваемых элементов, типа сварного соединения и положения шва в пространстве. Для выбора диаметра электрода можно использовать ориентировочные данные (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Толщина листов, мм	1...3	3	4...5	6...12	13
Диаметр электрода, мм	1,5...2,5	3	3...4	4...5	5

При выборе типа и марки электрода необходимо исходить прежде всего из требований, предъявляемых к качеству сварных швов.

В настоящее время для сварки широко применяются высокопроизводительные электроды, в том числе содержащие в составе обмазки железный порошок. В табл. 3 приведены данные о некоторых марках электродов. При выборе электродов рекомендуется ознакомиться с ГОСТ 9466-75 (классификация, общие технические требования, размеры, методы испытания и др.), ГОСТ 9467-75 (электроды для сварки углеродистых, низколегированных и легированных конструкционных и теплоустойчивых сталей), ГОСТ 10052-75 (электроды для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами; коррозионно- и жаростойкие, жаропрочные и др.), ГОСТ 10051-75 (электроды для наплавки слоев с особыми свойствами; износо- и коррозионностойкие и др.). Для оценки производительности электродов необходимо сравнить значения коэффициента наплавки α_n . Из группы электродов, обеспечивающих заданные механические свойства металла шва или наплавки, следует выбрать те, которые имеют более высокий коэффициент наплавки и, следовательно, обеспечивают, при прочих равных условиях, большую производительность.

Таблица 3

Тип электрода	Марка электрода	Коэффициент наплавки, г/(А·ч)	Расход электродов на 1 кг наплавки, кг	Состав покрытия	Назначение
Э42	ОМА-2	8...9	1,5	Оксиды, алюмосиликаты. Кислое	Углеродистые стали с $\sigma_b < 410$ МПа, тонколистовые
Э42А	УОНИ 13/45	8,5	1,6	Мрамор, плавленый шпат Основное	То же и повышенные пластичность и ударная вязкость
	СМ-11	10...11	1,45		
Э46	МР-3	8,5	1,7	Алюмосиликаты, рутил. Рутиловое	Углеродистые стали с $\sigma_b < 450$ МПа
Э46	ОЗС-6	9	1,6	То же и железо до 55%	То же
	АНО-4	9	1,6	То же и железо до 20%	
Э46А	УОНИ 13/55К	9	1,7	Основное	То же и повышенные пластичность и ударная вязкость
Э46А	ВН-48	10	1,6	То же	То же
Э50А	УОНИ 13/55	9	1,7	То же	То же
Э50А	ОЗС-18	10...11	1,6	То же	Низколегированные стали с $\sigma_b < 490$ МПа, коррозионностойкие (типа 10ХСНД)
Э55	УОНИ 13/55У	9	1,7	То же	Углеродистые и низколегированные стали марок Ст5, 25Г2С, 35ГС и др.
Э60	УОНИ 13/65	10	1,7	То же	Углеродистые и низколегированные стали с $\sigma_b < 590$ МПа
Э60	ВСФ-65	10	1,7	То же	То же, трубопроводы
Э50А	ОЗС-25	10	1,6	То же	Углеродистые и низколегированные стали с $\sigma_b < 450$ МПа, при пониженных температурах

Обозначение типов сварочных электродов расшифровывается так: Э — электрод; цифры, стоящие за буквой — гарантированное значение $\sigma_B \times 10$, МПа.

Силу сварочного тока выбирают на основании рекомендаций, помещенных в паспортах электродов и справочных таблицах, или рассчитывают по эмпирическим формулам.

При ручной дуговой сварке стальном электродом диаметром 1...6 мм можно пользоваться формулой

$$I_{\text{св}} = Kd_3, \quad (4)$$

где K — коэффициент, равный 25...60;

d_3 — диаметр электрода, мм.

Коэффициент K , в зависимости от диаметра электрода, принимается равным (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

d_3 , мм	1...2	3...4	5...6
K	25...30	30...45	45...60

Силу сварочного тока, рассчитанную по этой формуле, следует скорректировать с учетом толщины свариваемых элементов, типа соединения и положения сварки в пространстве. Так, если толщина листов $S > 5d_3$, то значение $I_{\text{св}}$ следует увеличить на 10...15%. Если же $S < 1,5d_3$, то сварочный ток уменьшают на 10...15%.

