МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
(МАДИ)

Кафедра технологии конструкционных материалов

Утверждаю
Зав. кафедрой чл.-корр. РАН,
д-р техн. наук, проф. Приходько В.М.
_____
«___» _____ 2014 г.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

МОСКВА
МАДИ
2014

УДК 621.791.75-52
ББК 34.641.510.2
А22

Авторы:
В.Д. Александров, В.Б. Безрук, Б.А. Кудряшов,
М.В. Морщилов, Р.И. Нигметзянов

А22 Автоматическая дуговая сварка под слоем флюса: методические указания к практической работе / В.Д. Александров [и др.]. – М.: МАДИ, 2014. – 28 с.

Практическая работа «Автоматическая дуговая сварка под слоем флюса» соответствует рабочим программам дисциплины «Технология конструкционных материалов» для студентов 1 курса всех механических специальностей МАДИ.

Методическое руководство разработано на основе методик Виктора Яковлевича Попова, Юрия Мурадовича Погосбекяна и Юрия Максимовича Саса.

Работа рассчитана на 4...6 часов учебных занятий.

УДК 621.791.75-52
ББК 34.641.510.2

© МАДИ, 2014

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Цель работы: изучить устройство сварочного оборудования используемого при автоматической дуговой сварке под слоем флюса.

Получить представление о правилах выбора сварочной проволоки, флюса и настройке сварочного автомата.

1.1. Автоматическая дуговая сварка под флюсом

Автоматическая дуговая сварка под флюсом была разработана и внедрена в производство в 1939 г. специалистами Института электросварки АНУССР под руководством акад. Е.О. Патона.

Процесс автоматической сварки под слоем флюса принципиально отличается от ручной дуговой сварки.

В отличие от электрода сварочная проволока не имеет покрытия. Дуга 10 (рис. 1) горит между торцем сварочной проволоки 1 и свариваемой заготовкой 11 под слоем флюса 12 толщиной от 2 до 5 сантиметров.

Сварочная проволока непрерывно поступает в зону сварки с помощью подающих роликов 2 со скоростью подачи *V*п. К сварочной проволоке через скользящий контакт – контактные ролики 15 подключают гибкий медный кабель большого сечения от источника сварочного тока 7. Второй кабель подключают к свариваемой заготовке 11. В зону сварки из специального бункера 13 поступает сварочный флюс. Флюс представляет собой гранулированный порошок, состоящий из ионизирующих, газообразующих и шлакообразующих компонентов. Длину сварочной проволоки от места подвода тока до сварочной дуги (торца проволоки) называют вылетом 14.

Под воздействием тепловой энергии дуги плавится свариваемый металл, сварочная проволока и часть флюса, прилегающая к зоне горения дуги. При горении сварочной дуги 10 пары металла, флюса и газы 3, воздействуя на расплавленный флюс 5, образуют свод 4, который защищает область горения дуги сверху. Расплавленный флюс, имея меньшую плотность, всплывает на поверхность расплавленного металла 9 сварочной ванны. Остывая, флюс покрывает место сварки достаточно плотной шлаковой коркой 6. После сварки шлаковую корку удаляют.

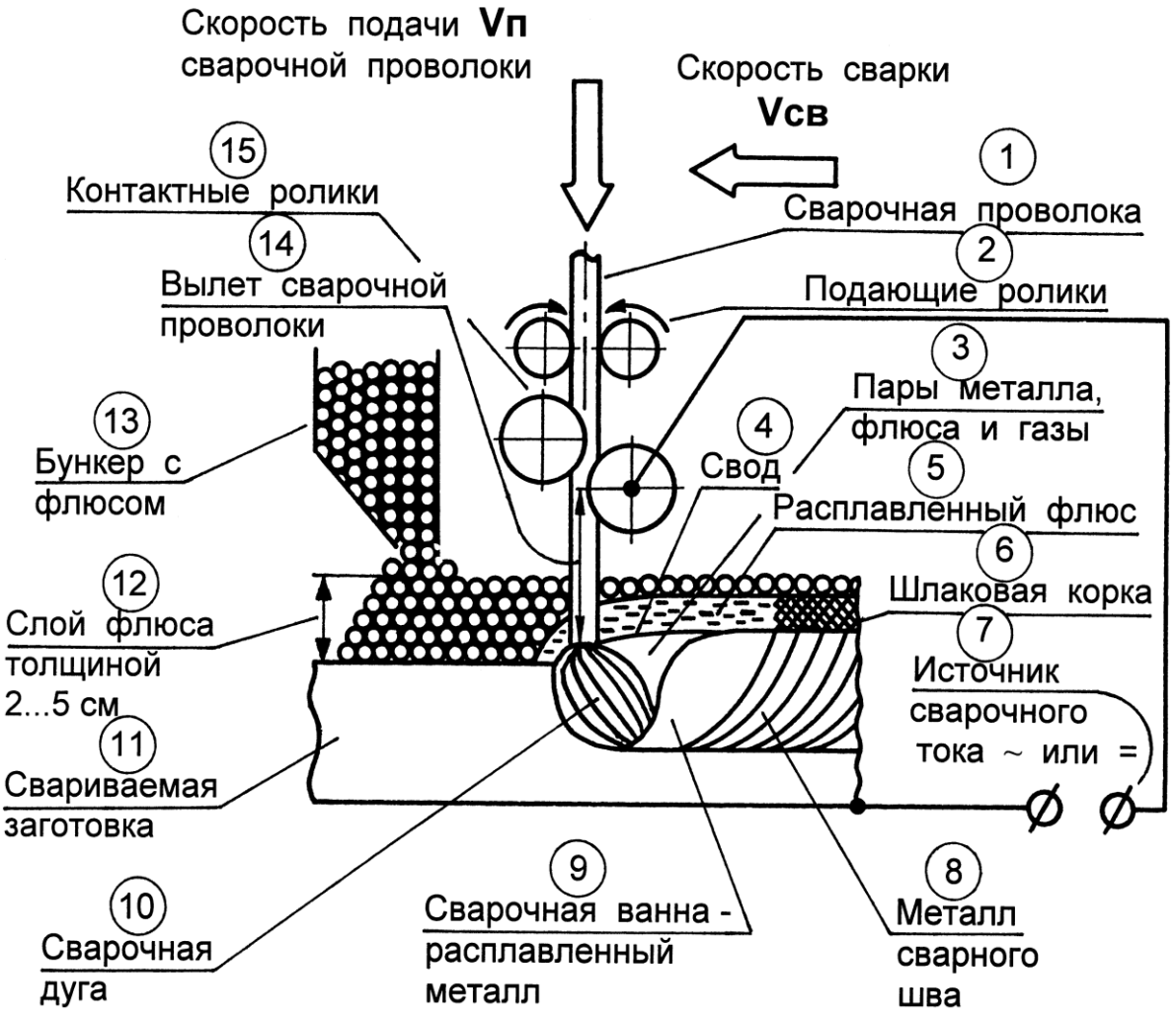


Рис. 1. Схема процесса автоматической сварки под флюсом

В процессе сварки сварочная проволока перемещается вдоль шва со скоростью сварки *V*св, которая согласуется со скоростью подачи сварочной проволоки *V*п. Поэтому при автоматической сварке обеспечивается постоянство длины дуги и соответственно стабильность сварочного процесса. По мере перемещения сварочной дуги расплавленный металл сварочной ванны кристаллизуется и формируется шов 8.

