



Утверждаю:

Генеральный директор

ООО «Андромета»

А.А. Шухардин

11 января 2016 года



ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКЕ ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА

ТР 82866678-3-2016

г. Обнинск
2016

Оглавление

I. Влияние параметров режимов для всех процессов автоматической сварки под флюсом	1
II. Односторонняя сварка под слоем флюса с двусторонним формированием шва	17
III. Типовые режимы автоматической сварки под слоем флюса	26
IV. Требования к квалификации сварщиков, контролеров и ИТР	33
V. Требования к основным материалам	34
VI. Сварочные материалы и контроль их качества	34
VII. Сварочное оборудование и приборы для дефектоскопии	37

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ПРОЦЕССА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШВА

I. Влияние параметров режимов для всех процессов автоматической сварки под флюсом

I.1. Общие положения по параметрам режима автоматической сварки под слоем флюса

Параметры режима сварки зависят от толщины, свойств свариваемого металла, типа соединения. Параметры режима делят на основные и дополнительные.

• К основным параметрам сварки под флюсом относят: ток, его род и полярность, напряжение дуги (напряжение на электродах), диаметр (сечение) электродной проволоки, скорость сварки – скорость образования шва. При сварке под флюсом с постоянной скоростью подачи электродной проволоки часто вместо тока оперируют определяющим его понятием «скорость подачи электродной проволоки» (м/ч). Чем выше скорость подачи, тем больше должен быть ток, чтобы расплавить проволоку, подаваемую в сварочную ванну.

• К дополнительным параметрам режима сварки под флюсом относят: вылет электродной проволоки, состав и строение флюса (плотность, размеры частиц), толщина слоя флюса, положение изделия и электрода в пространстве при сварке.

Основным условием для успешного ведения процесса сварки является поддержание стабильного горения дуги. Для этого определенной силе сварочного тока должна соответствовать своя скорость подачи (расплавления) электродной проволоки. Скорость подачи должна повышаться с увеличением вылета электрода. При его постоянном вылете увеличение скорости подачи проволоки уменьшает напряжение. При использовании легированных проволок, имеющих повышенное электросопротивление, скорость подачи должна возрастать.

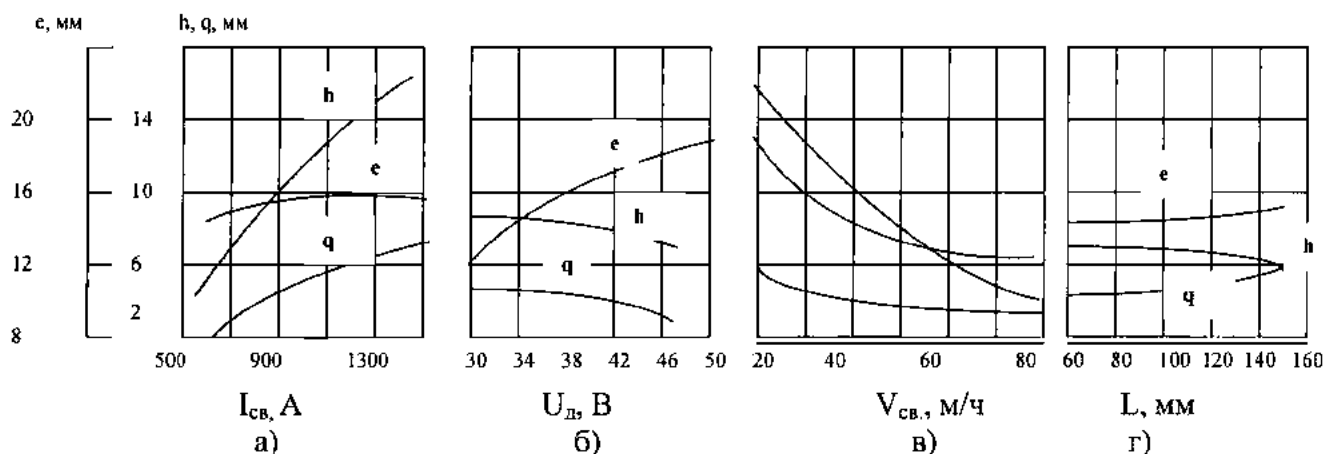


Рис. 1 Изменение ширины e и выпуклости q шва и глубины проплавления h в зависимости от параметров режима (а - в) и вылета электрода (г): $U_{д}$ – напряжение дуги; $I_{св.}$ – сварочный ток; $V_{св.}$ – скорость сварки.

Основными размерами швов, выполненных сваркой под флюсом, которые оказывают влияние на качество и работоспособность сварных соединений, являются ширина и высота лицевой и обратной сторон шва

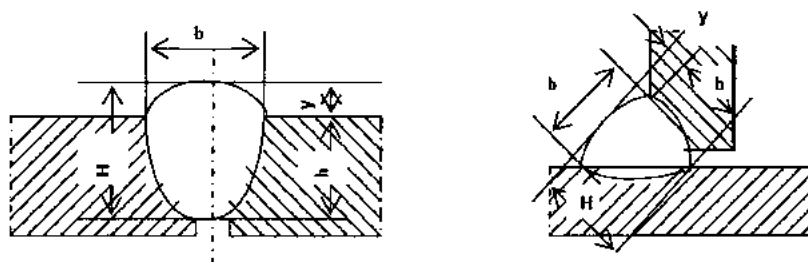


Рис. 2 Основные размеры шва при дуговой сварке

Размеры и форма шва при сварке под флюсом характеризуются глубиной провара (h), шириной шва (b), высотой утолщения - усиления (y), толщиной шва (H), коэффициентом формы провара $\Psi_n = b/h$, коэффициентом формы утолщения (валика) $\Omega = b/y$ и др.