При сварке угловых швов и наплавке значение $I_{\text{св}}$ должно быть повышено на 10...15%. Если сварка производится в вертикальном или потолочном положениях, значение сварочного тока должно быть уменьшено на 10...15%.

Выбирая род тока, следует учитывать экономические и эксплуатационные преимущества переменного тока перед постоянным. Однако могут быть положения, при которых использование переменного тока не допускается или не рекомендуется, например, при сварке электродами УОНИ13.

Для определения ориентировочной длины дуги L_d , мм, можно пользоваться формулой

$$L_d = (0,5 \dots 1,1)d_э, \quad (5)$$

где $d_э$ — диаметр электрода, мм.

Длина дуги влияет на качество наплавленного металла и геометрическую форму шва. При длинной дуге ухудшается защита сварочной ванны, и металл шва интенсивно насыщается кислородом и азотом воздуха. С увеличением длины дуги увеличивается разбрызгивание металла, и в шве могут появиться поры.

Для определения напряжения дуги U_d используют справочные данные или рекомендации сертификатов, которыми сопровождается каждая марка электродов (в технологической документации U_d не регламентируется).

Для большинства марок электродных покрытий, используемых при сварке углеродистых и легированных конструкционных сталей, напряжение дуги $U_d = 22 \dots 28$ В.

Расчет скорости сварки (скорость перемещения электрода при наплавке одного слоя многослойного шва), м/ч, производится по формуле

$$V_{св} = \frac{\alpha_n I_{св}}{100 F_{н(с)} \rho}, \quad (6)$$

где α_n — коэффициент наплавки, г/(А·ч);

$F_{н(с)}$ — площадь поперечного сечения шва (слоя), см²;

ρ — плотность металла электрода, г/см³.

Коэффициент наплавки α_n выбирается в зависимости от марки электрода по табл. 3.

Масса наплавленного металла определяется по справочнику или рассчитывается по формуле

$$G_n = F_n L \rho, \quad (7)$$

где F_n — площадь наплавленного металла (поперечное сечение шва, включая его усиление), см²;

L — длина шва, см.

Усиление шва можно рассчитать по формуле

$$F_{yc} = \frac{3}{4} b h_b, \quad (8)$$

где b — ширина шва;

h_b — высота валика шва (усиление), см. рис. 2, a, d .

Время горения дуги, ч, рассчитывается по формуле

$$t = \frac{G_H}{\alpha_H I_{св}}. \quad (9)$$

Полное время сварки T , ч, можно определить по формуле

$$T = \frac{t}{K_{II}}, \quad (10)$$

где t — время горения дуги, ч;

K_{II} — коэффициент использования сварочного поста, который для ручной сварки можно принять 0,5...0,55, а для механизированных способов сварки и наплавки 0,6...0,7.

Расход электродов можно определить, воспользовавшись данными, помещенными в табл. 3.

Расход электроэнергии A , кВт·ч, на сварку заданной детали можно найти, установив по справочным материалам расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла. Более точно его можно рассчитать по формуле

$$A = \frac{U_d I_{св}}{1000 \cdot \eta} t + w_0 (T - t), \quad (11)$$

где U_d — напряжение дуги, В (при сварке покрытыми электродами принять 22...28 В) ;

$I_{св}$ — сварочный ток, А;

η — КПД источника тока;

w_0 — мощность, расходуемая источником тока при работе на холостом ходу, кВт;

t и T — соответственно, время горения дуги и полное время сварки, ч.

Данные для определения значений η и w_0 помещены в табл. 5.

Таблица 5

Род тока	η	w_0 , кВт
Переменный	0,8...0,9	0,2...0,4
Постоянный	0,6...0,7	2,0...3,0

Выбор основного сварочного оборудования, к которому относятся источники тока, питающие дугу, полуавтоматы и автоматы, может быть произведен после определения параметров режима сварки по прил. II и III, содержащим выдержки из каталогов. При этом надо исходить из условия использования мощности оборудования с наибольшим эффектом. Так, при необходимости производить сварку на токе $I_{\text{св}} = 250\text{А}$ не следует использовать трансформатор, дающий номинальный ток $I_{\text{н}} = 500\text{А}$.