Расплавленный металл сварочной ванны и металл шва защищены от воздуха слоями жидкого шлака, шлаковой корки и флюса. Кроме того, компоненты, входящие в состав флюса, раскисляют и легируют металл.

Таким образом слой флюса:

- практически ликвидирует разбрызгивание расплавленного металла;

- обеспечивает устойчивое горение дуги;
- способствует более полному раскислению и легированию металла сварочной ванны по сравнению с ручной дуговой сваркой;
- защищает жидкий металл от воздействия воздуха;
- обладает низкой теплопроводностью и тем самым замедляет процесс охлаждения, что благоприятно сказывается на улучшении физико-механических характеристик металла шва.

Основными преимуществами сварки под слоем флюса по сравнению с ручной дуговой сваркой являются:

- высокая производительность;
- более высокое качество сварного соединения;
- возможность автоматизации и роботизации процесса сварки;
- улучшение условий труда сварщиков.

Повышение производительности в 5...15 раз, по сравнению с ручной дуговой сваркой, достигается за счет использования больших сварочных токов и стабильности процесса сварки (табл. 1).

Таблица 1

Сила тока при ручной и автоматической сварке

Диаметр электрода *d*эл или проволоки *d*, мм	Сила тока, А	
	Ручная дуговая сварка	Автоматическая сварка под слоем флюса
2	75…100	200...500
3	100...150	350...600
4	150...200	400...800
5	200...300	500...1000

Повышение силы сварочного тока в несколько раз возможно благодаря замене электродного покрытия при ручной сварке на слой флюса толщиной 2...5 см при автоматической и малым (до 40 мм) расстоянием от торца сварочной проволоки до токоподводящего контакта.

Большие силы тока, используемые для автоматической сварки, невозможны при ручной сварке, поскольку металл электрода будет перегреваться (согласно закона Джоуля-Ленца) и не будет попадать в сварочный шов, разбрызгиваясь во все стороны. При автоматической сварке слой флюса плотно облегает сварочную ванну с расплавленным металлом и плавящуюся электродную проволоку, препятствуя разбрызгиванию жидкого металла. Поэтому потери металла на угар и

разбрызгивание при автоматической сварке составляют 1...3%, а при ручной сварке для значительно меньших токов 5...30%.

Увеличение сварочного тока и скорости сварки за счет автоматизации позволяет сваривать металл большей толщины и увеличить количество наплавляемого в шов металла в единицу времени.

Коэффициент наплавки при сварке под слоем флюса равен 16...18 г/(А·ч), что примерно в два раза больше чем при ручной дуговой сварке.

Улучшение качества сварных соединений достигается за счет:

- защиты расплавленного металла от воздействия кислорода, водорода и азота воздуха;
- замедленного охлаждения сварного шва под шлаковой коркой;
- более глубокого проплавления металла, что исключает образование пор, раковин и шлаковых включений в сварных швах;
- улучшения формы шва и сохранения постоянства его физико-механических характеристик.

Основные недостатки автоматической сварки под слоем флюса:

- ограничение использования при отличающихся от горизонтального пространственных положениях швов;
- невозможность визуального наблюдения за процессом формирования шва.

1.2. Оборудование для автоматической дуговой сварки под слоем флюса

Для сварки под слоем флюса в промышленности используют автоматическое и механизированное (полуавтоматическое) сварочное оборудование.

Сварочный автомат АДФ-1000 с плавным регулированием скорости подачи электродной проволоки и скорости сварки, предназначен для автоматической однослойной и многослойной сварки под флюсом на переменном токе:

- соединений встык с разделкой и без разделки кромок;
- прямолинейных стыковых и угловых швов;
- швов в «тавр».

Сварка осуществляется стальной электродной проволокой.

Основные технические характеристики автомата:

- напряжение питающей сети – 380 В;
- напряжение холостого хода не более – 55 В;
- напряжение питания электродвигателя – 42 В;
- номинальный сварочный ток – 1000 А;
- пределы регулирования сварочного тока – 200…1000 А;
- диаметр сварочной проволоки – 2...5 мм;
- скорость сварки *V*св – 0...170 м/ч;
- скорость подачи проволоки *V*п – 26...360 м/ч;
- вместимость кассеты для проволоки – 20 кг;
- емкость бункера для флюса – 10 дм^3.

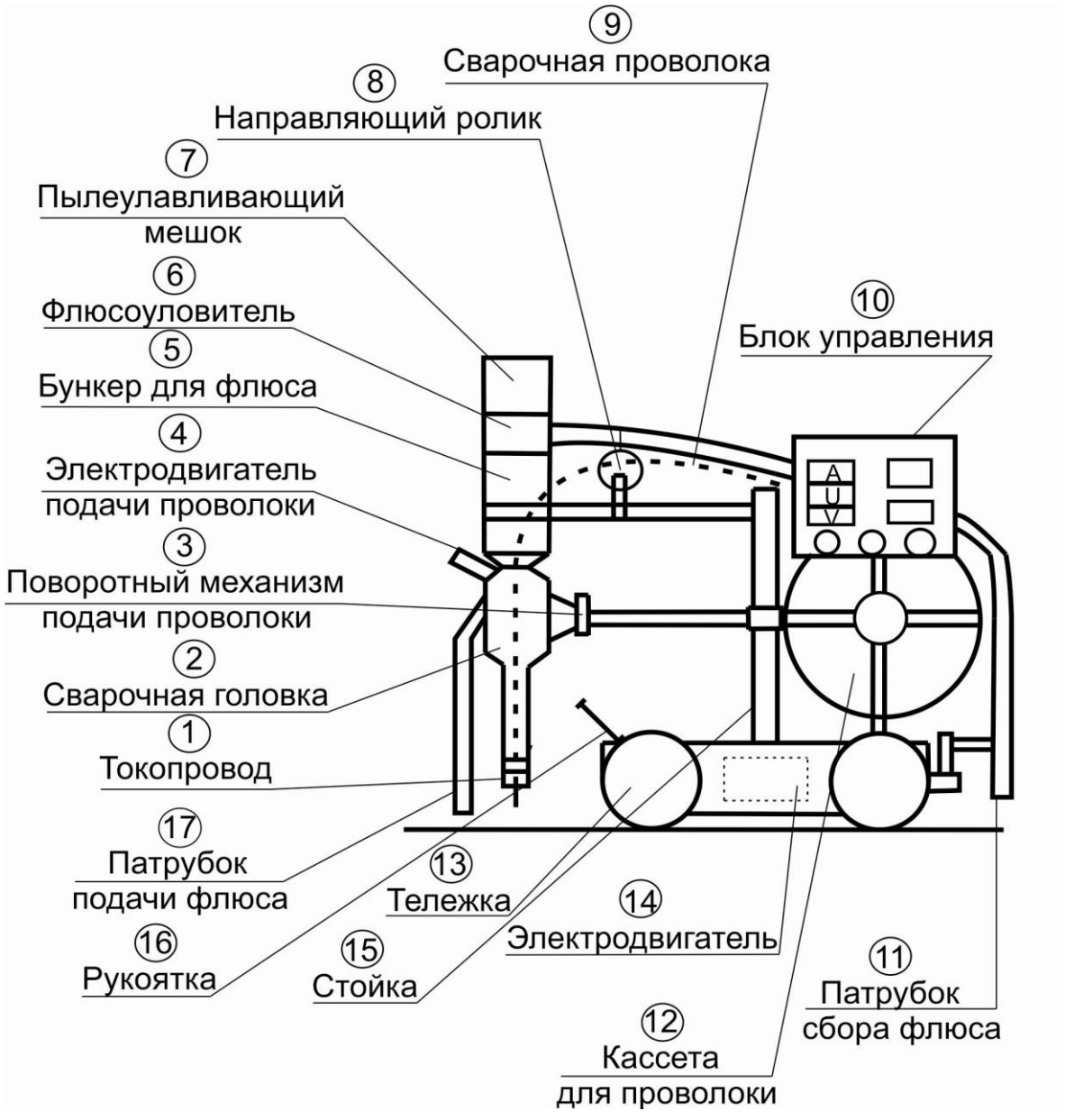


Рис. 2. Сварочный автомат

На тележке 13 сварочного автомата (рис. 2) смонтированы:

- электродвигатель 14;
- стойка 15 для крепления основных механизмов автомата;
- сварочная головка 2 с токоподводом 1;
- кассета для сварочной проволоки 12**;**
- бункер 5 для флюса в сборе с флюсоулавителем 6 и пылеулавливающим мешком 7;
- блок управления 10.