Коэффициент формы сварного шва – коэффициент, выраженный отношением ширины стыкового или углового шва к его толщине он может изменяться от 0,5 до 4.

Коэффициент формы провара. Коэффициент формы провара определяется соотношением между шириной шва и глубиной провара. $\Psi_n = b/h = (0,8...4)$, оптимальное его значение равно $1,3...2,0$.

Коэффициент формы валика (утолщения) – отношение ширины шва к его выпуклости $\Omega = b/y = 7...10$

Для количественной оценки двухстороннего шва может быть применена величина перекрытия провара (обычно от 3 до 4 мм при сварке под флюсом и 1,5 ... 2 мм при сварке в защитных газах независимо от толщины свариваемого металла).

От размеров и формы шва в значительной степени зависит стойкость его против образования кристаллизационных трещин, плавность перехода от основного металла к металлу шва и вероятность образования дефектов формирования шва (наплывы, подрезы, непровары, бугристость, соски и др.).

Установлено, что размеры шва и формы провара практически не зависят от типа шва – типа сварного соединения (валик, угловой шов, стыковой шов, сварка без разделки кромок и зазор, сварка с разделкой кромок или зазор). Например, форма и размеры углового шва таврового соединения полностью совпадают с формой и размерами стыкового шва с углом раскрытия кромок 90° .

Удовлетворительному качеству формирования шва с обеих сторон, соответствуют вполне определенные размеры лицевой и обратной сторон шва, т.е. определенная форма.

Закономерности изменения формы шва обусловлены главным образом режимом сварки.

Режим сварки – совокупностью факторов, определяющих условия протекания процесса сварки. Сами факторы называются элементами (составляющими параметрами) режима сварки.

1.2. Влияние основных параметров автоматической сварки под флюсом на геометрические размеры шва при двухсторонней сварке

На рис.1 показано влияние изменения основных параметров сварки на размеры шва.

Закономерности относятся к случаю наплавки, когда глубина провара $\leq 0,7... 0,8$ толщины основного металла. При большей глубине провара ухудшение теплоотвода от нижней части шва приводит к резкому росту провара – вплоть до прожога и к заметному изменению формы и размеров шва.

При рассмотрении вопроса о влиянии одного из элементов режима все остальные элементы принимаются постоянными. В сварочной практике обычно изменение одного из элементов режима, как правило, сопровождается изменениями и других элементов, что и обеспечивает получение шва заданной формы и размеров.

Глубина провара и ширина шва зависят практически от всех параметров режима сварки.

- Сварочный ток оказывает наибольшее влияние на форму и размеры шва. При увеличении сварочного тока интенсивно повышаются глубина проплавления и высота усиления шва, а его ширина возрастает незначительно, при уменьшении сварочного тока все происходит наоборот. Такое влияние тока на глубину провара обуславливается изменением давления, оказываемого столбом дуги на поверхность сварочной ванны, и увеличением или уменьшением погонной энергии сварки – энергии, затраченной на единицу длины сварного шва при сварке плавлением.

- Напряжение на электродах при дуговой сварке с шириной шва связано прямой зависимостью. Из всех элементов режима сварки напряжение на электродах оказывает наибольшее влияние на ширину шва и является элементом режима, за счет которого изменяют ширину шва в желаемом направлении. Повышение напряжения на дуге увеличивает ширину сварного шва, глубина проплавления практически не меняется, высота выпуклости снижается. При уменьшении напряжения ширина уменьшается.

- Влияние скорости сварки на глубину проплавления и ширину шва носит сложный характер. При малых скоростях сварки (порядка $10...12$ м/ч) глубина провара при прочих равных условиях минимальна. Это связано с тем, что при вертикальном расположении дуги, снижается интенсивность вытеснения сварочной ванны из-под основания дуги. При этом у основания дуги образуется слой жидкого металла, который препятствует проплавлению основного металла. При увеличении скорости сварки давление дуги все больше вытесняет жидкий металл, толщина прослойки жидкого металла под дугой уменьшается, и глубина проплавления возрастает. Так, при сварке под флюсом увеличение скорости сварки от 10 до 20 м/ч приводит к увеличению глубины провара, изменение скорости от 20 до 25 м/ч глубина проплавления практически не изменяется. При дальнейшем увеличении скорости сварки ($> 20...25$ м/ч) заметно снижается погонная энергия, и глубина проплавления начинает уменьшаться. В пределах часто применяемых режимов сварки глубина провара лишь незначительно изменяется с изменением скорости сварки. Ширина шва связана со скоростью сварки обратной зависимостью. Увеличение скорости сварки приводит к уменьшению ширины шва, а уменьшение скорости сварки – к увеличению ширины шва, что связано с уменьшением подвижности дуги при повышении скорости ее передвижения. Такая закономерность сохраняется при всех значениях скоростей сварки. Изменение скорости сварки является

весьма эффективным средством изменения ширины шва при всех способах дуговой сварки. Во всех случаях при увеличении скорости сварки ширина шва уменьшается. При скорости сварки **70...80 м/ч** по обеим сторонам шва возможны несплавления с кромкой или подрезы.

- Диаметр электродной проволоки заметно влияет на форму и размеры шва, особенно на глубину проплавления. При уменьшении диаметра электрода (при одном и том же токе) увеличивается плотность тока, уменьшается подвижность столба дуги и соответственно увеличивается глубина проплавления. Увеличение диаметра приводит к уменьшению глубины провара. Особенно четко влияние диаметра электрода на глубину провара сказывается при сварке на небольших токах. При возрастании тока (свыше 800 А) влияние диаметра электрода сглаживаются. Ширина шва увеличивается с увеличением диаметра электрода, что вызвано увеличением для этого случая подвижности столба дуги. Уменьшение диаметра электрода сопровождается уменьшением ширины шва.