Выбранный метод контроля должен обеспечить возможность выявления скрытых дефектов (трещин, непроваров и др.), весьма опасных из-за концентрации напряжений. Кроме того, он должен отличаться точностью оценки качества, простотой, экономичностью и безопасностью.

Механизированная сварка в углекислом газе проволокой сплошного сечения. При сварке в углекислом газе применяют следующие виды подготовки кромок свариваемых элементов:

1) при толщине листов 1...2 мм — I-образную (без скоса кромок), зазор в стыке 0...1 мм, сварка односторонняя, см. рис. 2, а;

2) при толщине листов 3...12 мм — I-образную, зазор в стыке 0...1,5 мм, сварка двусторонняя, см. рис. 2, в;

3) при толщине листов 14...24 мм — V-образную, угол разделки $40^\circ \pm 5^\circ$, притупление кромок 2...3 мм, зазор в стыке 0...5 мм; сварка многопроходная с подваркой корня шва, см. рис. 2, г.

В основу выбора диаметра электродной проволоки положены те же принципы, что и при выборе диаметра электрода при ручной дуговой сварке (табл. 6).

Сварку в углекислом газе выполняют легированной проволокой сплошного сечения (чаще всего кремнемарганцовистой: Св-08ГС, Св-10Г2С и др.).

Таблица 6

Толщина листов, мм	1...2	3...6	6...24 и более
Диаметр электродной проволоки, мм	0,8...1,0	1,2...1,6	2,0 и более

Расчет сварочного тока, А, при сварке проволокой сплошного сечения производится по формуле

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi d_3^2}{4} a, \quad (12)$$

где a — плотность тока в электродной проволоке, А/мм² (при сварке в СО₂ $a = 110...180$ А/мм²);

d_3 — диаметр электродной проволоки, мм.

Механизированные способы сварки позволяют использовать значительно большие плотности тока по сравнению с ручной сваркой. Это объясняется меньшей длиной вылета электрода.

Процесс сварки в углекислом газе на постоянном токе прямой полярности отличается меньшей глубиной проплавления основного металла, при этом заметно снижается устойчивость дуги и возрастает склонность металла шва к образованию пор. Поэтому сварку в углекислом газе предпочтительно вести на обратной полярности.

Напряжение дуги и расход углекислого газа выбираются в зависимости от силы сварочного тока (табл. 7).

При сварке на токах 200...250 А длина дуги должна находиться в пределах 1,5...4,0 мм. С повышением скорости сварки для

Таблица 7

Сила сварочного тока, А	50...60	90...100	150...160	220...240	280...300	360...380	430...450
Напряжение дуги, В	17...18	19...20	21...22	25...27	28...30	30...32	32...34
Расход СО ₂ , л/мин	6...8	8...10	10...12	15...17	15...17	18...20	21...25

улучшения защиты металла сварочной ванны расход CO_2 увеличивается. Вылет электродной проволоки составляет 8...15 мм (уменьшается с повышением силы сварочного тока).

Скорость подачи электродной проволоки $V_{\text{пр}}$, м/ч, выбирается по справочникам или рассчитывается по формуле

$$V_{\text{пр}} = \frac{4\alpha_p I_{\text{св}}}{\pi d_3^2 \rho}, \quad (13)$$

где α_p — коэффициент расплавления проволоки, г/(А·ч);

$I_{\text{св}}$ — сварочный ток, А;

d_3 — диаметр электродной проволоки, мм;

ρ — плотность металла проволоки, г/см³.

Для сварки в углекислом газе значение α_p может быть рассчитано по формуле

$$\alpha_p = 3,0 + 0,08 \frac{I_{\text{св}}}{d_3}. \quad (14)$$

Скорость механизированной сварки или скорость перемещения электрода при наплавке отдельного слоя (валика) многослойного шва, см/с, определяется по формуле (6). При этом

$$\alpha_n = \alpha_p (1 - \psi), \quad (15)$$

где ψ — коэффициент потерь на угар и разбрызгивание.

При сварке в CO_2 $\psi = 0,1 \dots 0,15$. Принять площадь поперечного сечения валика $F_{\text{н(с)}} = 0,3 \dots 0,7 \text{ см}^2$.