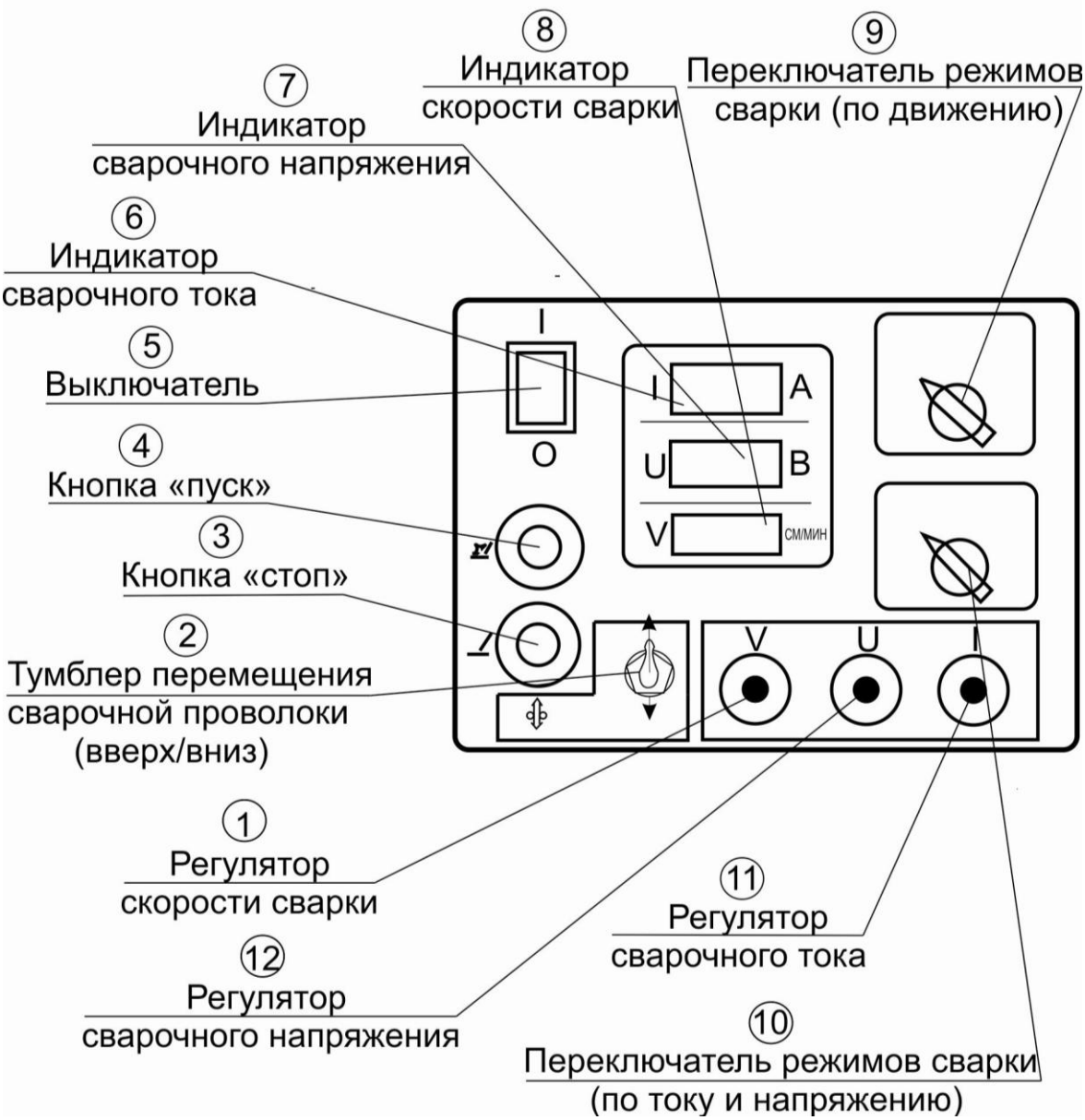


Рис. 3. Лицевая панель блока управления

Блок управления предназначен для регулирования и индикации режимов цикла сварки, а также работой автомата в процессе сварки.

Блок управления состоит из:

- блока управления приводом тележки;
- блока управления сварочным циклом;
- блока измерения и индикации сварочного тока, напряжения и скорости сварки.

На лицевой панели блока управления (рис. 3) расположены (регуляторы с индикацией):

1 – регулятор скорости сварки (скорости движения тележки);

2 – тумблер перемещения сварочной проволоки (вверх/вниз);

3 – кнопка «Стоп» – обеспечивает прекращение сварки;

4 – кнопка «Пуск» – обеспечивает начало цикла сварки;

5 – выключатель напряжения питания автомата;

6 – индикатор сварочного тока;

7 – индикатор сварочного напряжения;

8 – индикатор скорости сварки (см/мин);

9 – переключатель режимов сварки (по движению);

10 – переключатель режимов сварки (по току и напряжению);

11 – регулятор сварочного тока (скорости подачи проволоки);

12 – регулятор сварочного напряжения выпрямителя.

Тележка 13 представляет собой корпус (см. рис. 2), в котором расположен электродвигатель 14, редуктор с приводом, фрикционная муфта и шунт для измерения сварочного тока. Управление фрикционной муфтой производится с помощью рукоятки 16. Для крепления силовых кабелей и кабеля управления сверху тележки расположены прижимные планки.

Перевод с автоматического режима сварки на ручное осуществляется поворотом рукоятки 16 механизма ручного перемещения тележки в положение «Ручное».

Стойка 15 крепится к тележке при помощи кронштейна с цангой, что обеспечивает вращение стойки вокруг вертикальной оси на +/- 90° относительно продольной оси автомата. На стойке крепится сварочная головка 2, а также бункер с флюсом 5.

Бункер 5 оснащен клапаном подачи флюса 17 и сеткой просеивания флюса. Патрубок 11, для пневматического (с помощью сжатого воздуха) сбора неиспользованного флюса, соединен с флюсоулавителем 6.

Сварочная проволока 9 из кассеты 12 с помощью электродвигателя 4, направляющего ролика 8, прижимного, подающего роликов и поворотного механизма 3, связанного со сварочной головкой 2, поступает в зону сварки. Поворотный механизм подачи проволоки 3 предназначен для наклона электродной проволоки вдоль оси шва и сварки угловых швов, а также для регулирования вылета электродной проволоки. Сварочная головка 2 обеспечивает плавную подачу электродной проволоки, флюса и сварочного тока в зону сварки.