- Род и полярность тока влияют на глубину провара и ширину шва. По сравнению с постоянным током прямой полярности сварка на постоянном токе на обратной полярности на 40...50%, а на переменном, на 25...30% увеличивает глубину проплавления. При сварке переменным током глубина провара на 15...20% меньше, чем при сварке постоянным током обратной полярности. Это связано с тем, что на аноде и катоде выделяется различное количество теплоты. На ширину шва изменение рода и полярности тока оказывает следующее влияние: при сварке постоянным током при прямой полярности ширина шва уменьшается по сравнению со сваркой постоянным током обратной полярности и, следовательно, по сравнению со сваркой переменным током. Наиболее четко снижение ширины шва в зависимости от полярности тока проявляется при повышенном напряжении дуги и поэтому имеет практическое значение только при сварке под флюсом.

- Подогрев - изменение температуры изделия в пределах от +60 до +100°C практически не влияет на размеры и форму шва. При подогреве изделия до более высокой температуры от 100 до 400°C возрастает глубина провара и особенно ширина шва. Ширина шва растет быстрее, чем глубина провара.

- Наклон электрода вдоль шва и положение детали также отражаются на форме шва. Обычно сварку выполняют вертикально расположенным электродом, но в отдельных случаях она может проводиться с наклоном электрода углом вперед или углом назад. При сварке углом вперед жидкий металл подтекает под дугу, толщина его прослойки увеличивается, а глубина проплавления уменьшается. Сварка углом назад уменьшает прослойку у основания столба дуги, и проплавление возрастает. Ширина шва при сварке углом назад несколько уменьшается, а при сварке углом вперед ширина увеличивается по сравнению со сваркой вертикальным электродом. Сварка электродом с наклоном углом вперед применяется для повышения скорости автоматической сварки под флюсом при много дуговой сварке.

- Сварка на подъем увеличивает глубину проплавления и вероятность прожога. При сварке на спуск металл сварочной ванны, подтекая под дугу, уменьшает глубину проплавления, поэтому возможно образование несплавления и шлаковых включений. Нормальное, характерное при сварке в нижнем положении формирование шва достигается при сварке под флюсом при угле наклона до 3...4°. При больших углах наклона нарушается нормальное формирование шва из-за подтекания жидкого металла под основание дуги при сварке на спуск и из-за непроваров и подрезов по кромкам при сварке на подъем.

- Состав флюса (его гранулометрический состав). Флюсы отличаются стабилизирующими свойствами, объемной массой, газониронируемостью в жидком состоянии и вязкостью. С повышением стабилизирующих свойств флюса увеличиваются длина дуги и напряжение, вследствие чего возрастает ширина шва и уменьшается глубина провара. Насыпная (объемная) масса флюса оказывают заметное влияние на форму и размеры шва. Чем меньше насыпной вес флюса, тем больше объем полости, образующейся вокруг столба дуги, и тем большей подвижностью обладает дуга. При этом ширина шва увеличивается, а глубина провара падает. При увеличении насыпной массы флюса, уменьшается объем газовой полости (что уменьшает блуждание дуги), возрастает давление в полости и расплавленный металл легче оттесняется из-под дуги. Прослойка жидкого металла под дугой становится меньше и улучшается теплоотдача от дуги к основному металлу. При этом глубина проплавления возрастает, ширина шва уменьшается. Толщина слоя флюса может быть от 40 (20) до 80 (40) мм и шириной от 40 (30) до 100 (50) мм (зависит от диаметра электрода и тока сварки). Чем больше толщина свариваемого металла и ширина шва, тем больше толщина и ширина слоя флюса. Швы, сваренные под стекловидными плавными флюсами (насыпная масса 1,4 ... 1,7 г/см³), имеют меньшую ширину, чем швы, сваренные под пемзовидным флюсом (насыпная масса 0,7 ... 0,9 г/см³). Гранулометрический состав флюса (размер его зерна) также влияет на форму шва. Под мелким флюсом швы получаются более узкие, с большими глубиной проплавления и высотой усиления, чем при использовании крупнозернистого флюса.

- Влияние зазора между кромками на форму, очертания и размеры шва незначительно, но заметно сказывается на соотношении долей электродного и основного металла в шве. Чем больше зазор или

площадь сечения разделки кромок, тем меньше доля основного металла в шве. Для увеличения глубины проплавления, часто используют разделку кромок. С увеличением зазора, между свариваемыми элементами, увеличивается проплавление, уменьшается ширина и высота шва.

- Увеличение вылета электрода. При увеличении вылета электрода возрастает интенсивность подогрева его током, увеличивается скорость плавления электродного металла и уменьшается давление дуги на жидкую ванну, в результате чего снижается ток и уменьшается количество вытесненного жидкого металла из-под электрода, а, следовательно, и глубина провара. При уменьшении величины вылета электрода наблюдаются обратные процессы - увеличивается ток и давление дуги. При сварке электродной проволокой диаметром 3 мм и выше изменение величины вылета в пределах $\pm 4 - 6$ мм не оказывает заметного влияния на формирование шва. При сварке проволокой 1,0 – 2,5 мм такие колебания в величине вылета могут привести к ухудшению формирования шва.