Масса наплавленного металла, время горения дуги и время сварки ($K_n = 0,6 \dots 0,7$) определяются по формулам (7) ... (10).

Расход электродной проволоки сплошного сечения $G_{\text{пр}}$, кг, можно рассчитать по формуле.

$$G_{\text{пр}} = G_n (1 + \psi). \quad (16)$$

Расход электроэнергии — см. формулу (11); выбор оборудования — прил. II, III.

Автоматическая сварка под флюсом проволокой сплошного сечения. При автоматической сварке под флюсом чаще всего применяют следующие виды подготовки кромок:

1) I-образная (без скоса кромок) применяется при однопроходной и двухпроходной сварке. При однопроходной сварке чаще всего ее выполняют по остающейся стальной подкладке (рис. 2, б) или по ручной подварке при соединении листов толщиной до 10...12 мм. Зазор b_3 между кромками 2...3 мм. При двухпроходной сварке листов толщиной 14...60 мм сварку ведут по зазору между кромками $b_3=3...11$ мм, который увеличивается с толщиной свариваемых листов;

2) V-образная (со скосом кромок под углом $60^\circ \pm 5^\circ$) (рис. 2, з) применяется для листов толщиной 14...30 мм. Сварка выполняется по ручной подварке. Притупление кромок и зазор между ними 0...3 мм;

3) X-образная (со скосом кромок под углом $60^\circ \pm 5^\circ$) (рис. 2, е), применяется для листов толщиной 20...60 мм и более.

Для сварки стали применяют сварочную проволоку по ГОСТ 2246-70 (Св-08, Св-08ГА, Св-10Г2, Св-08ГС, Св-18ХГС, Св-08ХМ, Св-08ХГ2С, Св-08ХНМ и др.).

Расчет силы сварочного тока — см. формулу (12).

Плотность тока при автоматической сварке под флюсом изменяется в достаточно широком диапазоне (табл. 8). Рекомендуется для более глубокого проплавления использовать высокие значения плотности тока в электродной проволоке ($a = 40...50$ А/мм²). Диаметр электродной проволоки желательно выбирать таким, чтобы он обеспечивал максимальную производительность сварки при требуемой глубине проплавления. Зависимость напряжения дуги от силы сварочного тока (флюс АН-348А) приведена в табл. 8.

Таблица 8

Сила сварочного тока, А	180...300	300...400	500...600	600...700	700...850	850...1000
Напряжение дуги, В	32...34	34...36	36...40	38...40	40...42	41...43

В табл. 9 приведено влияние силы сварочного тока и его плотности на глубину проплавления.

Таблица 9

Диаметр электродной проволоки, мм	Глубина проплавления, мм					
	3	4	5	6	8	10
2	200/64	300/104	350/127	400/143	500/157	600/200
3	300/43	350/50	400/57	500/71	625/89	750/107
4	375/29	425/36	500/40	550/44	675/53	800/64
5	450/23	500/26	550/28	600/31	725/37	825/42

Примечание. В числителе – сила сварочного тока, А; в знаменателе – плотность тока в проволоке, А/мм².

Вылет электродной проволоки может быть в интервале 30...60 мм. Высокие его значения соответствуют большему диаметру электродной проволоки и большей силе тока.

Расчет скорости подачи электродной проволоки — см. формулу (13).

Коэффициент расплавления электродной проволоки сплошного сечения при сварке под флюсом определяется по формулам:

для переменного тока

$$\alpha_p = 7,0 + 0,04 \frac{I_{св.}}{d_э}; \quad (17)$$

для постоянного тока прямой полярности

$$\alpha_p = 2 + \sqrt{\frac{I_{св.}}{d_э}}; \quad (18)$$

для постоянного тока обратной полярности

$$\alpha_p = 10...12 \text{ г/(А·ч)}. \quad (19)$$

Расчет скорости сварки $V_{\text{св}}$ (скорость перемещения электрода при наплавке одного слоя многослойного шва) — см. формулу (6). При этом принять для расчета $\psi = 0,02 \dots 0,03$ (см. формулу (15)).