Сварочная головка имеет:

- контактную трубку;
- правильный, прижимной и подающий ролики;
- электродвигатель механизма подачи проволоки верх или вниз;
- патрубок для подачи и регулирования толщины слоя флюса в зону сварки.

Начало процесса сварки производится нажатием кнопки «Пуск», что приводит к включению напряжения на сварочном источнике и подачи сварочной проволоки с минимальной скоростью. При замыкании сварочной проволоки на изделие происходит поджог дуги, тележка автомата переходит на предварительно заданную скорость перемещения и начинается процесс сварки. В процессе сварки параметры напряжения, тока и скорости сварки регулируются блоком управления.

Для остановки процесса сварки необходимо нажать кнопку «Стоп». После этого остановится тележка автомата, прекратится подача электродной проволоки, погаснет дуга и отключится выпрямитель.

В комплект оборудования сварочного автомата входят (рис. 3):

- выпрямитель для дуговой сварки марки ВДУ-1250 с блоком управления;
- автомат с блоком управления;
- соединительные медные кабели.

Универсальный сварочный выпрямитель ВДУ-1250 с двумя видами жестких внешних характеристик применяют для автоматической сварки плавящимися электродами под слоем флюса и среде защитного газа. Выпрямитель обеспечивает высокую стабильность горения сварочной дуги.

Основные технические характеристики выпрямителя:

- напряжение питания сети – 380 В;

- номинальный сварочный ток – 1250 А;
- номинальное рабочее напряжение – 44 В;
- напряжение холостого хода – 55В;
- наименьший сварочный ток – 250 А;
- наибольший сварочный ток – 1250 А;
- регулирование сварочного тока – плавное.

Выпрямитель подключают к трехфазной сети переменного тока напряжением 380 В тремя кабелями. Поперечное сечение каждого кабеля около 35 мм^2. Для сварки нужны два силовых кабеля, а третий кабель подключен к блоку управления с напряжением питания 42 В при небольшой силе тока.

По медным кабелям, соединяющим выпрямитель и сварочный автомат, а также выпрямитель и свариваемое изделие, течет сварочный ток. Поперечное сечение каждого силового кабеля 300 мм^2. Корпус сварочного выпрямителя и свариваемое изделие должны быть надежно заземлены.

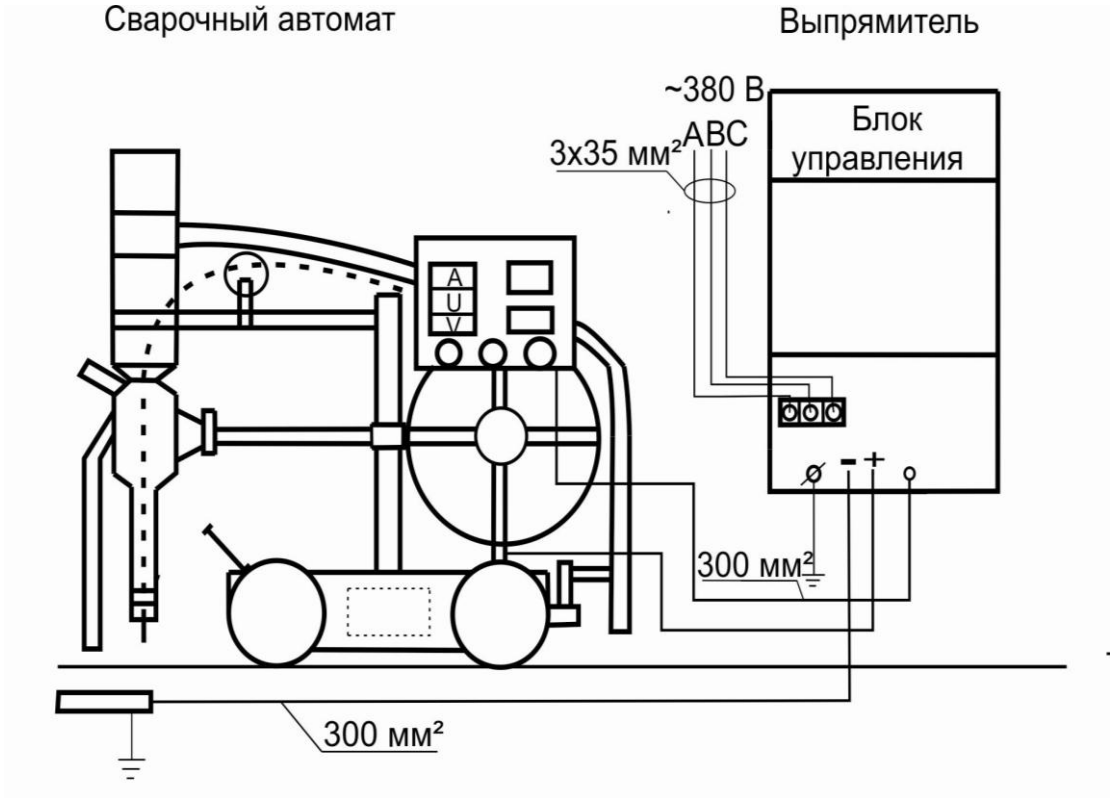


Рис. 4. Схема подключения автомата к выпрямителю

При полуавтоматической сварке автоматизирована только подача сварочной проволоки. Перемещение сварочной головки (держате-

ля сварочной проволоки) вдоль шва осуществляется вручную. Поэтому равномерность и скорость сварки зависит от сварщика.

Шланговые полуавтоматы предназначены для сварки под слоем флюса проволокой диаметром 1,6...2,0 мм токами до 500 А. Сварочная проволока проталкивается механизмом подачи через шланг длиной до 3-х метров. Маленький бункер с флюсом укреплен прямо на сварочной головке (держателе сварочной проволоки). Сварщик может легко управлять задвижкой бункера.

Шланговые полуавтоматы для сварки под слоем флюса используют при выполнении сварных швов сложной формы.

В автомобильной промышленности автоматическая сварка получила широкое применение. Сварку применяют в серийном и массовом производстве для сборки металлических кузовов самосвалов, для сварки балок задних мостов легковых и грузовых автомобилей и других узлов деталей.

1.3. Флюсы и сварочная проволока

Химический состав металла шва и его физико-механические свойства определяются составом сварочной проволоки и флюса. Поэтому флюс и проволоку выбирают как единую систему, обеспечивающую требуемое качество сварных швов. Естественно при изменении марки свариваемой стали будут рекомендованы сварочная проволока и флюс другого химического состава.

В этой практической работе рассматриваются вопросы сварки под слоем флюса заготовок из низкоуглеродистых, низколегированных и высоколегированных сталей.

По способу изготовления флюсы разделяют на *плавленые* и *керамические*. *Плавленый флюс* получают спеканием в электропечах плавикового шпата, алюмосиликатов и алюминатов, с последующим дроблением до величины зерен от 0,25 до 3,0 мм. *Керамические флюсы* представляют собой механическую смесь порошкообразных и зернистых материалов. Основу керамических флюсов составляют мрамор, хлориды щелочно-земельных металлов и плавиковый шпат. Шлаки керамических флюсов имеют основной или нейтральный характер, что обеспечивают сохранность легирующих элементов в металле шва.