- Состав и свойства основного металла оказывает существенное влияние на форму сварочной ванны и в первую очередь на глубину проплавления и ширину шва. Так, при сварке углеродистой конструкционной стали, высоколегированной стали и алюминия наибольшая глубина проплавления получается при сварке алюминия, средняя – для высоколегированной стали и минимальная – при сварке углеродистой стали. Это связано с теплопроводностью и удельным весом металлов и сплавов.

- Коэффициент формы провара. Коэффициент формы провара определяется соотношением между шириной шва и глубиной провара. При дуговой сварке и наплавке значение коэффициента формы может изменяться от 0,5 до 20 (практически при сварке под слоем флюса используется коэффициент формы провара $\Psi = b/h = 0,8 \dots 4$). Все изменения элементов режима, вызывающие уменьшение ширины шва и увеличение глубины провара, вызывают уменьшение коэффициента формы, а все изменения элементов режима, приводящие к увеличению ширины шва и уменьшению глубины провара, приводят к увеличению коэффициента формы провара.

По степени воздействия на значение коэффициента формы элементы режима можно расположить в такой последовательности:

- Ток – увеличение тока приводит к резкому возрастанию глубины провара и практически не отражается на ширине шва. Следовательно, увеличение тока приводит к снижению коэффициента формы шва.
- Скорость сварки – увеличение скорости сварки приводит к уменьшению ширины шва и не оказывает существенного влияния на глубину проплавления. Следовательно, увеличение скорости сварки приводит к уменьшению коэффициента формы провара, а уменьшение скорости сварки – к повышению его значения.
- Напряжение сварки – увеличение напряжения сварки приводит к заметному увеличению ширины провара, к незначительному изменению глубины провара и, как следствие – к увеличению коэффициента формы провара. Уменьшение напряжения сварки приводит к уменьшению коэффициента формы провара.
- Диаметр электрода – уменьшение диаметра электродной проволоки приводит к увеличению глубины провара и уменьшению ширины шва, а, следовательно, к достаточно резкому уменьшению коэффициента формы шва. Увеличение диаметра электродной проволоки оказывает обратное действие.
- Наклон электрода углом вперед – приводит к увеличению коэффициента формы провара за счет увеличения ширины шва и уменьшения глубины провара.

На значение коэффициента формы провара оказывают влияние и другие элементы сварочного режима, однако они сказываются в значительной меньшей степени, чем перечисленные выше.

- Вид сварного соединения - при сварке стыковых однослойных швов всех слоев многослойного шва, кроме первого, и при наплавочных работах коэффициент формы провара может изменяться в широких пределах. При сварке же углового однослойного шва и первого слоя многослойного углового или стыкового швов коэффициент формы провара, при котором обеспечивается его удовлетворительное формирование, определяется геометрией соединения и меняется в весьма незначительных пределах. Увеличение коэффициента формы выше определенного значения приводит к подрезу кромок или к непровару притупления в соединениях. Ограниченные возможности для увеличения коэффициента провара при сварке угловых швов и первого слоя многослойного шва выше 2,3 при малом проваре основного металла и 1,5 при сварке с более глубоким проваром в значительной степени определяют трудности обеспечения стойкости металла этих швов против образования кристаллизационных трещин, особенно при сварке основного металла с повышенным содержанием углерода, и увеличения скорости сварки угловых швов. В настоящее время освоена сварка стыковых швов со скоростью 180 ... 220 м/ч, а максимальная скорость при сварке угловых швов достигает всего 85 ... 90 м/ч.

- Коэффициент формы утолщения. Коэффициент формы утолщения определяется отношением ширины шва к высоте утолщения (которая зависит от количества наплавляемого на единицу длины шва электродного металла и ширины шва). Нормальная форма поверхности шва обеспечивается при

коэффициенте утолщения $\Omega = b/y > 5$. При меньшем значении коэффициента не обеспечивается плавность перехода от металла шва к основному металлу.

Все изменения режима, определяющие уменьшение ширины шва и увеличение количества вводимого в шов электродного металла, приводят к уменьшению коэффициента утолщения. К таким элементам в первую очередь относятся: увеличение тока, уменьшение диаметра электрода и уменьшение напряжения сварки. Изменение этих параметров режима сварки в обратном направлении приводят к увеличению коэффициента формы утолщения.

Таблица №1

Требования к форме стыкового и углового швам

№	Ссыл-ка на ISO 6520 1:1998	Описание дефекта	Примечания	t мм	Пределы дефектов по уровням качества		
					D	C	B

1. Дефекты поверхности

Таблица 1 ISO 5817

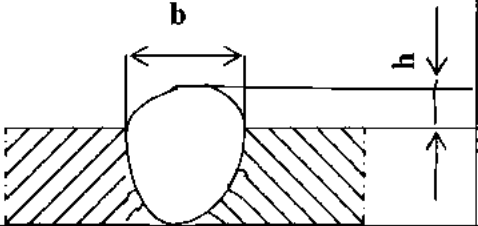
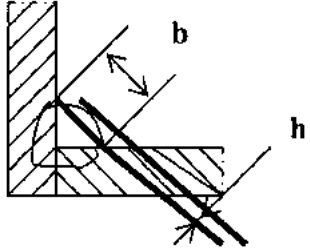
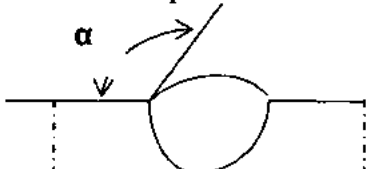
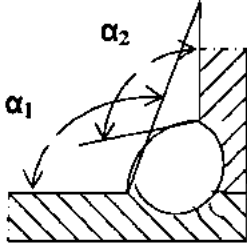
1.9	502	Превышение усиления (избыток наплавленного металла) стыковой сварной шов	Требуется плавный переход 	$\geq 0,5$	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,25b$, но макс. 10 мм	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,15b$, но макс. 7 мм	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,1b$, но макс. 5 мм
1.10	503	Превышение (излишняя) выпуклости (угловой шов)		$\geq 0,5$	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,25b$, но макс. 5 мм	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,15b$, но макс. 4 мм	$h \leq 1 \text{ мм} + 0,1b$, но макс. 3 мм
1.12	505	Неправильный профиль сварного шва	- стыковые сварные соединения 	$\geq 0,5$	$\alpha \geq 90^\circ$	$\alpha \geq 100^\circ$	$\alpha \geq 150^\circ$
			- угловые сварные швы  $\alpha_1 \geq \alpha$ $\alpha_2 \geq \alpha$	$\geq 0,5$	$\alpha \geq 90^\circ$	$\alpha \geq 110^\circ$	$\alpha \geq 110^\circ$