Марка флюса выбирается в зависимости от химического состава основного металла и требований, предъявляемых к свойствам наплавленного металла. Наиболее часто употребляются флюсы АН-348А и ОСЦ-45 в сочетании с проволокой марки Св-08А.

Толщина слоя флюса зависит от силы сварочного тока (табл. 10).

Т а б л и ц а 10

Сварочный ток, А	200...400	400...800	800...1200
Толщина слоя флюса, мм	25...35	35...45	45...60

Расчет массы наплавленного металла, времени горения дуги и полного времени сварки — см. формулы (7)...(10), при этом

$$K_{\text{н}} = 0,6 \dots 0,7.$$

Расчет массы наплавленного металла — по формуле (7), расчет расхода электроэнергии, см. формулу (11), выбор оборудования, см. прил. II и III.

Механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой. Для механизированной сварки открытой дугой без дополнительной защиты зоны сварки применяют специальные порошковые проволоки. Наиболее широкое применение в нашей стране нашли проволоки марок ПП-АН1 и ПП-АН3. Проволоки обеих марок обладают хорошими сварочно-технологическими свойствами, минимальной токсичностью сварочного дыма, обеспечивают малое разбрызгивание металла, хорошее формирование шва и отделение шлаковой корки. Коэффициент наплавки проволоки ПП-АН1 — $\alpha_{\text{н}} = 12 \dots 13$ г/(А·ч), ПП-АН3 — $\alpha_{\text{н}} = 12 \dots 17$ г/(А·ч).

Металл швов, выполненных проволокой ПП-АН1, по качеству соответствует металлу, наплавленному электродами типа

Э46, а проволокой ПП-АНЗ — электродами типа Э50. Сварку рекомендуется производить на постоянном токе обратной полярности. Режимы сварки самозащитными порошковыми проволоками приведены в табл. 11. Подготовка кромок под сварку выполняется так же, как и при сварке в CO_2 .

Таблица 11

Толщина свариваемых листов, мм	Параметры режима (ориентировочные)			
	$I_{св}$, А	U_d , В	$V_{пр}$, м/ч	Вылет проволоки, мм
Порошковая проволока ПП-АН1, $d_3 = 2,8$ мм				
3...6	200...240	24...25	100	15...20
8...12	250...300	25...27	120	15...20
14...20	300...350	26...28	170	20...25
Порошковая проволока ПП-АН3, $d_3 = 3$ мм				
5...10	360...380	25...28	140	15...20
10...15	420...450	26...29	170	20...25
15...20	460...490	29...32	210	25...30

Расчет массы наплавленного металла, времени горения дуги, полного времени сварки, см. формулы (7)...(10), при этом $K_n = 0,6...0,7$.

Расход порошковой проволоки рассчитывается путем умножения массы наплавленного металла на коэффициент расхода, представляющий собой расход проволоки в кг на 1 кг наплавленного металла.

Марки порошковой проволоки имеют следующие коэффициенты расхода (табл. 12).

Таблица 12

ПП-АН1	ПП-АН3	ПП-АН4	ПП-АН8
1,35	1,3	1,25	1,2

Расчет расхода электроэнергии – см. формулу (11), выбор оборудования, см. прил. II и III.

Таблица 13

Номер		Наименование		Материал детали
задачи	эскиза	детали	дефектного участка	
1	2	3	4	5
21	1-1	Корпус буксы тележки КВЗ-ЦНИИ	Износ величиной 5 мм стенок Б толщиной 10 мм	Отливка из стали 25Л (ГОСТ 977-88)
22	1-1	То же	Износ величиной 6 мм направляющих мест В мм для пружин	То же
23	1-2	Шпинтон тележки	Износ величиной 5 мм цилиндрической поверхности Б диаметром 67 мм и длиной 214 мм	То же
24	1-2	То же	Износ В резьбы М64 (длина нарезки 30 мм)	То же
25	1-2	То же	Трещина Г длиной 17 мм во фланце толщиной 16 мм	То же
26	1-3	Втулка шпинтона тележки	Износ величиной 5 мм наружной поверхности Б диаметром 87 мм и длиной 214 мм (толщина стенки втулки 8 мм)	Ст5 (ГОСТ 380-94)
27	1-3	То же	Износ А величиной 8 мм	То же
28	1-4	Подпятник тележки	Трещина Д глубиной 12 мм и длиной 250 мм в опорной поверхности толщиной 25 мм	Ст3 (ГОСТ 380-94)