Таблица 2

Химический состав стальной сварной проволоки

Марка проволоки	Элементы, % по массе									
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	S	P	Другие элементы
								Не более		
Низкоуглеродистая проволока										
Св-08	≤ 0,1	≤ 0,03	0,35…0,6	≤ 0,15	≤ 0,3	–	–	0,04	0,04	–
Св-08А				≤ 0,12	≤ 0,25			0,03		
Св-08ГА		≤ 0,06	**0,8…1,1**	≤ 0,1	≤ 0,25			0,025	0,03	
Св-10Г2	≤ 0,12		**1,5…1,9**	≤ 0,2	≤ 0,3			0,03		
Низколегированная проволока										
Св-12ГС	≤ 0,14	**0,6…0,9**	**0,8…1,1**	≤ 0,2	≤ 0,3	–	–	0,025	0,03	–
Св-18ХГС	0,15…0,22	**0,9…1,2**	0,35…0,6	**0,8…1,1**		–			0,025	–
Св-08ХМФА	0,06…0,1	0,12…0,3		**0,9…1,2**		**0,5…0,7**				**0,15…0,3V**
Высоколегированная проволока										
Св-08Х16Н8М2Т2Б2	0,05…0,1	≤ 0,6	1,5…2	**15…17**	**7,5…9**	**1,5…2**	**1…1,4**	0,018	0,025	**1,2…1,5Nb**
Св-06Х19Н10М3Т	≤ 0,08	0,3…0,8	1…2	**18…20**	**9…11**	**2…3**	**0,5…0,8**			–

Примечание. Выделены легирующие элементы, обозначенные в марках проволоки.

В таблице 2 приведены различные марки сварочной проволоки и дан их химический состав. Индекс Св означает назначение проволоки – сварочная. Цифра после индекса Св показывает среднее содержание углерода в сотых долях процента. При маркировке легирующих элементов сварочной проволоки сохранен принцип маркировки сталей. Основные легирующие элементы, указанные в марках проволоки, выделены.

Таблица 3

Химический состав плавленых флюсов для сварки сталей

Компоненты	Марка флюса				
	АН-348А	ОСЦ-45	АН-22	АНФ-16	АНФ-1
	Содержание компонентов, % по массе				
CaF_2	4...5,5	6...9	20...24	50...55	92...96
NaF	–	–	–	5...7	–
SiO_2	41...44	38...44	18...21	≤ 5	$\leq 1,5$
MnO	34...38	38...44	7...9	–	–
MgO	5...7,5	$\leq 2,5$	11,5...15	5...9	–
Al_2O_3	$\leq 4,5$	≤ 5	19...23	23...32	–
CaO	$\leq 6,5$	$\leq 6,5$	12...15	≤ 5	4...6
Na_2O, K_2O	–	–	1...2	–	–
Fe_2O_3, не более	2	2	–	–	–
S, не более	0,15	0,15	0,05	0,05	0,05
P, не более	0,12	0,12	0,05	0,05	0,05

Следует отметить, что не все элементы, присутствующие в составе сварочной проволоки, находят свое отражение в ее маркировке. Наиболее часто для полуавтоматической сварки применяют проволоку диаметром от 2 до 3 мм, для автоматической – от 2 до 6 мм. Промышленность выпускает сварочную проволоку следующих диаметров (мм): 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0 и 12,0.

В таблице 3 приведены составы плавленых флюсов для сварки сталей. Фториды кальция CaF_2 и натрия NaF активно содействуют удалению оксидной пленки. При сварке низкоуглеродистых сталей достаточно 4...9% фторидов (флюсы АН-348 и ОСЦ-45), низколегированных – 6...24% фторидов (флюсы ОСЦ-45 и АН-22). При сварке высоколегированных сталей содержание фторидов во флюсе увеличивается до 55...96% (флюсы АНФ-16 и АНФ-1).

В сварочной ванне протекают реакции взаимодействия флюса с расплавленным металлом, подобные реакциям в сталеплавильных

печах. CaO, Na_2O, K_2O взаимодействуют с ненужными и вредными примесями в металле, образуя комплексные соединения. Эти соединения переходят из металла в шлаковую корку и удаляются при скалывании шлака.

SiO_2, MnO, MgO и Al_2O_3 также могут образовывать комплексные соединения с вредными примесями. Кроме того Si, Mn, Mg, Al могут вытесняться из оксидов и в чистом виде переходить в сварной шов, легируя металл и тем самым улучшая его качество.

Fe_2O_3 выполняет функции катализатора химических реакций. Сера и фосфор являются вредными примесями и подлежат удалению в шлак.

В таблице 4 даны наиболее часто применяемые марки сварочной проволоки и флюса для сварки различных сталей.

Таблица 4

Применяемость сварочной проволоки и флюса

Типы сталей	Марки проволоки	Марки флюса*
Низкоуглеродистые Ст 1, Ст 2, Ст3, Ст 4, Сталь 10, Сталь 20, Сталь 30, Сталь 40	Св-08 Св-08А Св-08ГА Св-10Г2	АН-348А ОСЦ-45
Низколегированные 12ГС, 15ГФ, 14Г2, 14ХГС, 12ХСНД, 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 10ХСНД	Св-10Г2 Св-12ГС Св-18ХГС Св-18ХМФА	ОСЦ-45 АН-22
Высоколегированные 08Х12Н8К5М2Т, 08Х12Н7К7М4, 10Х17Н13М2Т, 08Х18Н10Т	Св-08Х16Н8М2Т2Б2 Св-06Х19Н10М3Т	АНФ-16 АНФ-1

Примечание. Мелкозернистые флюсы (0,25…1,6) используют при сварке проволокой диаметром менее 3 мм, а крупнозернистые (1,63…3 мм) – диаметром 3 мм и более.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМА СВАРКИ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Параметрами режима дуговой сварки под слоем флюса являются:

- марка и диаметр сварочной проволоки;
- марка и грануляция флюса;

- род и полярность сварочного тока;
- сила сварочного тока;
- скорость сварки;
- скорость подачи сварочной проволоки.

Марку сварочной проволоки и флюса определяют в зависимости от химического состава свариваемой стали по табл. 4.

Род и полярность сварочного тока заданы источником сварочного тока. В качестве источника тока используют выпрямитель. Следовательно сварочный ток – переменный, полярность отсутствует.

При настройке сварочного трактора непосредственно перед сваркой важно определить и согласовать **основные параметры режима сварки**:

- *диаметр сварочной проволоки;*
- *силу сварочного тока;*
- *скорость сварки;*
- *скорость подачи сварочной проволоки.*

Если все параметры правильно подобрать и согласовать между собой, то сварной шов будет выполнен качественно и в соответствии с желаемыми геометрическими размерами. Дальнейшие действия посвящены именно этому. Начнем с глубины провара, поскольку от нее зависит сила сварочного тока.

Глубина провара *h* (рис. 5) для одностороннего стыкового шва

$$h = 0{,}6 \cdot H,$$

где H – толщина свариваемых заготовок.