Таблица №2 Влияние элементов режима двусторонней автоматической сварки под флюсом на размер, форму и состав шва

Характеристи ка шва	Изменение характеристики шва при увеличении							размер зерен флюса
	сварочный ток	диаметр элек- трода	напряжение, В		скорости сварки, м/ч			
			от 24 до 34	от 36 до 46	до 17	от 17 до 40	от 41 до 150	
Глубина провара	интенсивно увеличивае- тся	умень- шается	незначи- тельно увеличи- вается	незначи- тельно уменьша- ется	несколь- ко уве- личива- ется	практи- чески не изме- няется	умень- шается	незначи- тельно умень- шается
Ширина шва	незначи- тельно уве- личивается	увеличи- вается	увеличи- вается	интенсив- но увели- чивается	уменьшается			незначи- тельно увеличи- вается
Высота утолщения	интенсивно увеличива- ется	уменьша- ется	уменьшается		незначительно увеличивается			незначит. уменьша- ется
Коэффици- ент формы провара	интенсивно уменьша- ется	увеличи- вается	интенсивно увеличивается		незначительно уменьшается			увеличи- вается
Коэффици- ент формы утолщения	интенсивно уменьша- ется	увеличи- вается	увеличивается		уменьшается			незначи- тельно уменьша- ется
Доля основного металла в металле шва	интенсивно увеличива- ется	уменьша- ется	незначительно увеличивается		интенсивно увеличивается			незначи- тельно уменьша- ется

1.3. Выбор основных параметров режима автоматической сварки под флюсом

Параметры режима сварки оказывают существенное влияние на форму и состав шва, за счет изменения их значения можно достичь желаемого результата при различном их сочетании.

Основная задача технолога – выбор такого сочетания элементов режима, при котором обеспечивается требуемое качество сварного соединения при максимальной производительности и минимальной стоимости.

Для способа сварки под флюсом, заданной марки основного металла и типа шва существует оптимальный режим, который в зависимости от конкретных условий может изменяться только в незначительных пределах. Выбор оптимального режима ведется при разработке технологии экспериментальным путем или путем расчета на основе уравнений распространения теплоты при сварке. Полученные результаты оформляются в виде таблиц (или номограмм), применяемых для решения практических вопросов.

При отсутствии источников питания необходимой мощности, плохой подготовки под сварку, отсутствия электродов нужного диаметра и других технических причин нельзя применять оптимальный режим сварки, то выбор приемлемого для данных условий режима ведется опытным путем.

• Влияние напряжения дуги. Напряжение сварочной дуги зависит в основном от длины дуги и состава газов, заполняющих дуговой промежуток. Чем больше длина дуги, тем больше и напряжение. Увеличение напряжения дуги приводит к увеличению ее подвижности, в результате чего значительно возрастает ширина шва, заметно снижается выпуклость шва, а глубина проплавления практически не изменяется. При увеличении толщины свариваемого металла увеличение тока должно сопровождаться соответствующим повышением напряжения.

Таблица 3. Зависимость напряжения дуги от сварочного тока при сварке под флюсом АН-348А.

Диаметр электрода, мм	Ток сварки, А	Напряжение дуги, В	Диаметр электрода, мм	Ток сварки, А	Напряжение дуги, В
2	180 – 300	32 – 34	5	600 – 700	38 – 40
	300 – 400	34 – 36		700 – 850	40 – 42
	500 – 600	36 – 40		850 – 1000	41 – 43

• Сварочный ток и скорость подачи проволоки. При автоматической сварке под флюсом с постоянной скоростью подачи электродной проволоки часто вместо тока оперируют понятием скорости подачи электродной проволоки в м/ч, определяющий в этих условиях ток. Чем выше скорость подачи, тем больше должен быть ток для того, чтобы обеспечить расплавление подаваемой в зону сварки проволоки. Зависимость между током и скоростью подачи электродной проволоки для некоторых случаев сварки представлены на рис. 3.