1	2	3	4	5
29	1-4	То же	Износ Г отверстия диаметром 84 мм и глубиной 43 мм для шкворня путем постановки втулки толщиной 6 мм с приваркой ее по периметру с обоих торцов	То же
30	1-5	Коробка скользунов тележки	Сквозная трещина Б длиной 35 мм в вертикальной стенке толщиной 10 мм	То же
31	1-6	Клин тележки ЦНИИ-ХЗ	Износ величиной 9 мм поверхности Б с размерами 135x200 мм, толщина стенки 16 мм.	Отливка из стали 25Л (ГОСТ 977-88)
32	1-7	Триангель тормозной системы грузового вагона	Износ резьбы М 30 (длина нарезки 60 мм) двух цапф Б триангеля	Сталь 09Г2СД (ГОСТ 19281-89)
33	1-8	Корпус автосцепки СА-3	Износ глубиной 3 мм тяговых поверхностей О и П общей площадью 210 см ² малого и большого зуба (толщина стенок 20 мм)	Сталь 20ГФЛ (ГОСТ 977-88)
34	1-8	То же	Износ глубиной 8 мм торцевой поверхности М хвостовика корпуса автосцепки (площадь изношенной поверхности 190 см ² , толщина стенки 50 мм)	То же
35	1-9	Замок автосцепки СА-3	Износ величиной 3мм замыкающей поверхности А площадью 125 см ² (толщина 50 мм)	Отливка из стали 20ГФЛ (ГОСТ 977-88)

1	2	3	4	5
36	1-10	Упорная плита автосцепного устройства	Износ глубиной 4 мм мест А и Б общей площадью 750 см ² (размеры плиты 220x320 мм толщина 45 мм (А) и 57 мм (Б))	Отливка из стали 20Л (ГОСТ 977-88)
37	1-11	Поддерживающая планка автосцепного устройства	Износ глубиной 5 мм поверхности А площадью 828 см ² планки толщиной 20 мм (размер изношенной поверхности в плане 276x300 мм)	Ст 3 (ГОСТ 380-94)
38	1-12	Верхняя обвязка фермы кузова грузового вагона	Заварка трещины 1 с последующей приваркой односторонней профильной накладки 2 угловым швом длиной 960 мм с катетом 5 мм	Сталь 09Г2 (ГОСТ 19281-89)
39	1-13	Нижняя обвязка фермы кузова грузового вагона	Сквозная трещина 1 длиной 120 мм в швеллере толщиной 6 мм, заварка трещины с последующей приваркой односторонней профильной накладки 2 толщиной 5 мм угловым швом длиной 1080 мм с катетом 5 мм	То же
40	1-14	Шкворневая стойка фермы кузова грузового вагона	Сквозная трещина 1 длиной 160 мм в стойке толщиной 7 мм с последующей приваркой односторонней профильной накладки 2 толщиной 7 мм угловым швом длиной 1000 мм с катетом 6 мм	То же