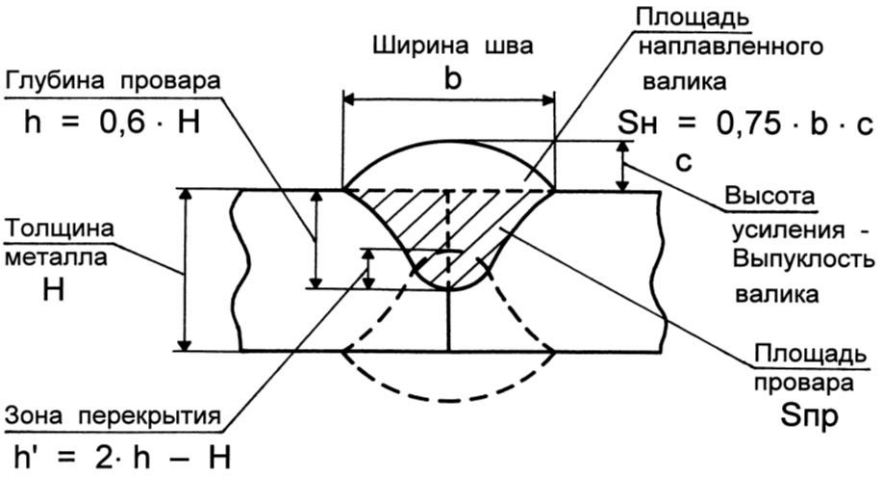


Рис. 5. Двухстороннее сварное соединение без предварительной разделки свариваемых кромок

Если перевернуть сваренные заготовки и наложить второй сварной шов, то образуется двухстороннее сварное соединение. Швы в соединении должны иметь **зону перекрытия**

$$h` = 2 \cdot h - H.$$

Силу сварочного тока определяют исходя из требуемой глубины провара *h*:

$$I\text{св} = \frac{100 \cdot h}{K\text{проп}} \text{ А},$$

где *K*проп = 1,2 – коэффициент пропорциональности.

Для **подбора возможных диаметров сварочной проволоки** используют зависимость:

$$i = \frac{4 \cdot I\text{св}}{\pi \cdot d^2} \text{ А/мм}^2,$$

где *i* – плотность сварочного тока (сила сварочного тока, в амперах приходящаяся на 1 мм^2 площади поперечного сечения сварочной проволоки), А/мм^2. Рекомендуемые плотности сварочного тока *i* для различных диаметров сварочной проволоки даны в табл. 5.

Таблица 5

Подбор возможных диаметров сварочной проволоки

Диаметр сварочной проволоки *d*, мм	2	3	4	5
Рекомендуемая плотность сварочного тока *i*, А/мм^2	65...150	45...90	35...60	30...50

В приведенную выше формулу подставляют значение силы сварочного тока *I*св и диаметра сварочной проволоки *d*. Затем проверяют, попадает ли вычисленное значение плотности тока *i* в рекомендуемый интервал по табл. 5. Если попадает, то проволоку соответствующего диаметра можно использовать. Следует проверить все диаметры проволоки по очереди и отобрать нужные.

Рабочее напряжение сварочной дуги *U*д определяют по табл. 6.

Таблица 6

Зависимость рабочего напряжения сварочной дуги *U*д от силы сварочного тока *I*св

Сила сварочного тока	Напряжение дуги
*I*св $\le$ 600 А	*U*д = 20 + 0,04·*I*св В
*I*св $>$ 600 А	*U*д = 44 В

Отношение ширины шва *b* к глубине провара *h* называют **коэффициентом формы провара**

$$\Psi\text{пр} = \frac{b}{h}.$$

Коэффициент формы провара Ψпр определяют по табл. 7 в зависимости от силы сварочного тока *I*св ***для меньшего или большего*** из возможных диаметров сварочной проволоки *d*.

Таблица 7

Коэффициент формы провара Ψпр

Диаметр сварочной проволоки *d*, мм	Сила сварочного тока *I*св, А					
	400	500	600	700	800	900
	Коэффициент формы провара Ψпр					
2	2,7	2,1	–	–	–	–
3	3,7	3	2,1	–	–	–
4	4,5	3,9	3,3	2,4	–	–
5	–	4,8	3,9	3,3	2,8	2,2

Зная Ψпр, определяют **ширину шва**

$$b = \Psi\text{пр} \cdot h.$$

Отношение ширины шва *b* к высоте (выпуклости) валика с называют **коэффициентом формы валика:**

$$\Psi\text{в} = \frac{b}{c}.$$

Значения коэффициента формы валика для расчета заданы в табл. 8.

Высота усиления (выпуклость):

$$c = \frac{b}{\Psi\text{в}}.$$

Расчетная скорость сварки:

$$V\text{св}^{\text{расч}} = \frac{\text{Кн} \cdot I\text{св}}{\rho \cdot S\text{н}} \text{ м/ч},$$

где Кн – коэффициент наплавки (см. табл. 9), г/(А·ч); ρ = 7,8 г/см^3 – плотность наплавленного металла; *S*н – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва, мм^2.

Коэффициент наплавки Кн [г/(А·ч)] – масса наплавленного на поверхность детали металла в граммах за 1 час, приходящаяся на силу тока в 1 ампер.

Таблица 8

Коэффициент формы валика Ψв

Сила сварочного тока *I*св, А	400	500	600	700	800	900
Коэффициент формы валика Ψв	для вариантов 1...5					
	5	5,5	6	6,5	7	7,5
	для вариантов 6...10					
	6	6,5	7	6,5	8	8,5
	для вариантов 11...15					
	7	7,5	8	8,5	9	9,5
	для вариантов 16...20					
	7,5	7	6,5	6	5,5	5
	для вариантов 21...25					
	8,5	8	7,5	7	6,5	6
	для вариантов 26...30					
	9,5	9	8,5	8	7,5	7

Площадь поперечного сечения наплавленного металла шва:

$$Sн = 0,75 \cdot b \cdot c.$$

Расчетная скорость подачи сварочной проволоки:

$$Vп^{расч} = \frac{4 \cdot Кр \cdot Iсв}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho} \text{ м/ч,}$$

где Кр = 1,03·Кн – коэффициент расплавления, г/(А·ч); *I*св – сварочный ток, А; *d* – диаметр сварочной проволоки, мм; ρ – плотность металла сварочной проволоки, г/см^3.

Таблица 9

Коэффициент наплавки Кн

Сила сварочного тока *I*св, А	400	500	600	700	800	900
Коэффициент наплавки Кн, г/(А·ч)	для вариантов 1...5					
	14	14,5	15	15,5	16	16,5
	для вариантов 6...10					
	14,5	15	15,5	16	16,5	17
	для вариантов 11...15					
	15	15,5	16	16,5	17	17,5
	для вариантов 16...20					
	16,5	16	15,5	15	14,5	14
	для вариантов 21...25					
	17	16,5	16	15,5	15	14,5
	для вариантов 26...30					
	17,5	17	16,5	16	15,5	15

Коэффициент расплавления Кр [г/(А·ч)] – масса расплавленного металла электродной проволоки или электрода в граммах за 1 час, приходящаяся на силу тока в 1 ампер. Коэффициент расплавления при автоматической сварке больше коэффициента наплавки на 1...5%.

Следует рассчитать скорость подачи сварочной проволоки *V*п для меньшего из возможных диаметров *d* сварочной проволоки.

Основное технологическое время сварки:

$$T\text{осн} = \frac{2 \cdot L}{1000 \cdot V\text{св}} \text{ ч},$$

где *L* – общая длина односторонних сварных швов, мм; *V*св – скорость сварки, м/ч.

Определение массы наплавленного металла:

$$m_{\text{н}} = K\text{н} \cdot I\text{св} \cdot T\text{осн} \text{ кг}.$$

Расход сварочной проволоки:

$$m_{\text{пр}} = K\text{р} \cdot I\text{св} \cdot T\text{осн} \text{ кг}.$$

Расход флюса обычно составляет около 20% по массе от расхода сварочной проволоки

$$m_{\text{фл}} = 0,2 \cdot m_{\text{пр}} \text{ кг}.$$

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить задание от преподавателя.
2. Изучить устройство сварочного автомата.
3. Под руководством учебного мастера ознакомиться с работой сварочного автомата в процессе сварки.
4. Пользуясь примером оформления отчета выполнить необходимые вычисления и эскизы.
5. Сдать практическую работу преподавателю. Отчет должен быть выполнен в рабочей тетради ручкой. Эскизы в карандаше.

4. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА

Практическая работа:

«Автоматическая дуговая сварка под слоем флюса»

Студент: Иванов Сергей, группа $1А_3$, вариант 30.

1. Дано (см. пункт 6)

№ варианта	Материл заготовок	Общая длина односторонних сварных швов *L*, мм	Толщина металла *H*, мм	Выбрать диаметр сварочной проволоки
30	08Х18Н10Т	6000	10,5	Больший из возможных

2. Схема сварки под слоем флюса

Выполните рис. 1.

3. Общий вид сварочного автомата

Выполните рис. 2.

4. Основные технические характеристики сварочного автомата:

- напряжение питания электродвигателя – 42 В;
- напряжение холостого хода – 55 В;
- диаметр сварочной проволоки – 2...5 мм;
- скорость сварки *V*св – 0…170 м/ч;
- скорость подачи проволоки *V*п – 26...360 м/ч;
- пределы регулирования сварочного тока *I*св – 200...1000 А.

5. Выбор марки сварочной проволоки и флюса

Сталь 08Х18Н10Т – высоколегированная коррозионностойкая сталь. Содержит 0,08% углерода, 18% хрома, 10% никеля, менее 1% титана. По таблице 4 для такой стали следует использовать:

- сварочную проволоку Св-06Х19Н10М3Т;
- флюс АНФ-1.

Химический состав сварочной проволоки Св-06Х19Н10М3Т в соответствии с табл. 2 (ГОСТ).

Марка проволоки	Элементы, % по массе				
	C	Si	Mn	Cr	Ni
	≤ 0,08	0,3...0,8	1...2	18...20	9...11
Св-06Х19Н10М3Т	Элементы, % по массе				
	Mo	Ti	S	P	Другие элементы
			не более		
	2...3	0,5...0,8	0,018	0,025	–

Химический состав сварочной проволоки Св-06Х19Н10М3Т в соответствии с обозначением – 0,6% углерода, 19% хрома, 10% никеля, 3% молибдена, менее 1% титана.

Химический состав флюса АНФ-1 (см. табл. 3).

Марка	Содержание компонентов,% по массе				
	SiO_2	CaF_2	CaO	S	P
				не более	
АНФ-1	≤ 1,5	92...96	4...6	0,05	0,05

6. Глубина провара для одностороннего стыкового шва

$$h = 0{,}6 \cdot H = 0{,}6 \cdot 10{,}5 = 6{,}3 \text{ мм},$$

где H = 10,5 мм – толщина свариваемых заготовок.

Высота зоны перекрытия:

$$h' = 2 \cdot h - H = 2 \cdot 6{,}3 - 10{,}5 = 2{,}1 \text{ мм}.$$

7. Сила сварочного тока

$$I\text{св} = \frac{100 \cdot h}{K\text{проп}} = \frac{100 \cdot 6{,}3}{1{,}2} = 525 \text{ А},$$

где h = 6,3 мм – глубина провара; Kпроп = 1,2 – коэффициент пропорциональности.

8. Подбор диаметра сварочной проволоки

Проверим по очереди подходят ли нам диаметры сварочной проволоки d = 2 мм, d = 3 мм, d = 4 мм, d = 5 мм.

Для d = 2 мм $$i = \frac{4 \cdot I\text{св}}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 525}{3{,}14 \cdot 2^2} = 167 \text{ А/мм}^2.$$

Для d = 3 мм $$i = \frac{4 \cdot I\text{св}}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 525}{3{,}14 \cdot 3^2} = 74 \text{ А/мм}^2.$$

Для d = 4 мм $$i = \frac{4 \cdot I\text{св}}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 525}{3{,}14 \cdot 4^2} = 42 \text{ А/мм}^2.$$

Для d = 5 мм $$i = \frac{4 \cdot I\text{св}}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 525}{3{,}14 \cdot 5^2} = 27 \text{ А/мм}^2.$$

Плотности тока i для d = 3 мм и d = 4 мм попадают в интервалы, рекомендованные в табл. 5, а для d = 2 мм и d = 5 мм не попадают. Следовательно для сварки можно использовать сварочную проволоку диаметром d = 3 мм или d = 4 мм. В соответствии с вариантом задания выберите *больший* или *меньший* диаметр электрода. Выберем для дальнейших расчетов *больший* диаметр d = 4 мм.

9. Рабочее напряжение дуги при силе сварочного тока Iсв ≤ ≤ 600 А (см. табл. 6)

$$U\text{д} = 20 + 0{,}04 \cdot I\text{св} = 20 + 0{,}04 \cdot 525 = 41 \text{ В},$$

где *I*св = 525 А – сила сварочного тока.

10. Ширина шва *для большего (или меньшего)* из возможных диаметров сварочной проволоки *d* = 4 мм:

$$b = \Psi\text{пр}\cdot h = 3{,}75\cdot 6{,}3 = 23{,}625 \text{ мм},$$

где Ψпр = 3,75 – коэффициент формы провара апроксимирован для *I*св = 525 А и *d* = 4 мм (см. табл. 7); *h* = 6,3 мм – глубина провара.

11. Высота усиления (выпуклость валика) при использовании электродной проволоки диаметром *d* = 4 мм

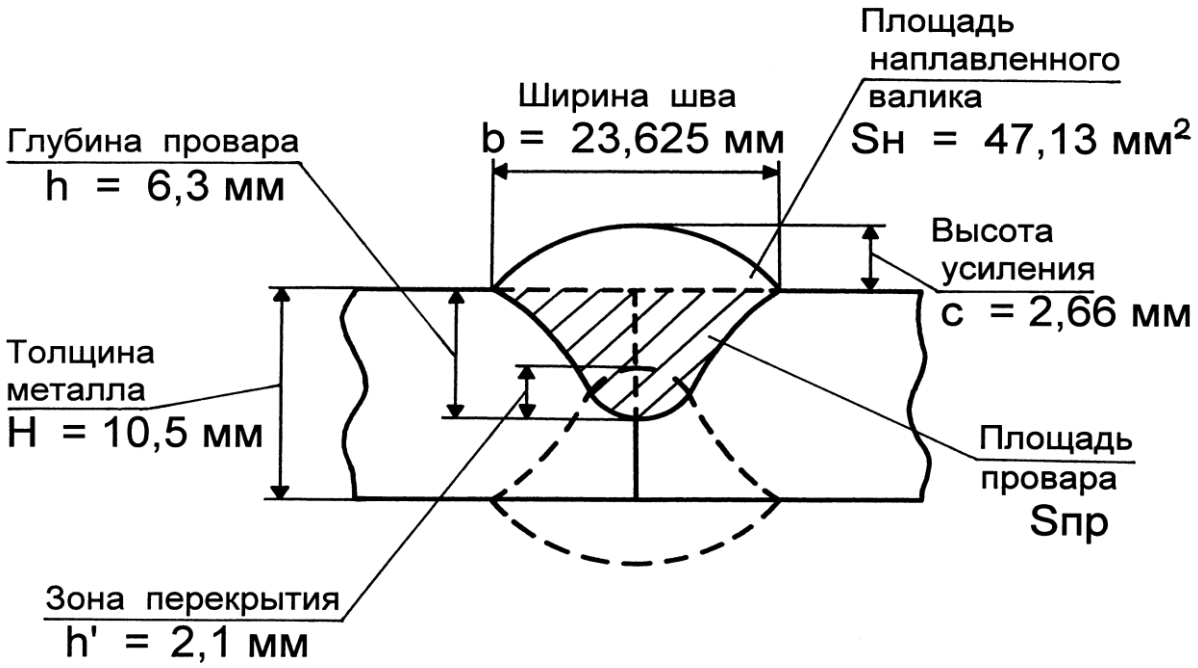
$$c = \frac{b}{\Psi\text{в}} = \frac{23{,}625}{8{,}875} = 2{,}66 \text{ мм},$$

где *b* = 23,625 мм – ширина шва; Ψв = 8,875 – коэффициент формы валика (см. табл. 8).