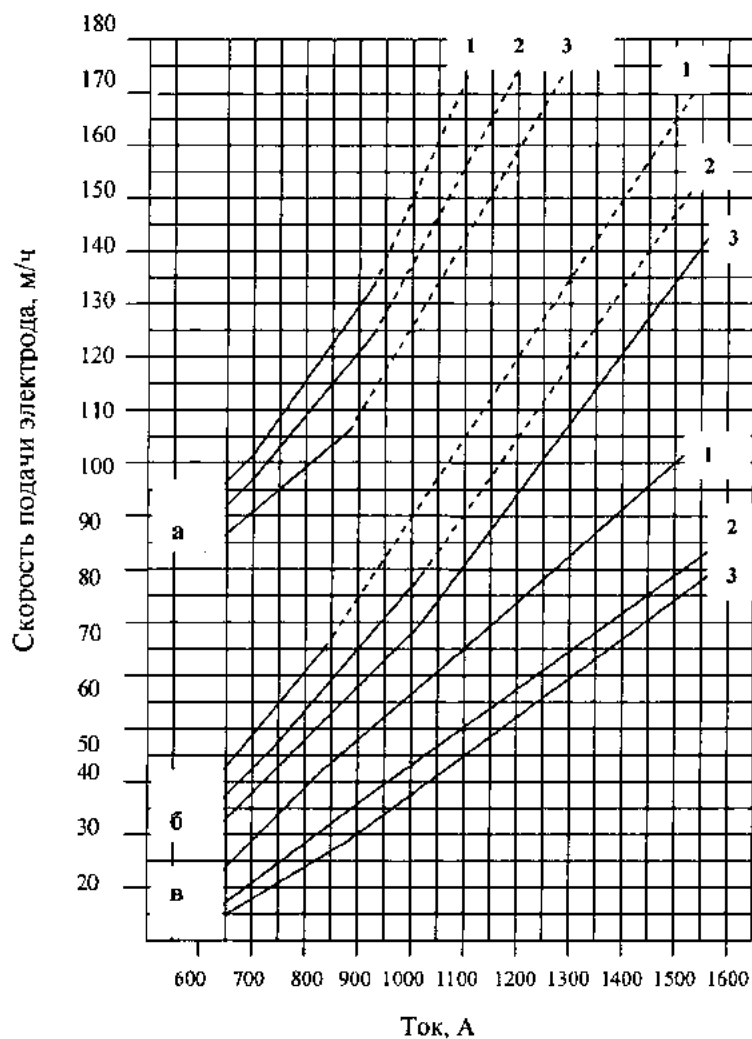


Рис.3. Зависимость между током и скоростью подачи электрода:

а – диаметр электродной проволоки 4 мм; б – диаметр электродной проволоки 5 мм; в – диаметр электродной проволоки 6 мм.

1 – напряжение дуги 30-32 В; 2 – напряжение дуги 40-42 В; 3 – напряжение дуги 50-52 В.

Сварка под флюсом типа АН-348. Вылет электрода 50 мм. Проволока Св.-08А.

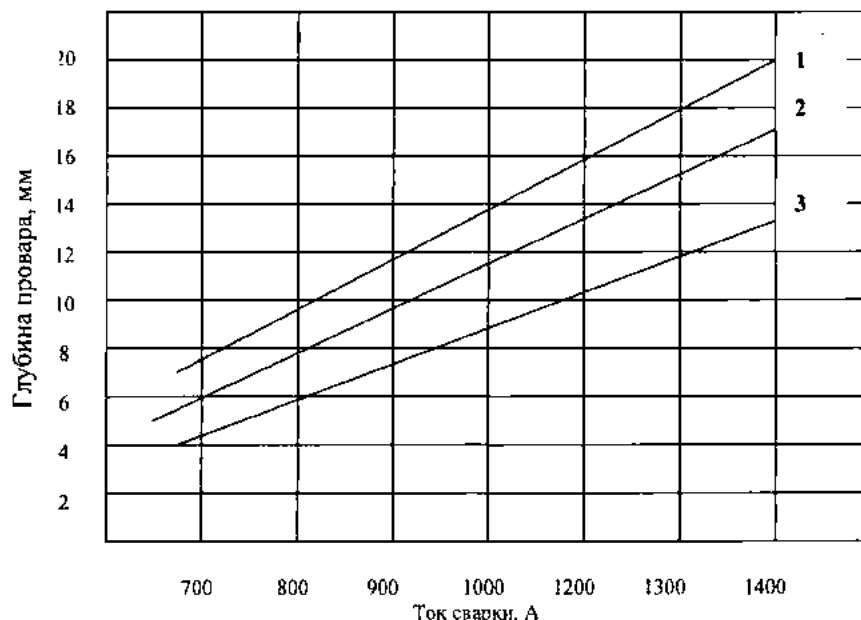


Рис. 4. Зависимость между током и глубиной провара:

1 – напряжение дуги 30-32,В; 2 – напряжение дуги 40-42, В; 3 – напряжение дуги 50-52, В.

Скорость сварки 20 м/ч.

Зависимость тока связано с глубиной провара прямой зависимостью. С ростом тока глубина провара увеличивается, а с уменьшением тока уменьшается. Такое влияние тока на глубину провара обуславливается изменением давления, оказываемого столбом дуги на поверхность сварочной ванны, и увеличением или уменьшением погонной энергии сварки

С уменьшением удельного веса металла наблюдается обратная зависимость. Этим явлением обуславливается общеизвестный факт увеличения глубины провара при сварке алюминия по сравнению со сваркой стали при неизменном токе.

• **Влияние полярности тока на параметры шва.** При сварке постоянным током обратной полярности глубина провара примерно на 40-50% больше, чем при сварке постоянным током прямой полярности. При сварке переменным током глубина провара на 15-20% ниже, чем при сварке постоянным током обратной полярности.

При сварке постоянным током прямой полярности ширина шва уменьшается по сравнению со сваркой постоянным током обратной полярности и, следовательно, по сравнению со сваркой переменным током. Наиболее четко, снижение ширины шва в зависимости от полярности тока проявляется при повышении напряжения дуги и поэтому имеет практическое значение только при сварке под флюсом.