ПРИЛОЖЕНИЕ I

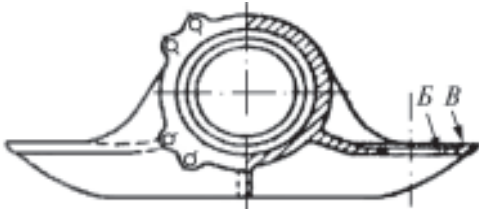


Рис. I-1

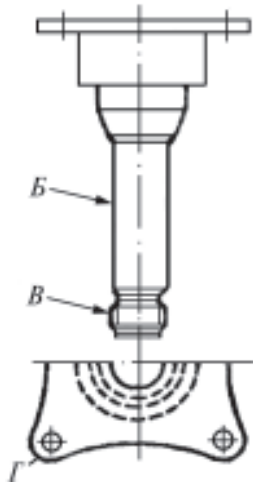


Рис. I-2

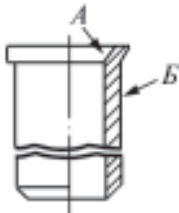


Рис. I-3

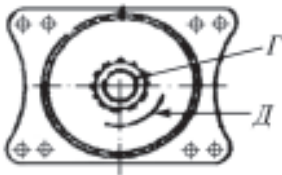


Рис. I-4

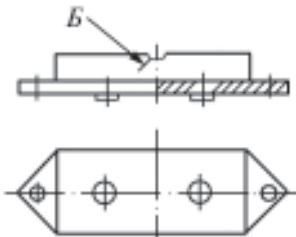
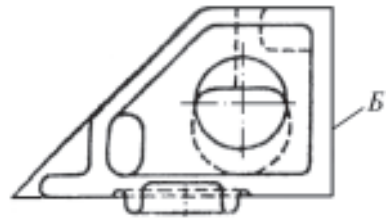


Рис. I-5

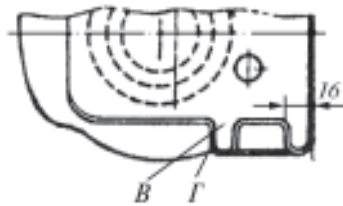


Рис. I-6



Рис. I-7

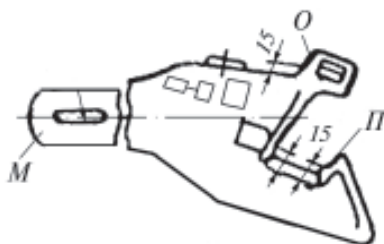


Рис. I-8

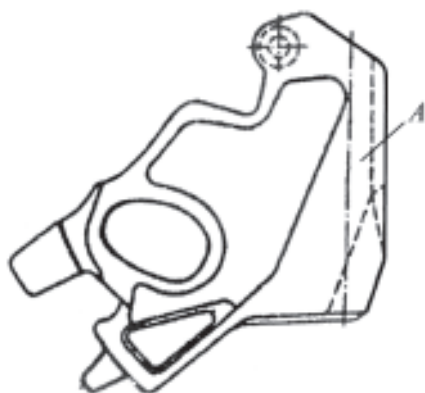


Рис. I-9

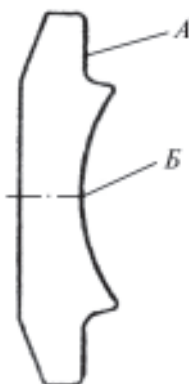


Рис. I-10

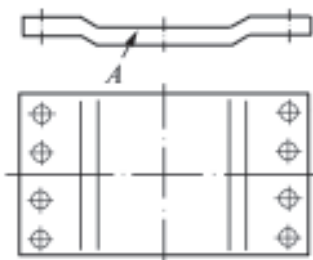


Рис. I-11



Рис. I-12



Рис. I-13

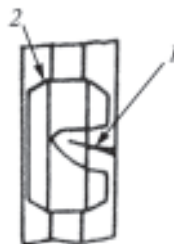


Рис. I-14

Характеристика источников тока для дуговой сварки и наплавки

Тип	Сварочный ток, А		Напряжение, В		Назначение
	Номинальный	Пределы регулирования	Номинальное (рабочее)	Холостого хода	
1	2	3	4	5	6
Трансформаторы передвижные (ПВ-60%)					
ТДМ-317	315	60...360	32	80	Для ручной сварки
ТДМ-401	400	80...460	36	80	
ТДМ-503	500	90...560	40	80	
Трансформаторы стационарные (ПВ-100%)					
ТДФЖ-1002	1000	300...1200	56	120	Для автоматической сварки
ТДФЖ-2002	2000	600...2200	76	120	
Выпрямители с падающей внешней характеристикой (ПВ-60%)					
ВД-306У3	315	50...315	40	60	Для ручной сварки
ВД-401	400	50...315	32	80	
Выпрямители с жесткой внешней характеристикой (ПВ-60%)					
ВДГ-303	315	50...315	40	60	Для механизированной сварки порошковой проволокой в СО ₂
ВС-600М	630	100...630	50	90	
Выпрямители с универсальной внешней характеристикой (ПВ-60%)					
ВДУ-506	500	50...500	50	80	Для ручной и механизированной сварки порошковой проволокой в СО ₂
ВДУ-601	630	60...630	56	92	
Преобразователи сварочные (ПВ-60%)					
ПД-305	315	45...350	32	90	Для ручной сварки и наплавки