12. Площадь поперечного сечения наплавленного металла при *d* = 4 мм

$$S\text{н} = 0{,}75\cdot b\cdot c = 0{,}75\cdot 23{,}625\cdot 2{,}66 = 47{,}13 \text{ мм}^2.$$

13. Эскиз поперечного сечения сварного соединения в масштабе в соответствии с размерами



14. Расчетная скорость сварки

$$V\text{св}^{\text{расч}} = \frac{K\text{н}\cdot I\text{св}}{\rho\cdot S\text{н}} = \frac{16{,}875\cdot 525}{7{,}8\cdot 47{,}13} = 24{,}1 \text{ м/ч},$$

где *K*н = 16,875 г/(А·ч) – коэффициент наплавки апроксимирован для *I*св = 525 А (см. табл. 9); ρ = 7,8 г/см^3 – плотность наплавленного ме-

талла; Sн = 47,13 мм^2 – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва; Iсв = 525 А – сила сварочного тока.

15. Расчетная скорость подачи проволоки

$$V\text{п}^{\text{расч}} = \frac{4 \cdot \text{Кр} \cdot I\text{св}}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 1{,}03 \cdot 16{,}875 \cdot 525}{3{,}14 \cdot 4^2 \cdot 7{,}8} = 93{,}1 \text{ м/ч},$$

где Кр = 1,03·Кн коэффициент расплавления, г/(А·ч); Iсв – сварочный ток, А; d – диаметр сварочной проволоки, мм; ρ – плотность металла сварочной проволоки, г/см^3.

16. Основное технологическое время сварки

$$T\text{осн} = \frac{2 \cdot L}{1000 \cdot V\text{св}} = \frac{2 \cdot 6000}{1000 \cdot 23} = 0{,}522 \text{ ч},$$

где L = 6000 мм – общая длина односторонних сварных швов; Vсв = = 23 м/ч – скорость сварки.

17. Определение массы наплавленного металла

mн = Кн·Iсв·Tосн = 16,875·525·0,522 = 4625 г = 4,625 кг.

18. Расход сварочной проволоки

mпр = Кр·Iсв·Tосн = 1,03·16,875·525·0,522 = 4763 г = 4,763 кг.

19. Определение расхода флюса

mфл = 0,2·mпр = 0,2·4,763 = 0,953 кг.

Результаты расчета

Название величины	Обозначение	Численное значение
Глубина провара	h	6,3 мм
Сила сварочного тока	Iсв	525 А
Диаметр проволоки	d	3 мм
		4 мм
Рабочее напряжение дуги	Uд	41 В
Коэффициент формы провара	Ψпр	3,75
Ширина шва	b	23,625 мм
Высота валика	c	2,66 мм
Коэффициент формы валика	Ψв	8,875
Площадь поперечного сечения наплавленного металла шва	Sн	47,13 мм^2
Расчетная скорость сварки	Vсв$^{\text{расч}}$	24,1 м/ч
Скорость сварки обеспечиваемая автоматом	Vсв	23 м/ч
Расчетная скорость подачи проволоки	Vп$^{\text{расч}}$	93,1 м/ч
Скорость подачи обеспечиваемая автоматом	Vп	95 м/ч
Основное время сварки	Tосн	31,3 мин
Масса наплавленного металла	mн	4,625 кг
Расход сварочной проволоки	mпр	4,763 кг
Расход флюса	mфл	0,953 кг

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Отличия ручной и автоматической сварки.

2. Преимущества и недостатки ручной дуговой и автоматической сварки.

3. Назначение и технические характеристики сварочного автомата АДФ-1000.

4. Устройство сварочного автомата.

5. Регулирование скорости подачи сварочной проволоки и скорости сварки.

6. Подключение автомата к электрической сети.

7. Полуавтоматическая сварка под слоем флюса.

8. Принципы подбора сварочной проволоки и флюса для сварки конкретной стали.

9. Керамические и плавленые флюсы.

10. Маркировка и диаметр сварочной проволоки.

11. Параметры режима сварки под слоем флюса. Основные параметры.

12. Геометрические параметры сварного шва.

13. Коэффициенты наплавки Кн и расплавления Кр.

14. Время сварки, расход флюса и сварочной проволоки, масса наплавленного металла.

6. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

№ вариан-та	Материал заготовок	Общая длина односторонних сварных швов *L*, мм	Толщина металла *H*, мм	Выбрать диаметр сварочной проволоки
1	Ст 1	2000	8	Меньший из возможных
2	12ГС	2500	10	
3	Ст 2	3000	12	
4	15ГФ	3500	14	
5	08Х12Н8К5М2Т	4000	16	
6	Ст 3	4500	9	Больший из возможных
7	14Г2	5000	11	
8	Ст 4	2000	13	
9	14ХГС	2500	15	
10	08Х12Н7К7М4	3000	17	
11	Сталь 10	3500	8	
12	15ХСНД	4000	10	
13	Сталь 15	4500	12	
14	12Х1МФ	5000	14	
15	10Х17Н13М2Т	2000	16	Меньший из возможных
16	Сталь 20	2500	9	
17	15Х1М1Ф	3000	11	
18	Сталь 25	3500	13	
19	10ХСНД	4000	15	
20	08Х18Н10Т	4500	17	
21	Ст 1	5000	8	
22	15ГФ	2000	10	
23	Ст 3	2500	12	
24	14ХГС	3000	14	
25	10Х17Н13М2Т	3500	16	Больший из возможных
26	Сталь 15	4000	9	
27	15ХСНД	4500	11	
28	Сталь 25	5000	13	
29	15Х1М1Ф	2000	15	
30	08Х18Н10Т	6000	10,5	***Пример***

**Значения коэффициента формы провара $\Psi_{пр}$ даны в табл. 7, коэффициента формы валика $\Psi_{в}$ в табл. 8, а коэффициента наплавки Кн в табл. 9. В случае промежуточного значения силы сварочного тока апроксимируйте значение коэффициентов.*

СОДЕРЖАНИЕ

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ 3
1.1. Автоматическая дуговая сварка под флюсом 3
1.2. Оборудование для автоматической дуговой сварки под слоем флюса 6
1.3. Флюсы и сварочная проволока 12

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМА СВАРКИ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ 15

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ 20

4. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА 20

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ 25

6. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ 26

АЛЕКСАНДРОВ Виктор Дмитриевич
БЕЗРУК Валерий Борисович
КУДРЯШОВ Борис Александрович
МОРЩИЛОВ Максим Витальевич
НИГМЕТЗЯНОВ Равиль Исламович

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Редактор Т.А. Феоктистова

Подписано в печать 10.10.2014 г. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 1,75. Тираж 500 экз. Заказ . Цена 35 руб.
МАДИ, 125319, Москва, Ленинградский пр-т, 64.