Таблица № 4. Влияние полярности тока на ширину провара (сварка под флюсом АН-348)

Напряжение, В	Ширина шва, мм	
	при прямой полярности	при обратной полярности
30-32	21-23	22-24
40-42	25-27	28-30
50-52	26-28	33-35

Примечание: Ток 500, А; диаметр электродной проволоки 5 мм; скорость сварки 24 м/ч.

• **Диаметр (сечение) электрода.** Уменьшение диаметра электрода при том же сварочном токе приводит к уменьшению подвижности столба дуги и, как следствие, к увеличению глубины проплавления и уменьшению ширины шва. Увеличение диаметра электрода приводит к уменьшению глубины провара и к увеличению ширины шва. Особенно четко влияние диаметра электрода на глубину провара сказывается при сварке на небольших токах. При возрастании тока влияние диаметра электрода сглаживается (см. табл. 5).

Таблица 5. Изменение глубины провара в зависимости от тока и диаметра электродной проволоки.

Диаметр электродной проволоки, мм	Характеристика режима	Глубина провара, мм						
		3	4	5	6	8	10	12
5	Ток, А	450	500	550	600	725	825	930
	Плотность тока, А/мм ²	23	26	28	31	37	42	47

4	Ток, А	375	425	500	550	675	800	925
	Плотность тока, А/мм ²	29	35	40	44	53	64	73
3	Ток, А	300	350	400	500	625	750	875
	Плотность тока, А/мм ²	43	50	57	71	89	107	127
2	Ток, А	200	300	350	400	500	600	700
	Плотность тока, А/мм ²	64	104	127	143	157	200	224

Из данных таблицы 5, следует, что заданная глубина провара может быть достигнута при снижении диаметра электрода при меньшем токе. Однако использование этого явления не всегда возможно, так как применение электрода малого диаметра приводит к ухудшению формирования шва за счет уменьшения ширины провара и затруднения точного направления электрода по шву (при механизированных способах сварки) из-за малой его жесткости и разогрева электрода (при сварке в ручную).

• Влияние скорости сварки на ширину шва. Ширина шва связана со скоростью сварки обратной зависимостью. Увеличение скорости сварки приводит к уменьшению ширины шва, а уменьшение скорости сварки – к увеличению ширины шва, что связано с уменьшением подвижности дуги при повышении скорости ее передвижения. Указанная закономерность (см. рис. 5) сохраняется при всех значениях скоростей сварки. Изменение скорости сварки является весьма эффективным средством изменения ширины шва при всех способах дуговой сварки.

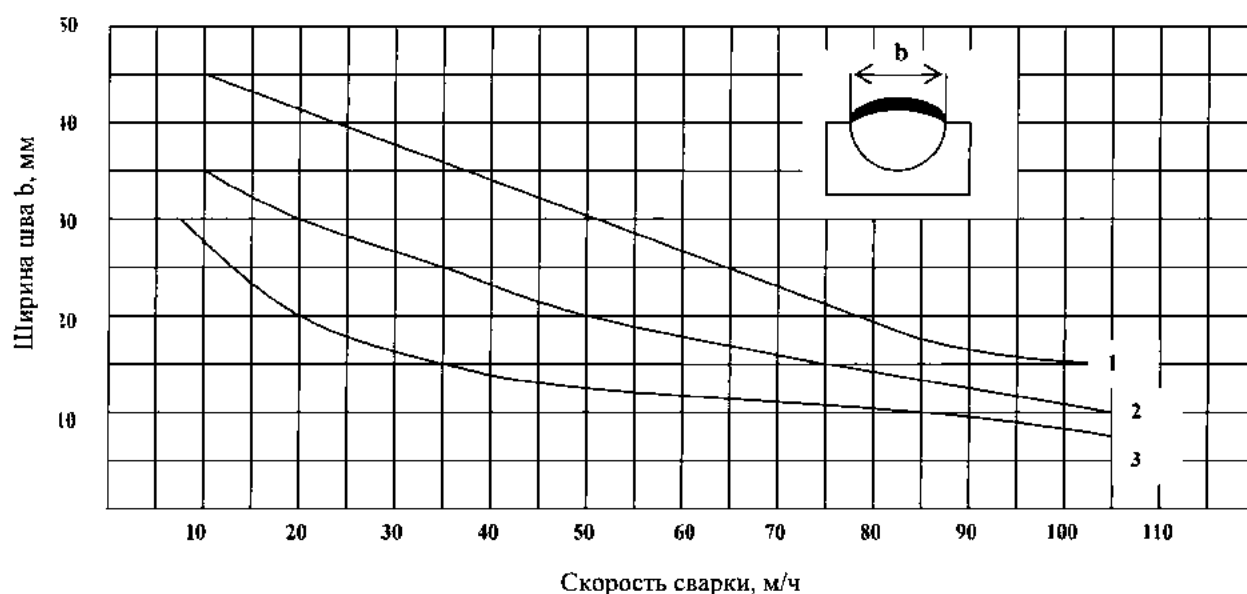


Рис. 5. Зависимость между шириной шва и скоростью сварки: 1 – напряжение дуги 50-52, В; 2 – напряжение дуги 42-42, В; 3 – напряжение дуги 30-32, В. Сварка под флюсом, ток 900, А.