Характеристика полуавтоматов и автоматов для дуговой сварки и наплавки

Тип	Источники питания	Техническая характеристика				Назначение
		Номинальный сварочный ток, А	Электродная проволока		Скорость сварки, м/ч	
			Диаметр, мм	Скорость подачи, м/ч		
Полуавтомат ПДГ-309 (А-547)	Выпрямитель ВС-300Б	315	0,8...1,4	160...180	–	Сварка сплошной проволокой в CO ₂
Полуавтомат ПДГ-516	Выпрямитель ВДУ-506	500	1,2...2,0	100...960	–	То же
Полуавтомат ПДО-517 (А-765)	Выпрямитель ВДУ-506	500	1,6...2,0 (сплошная) 1,6...3,0 (поршковая)	120...720	–	Сварка сплошной и порошковой проволокой открытой дугой
Автомат (тракторного типа) АДФ-1002	Трансформатор ТДФЖ-1002	1000	3...5	60...360	12...80	Сварка под флюсом
Автомат (тракторного типа) АДФ-1202	Выпрямитель ВДУ-1201	1250	2...6	60...360	12...120	То же
Автомат (тракторного типа) АДГ-602	Выпрямитель ВДУ-601	630	1,2...3,0	120...720	12...120	Сварка в CO ₂

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Мещеряков В.М. Технология конструкционных материалов и сварка: Уч. пос. — Ростов н/Д: Феникс, 2008. — 316 с.
2. Чернышов Г.Г. Сварочное дело. Сварка и резка металлов: Учеб. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Академия, 2008. — 493 с.

Дополнительная

3. Барышников Ю.Ю. Материаловедение. Неметаллические материалы: Уч. пос. — М.: РГОТУПС, 2001. — 56 с.
4. Материаловедение: Учеб. / Б.Н. Арзамасов и др.; под общ. ред.: Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина; М-во образования РФ. — 5-е изд., стер. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. — 646 с.
5. Баженов В.К., Милых Т.И. Материаловедение: Уч. пос. — М.: РГОТУПС, 2003. — 101 с.
6. Фетисов Г.П., Карпман М.Г., Матюнин В.М. Материаловедение и технология металлов: Учеб. — М.: Высшая школа, 2000. — 638 с.
7. Сварка металлов. Термины и определения основных понятий. ГОСТ 2601 — 84. Изд. Стандартов, 1984. — 52 с.
8. Воронин Н.Н. и др. Материаловедение и технология конструкционных материалов для железнодорожной техники. — М.: Маршрут, 2005. — 456 с.
9. Ресурсосберегающие технологии восстановления железнодорожной техники сваркой, наплавкой и наплавлением: Сборник научных трудов ОАО «ВНИИЖТ» / Под ред. В.Н. Лозинского. — М.: Интекст, 1998. — 272 с.
10. Теория сварочных процессов: Учеб. для вузов / П.В. Коновалов, А.С. Куркин, Э.Л. Маларов, В.М. Неровный, Б.Ф. Якушин / Под ред. В.М. Неровного. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. — 752 с.
11. Виноградов В.М., Черепахин А.А., Шпунькин Н.Ф. Основы сварочного производства: Уч. пос. — М.: Академия, 2008. — 272 с.

12. Моисеенко В.П. Материалы и их поведение при сварке: Уч. пос. — Ростов н/Д.: Изд. «Феникс», 2009. — 300 с.

13. Зарембо Е.Г. Сварочное производство: Учеб. — М.: Маршрут, 2005. — 240 с.

14. Сварка. Введение в специальность: Уч. пос. / Под ред. В.А. Фролова. — М.: Интернет Инжиниринг, 2008. — 384 с.

СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Рабочая программа
и задание на контрольную работу
с методическими указаниями

Редактор *Л.Н. Липкина*
Компьютерная верстка *О.А. Денисова*

Тип. зак.	Тираж 300 экз.	
Подписано в печать 18.04.12	Гарнитура NewtonС	Офсет
Усл. печ. л. 2,5		Формат 60×90 ¹ / ₁₆

Редакционный отдел
Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати
Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2