• Вид сварного соединения. При сварке стыковых однослойных швов, всех слоев многослойного шва, кроме первого, и при наплавочных работах коэффициент формы провара может изменяться в широких пределах. При сварке же углового однослойного шва и первого слоя многослойного углового или стыкового швов коэффициент формы провара, при котором обеспечивается его удовлетворительное формирование, определяется геометрией соединения и, может изменяться в весьма незначительных пределах. Увеличение коэффициента формы выше определенных величин приводит к подрезу кромок или непровару притупления. Ограниченные возможности для увеличения коэффициента провара при сварке угловых швов и первого слоя многослойного шва выше 2,3 при малом проваре основного металла, и 1,5 при сварке с более глубоким проваром в значительной степени определяют трудности обеспечения стойкости металла этих швов против образования кристаллизационных трещин, особенно при сварке основного металла с повышенным содержанием углерода, и увеличения скорости сварки угловых швов. В настоящее время освоена сварка стыковых швов со скоростью 180-220 м/ч, а максимальная скорость при сварке угловых швов достигает всего 85 – 90 м/ч.

Таблица 6. Режимы сварки угловых швов на автоматизированной линии SCII500/L, для сварки двутавровых балок в горизонтальном положении (сварка в угол), под слоем флюса сталей класса до С350.

Катет шва, мм	Толщина, мм		Параметры режима			
	стенки	полки	Ток сварки, А	Напряжение дуги, В	Скорость подачи эл. проволоки, in/min	Скорость сварки, см/мин
4	6	10	1000-1050	33,5	185	165
4	6	10	900-1050	31,5	180-185	205
4	6	14	1000-1100	33,5	200	170
4	6	14	900-1050	31,5-32,5	195	200
5+6	6	8	650-780	26	120	80
5+6	6	8	550-780	28	140	90
6+7	6	12	735-830	28	145	90
6+7	6	12	850-960	32	165	130
6	8	10-16	1000-1100	31,5-32,5	180-185	200-210
6	8	10-16	1100-1150	32-33,5	200-210	155-160
6	8	20	1000-1100	33-33,5	215	155
6	8	20	1000-1100	31-32,5	215	190
6+8	8	16	825-940	29	140	80
6+8	8	16	950-1000	33	175	110
7	10	14	1100-1150	34-35,5	225	150
7	10	14	1000-1150	32,5-34	205	180
7	10	16	1150-1200	32-34	260-270	150-155
7	10	16-20	1180-1250	35-35,5	260-275	140-150
7	10	20	1250-1300	34-36	255	150
7+8	10	20	950-1150	34	200	80
7+8	10	20	950-1050	32	180	70
8	16	25	1100-1150	35,4	255	110
8	16	25	1100-1150	34-36	255-270	120-130
9	10-12	16	1250	34-35	270-280	115-125
9	12-14	20	1100-1140	34-35	240	110-120
8+10	12	25	950-1150	32	200	70
8+10	12	25	1100-1150	34	210	80
10	10-12	16	1250	35-36	270-280	80
10	12-14	20	1100-1140	34-35	240	70
10 (два прохода)	20-25	30	1-й проход 900-1100 2-й проход 1000	1-й проход 34 2-й проход 30	1-й проход 255-270 2-й проход 250	1-й проход 110-130 2-й проход 140-160
15-17 (4 прохода)	25-30	36-40	1-3-й проходы 900-1100 4-й проход 900-1100	1-3-й проходы 30 4-й проход 28	1-3-й проходы 190 4-й проход 120	1-3-й проходы 90-100 4-й проход 120

Примечание: 1) Сварка производится расщепленным электродом с углом наклона от полки $40 \pm 45^\circ$, углом вперед от 0 до 5° , вылет электрода от 25 до 35 в зависимости от катета шва. При зазорах в соединении между полкой и стенкой, смешать электрод-проволоку на полку на 1-2 мм. 2) Марка сварочной проволоки Св.08А или Св.08ГА-О, диаметром 2 мм; 3) Марка сварочного флюса Ан-60; 4) Единица измерения скорости подачи проволоки 1 in = 25,4 мм; 5) Наклон приводных роликов, прижимающих полки, зависит от ширины и толщины стенки и полки и составляет до 3 мм на длине 250 мм, во внутреннюю сторону. 6) При катетах шва от 10 мм и более, сварка производится за два прохода. Режимы сварки задаются отдельно для каждого прохода. 7) Для предотвращения «хлопунов» на стенке, рекомендуется производить подогрев стенок толщиной от 6 до 10 мм, при ширине более 500 мм до температуры 200°C . 8) Скорость охлаждения металла шва и зоны термического влияния для низколегированных сталей классов С345 + С375 не должна превышать величины $15^\circ\text{C}/\text{с}$, которая обеспечивается заданными в табл. 6 режимами. Скорость охлаждения металла шва и зоны термического влияния для углеродистых сталей классов С245 + С285 не регламентируется и допускается сварка на повышенных режимах, при соблюдении требований к качеству сварного соединения. 9) Коэффициент формы сварного углового шва (см. рис.2) должен быть больше или равен 1,2 ($B/H \geq 1,2$), а стыкового однопроходного шва – больше или равен 1,5 ($B/H \geq 1,5$). В Тавровых соединениях допускается выпуклость или вогнутость углового шва до 30% катета (по ГОСТ).

Таблица 7. Расчетные режимы сварки угловых швов на автоматизированной линии SCI1500/L, для сварки двутавровых балок в горизонтальном положении (сварка в угол), под слоем флюса

№ п/п	Катет шва, мм	Скорость сварки, см/мин	Скорость подачи проволоки, in/min	Ток сварки, А	Напряжение дуги, В	Толщина стенки, мм	Толщина полки, мм
1	Δ4	180	105				
	Δ4	160	90				
	Δ4	150	85				
2	Δ5	180	162				
	Δ5	160	140				
	Δ5	150	130				
3	Δ6	180	225				
	Δ6	160	200				
	Δ6	150	190				
	Δ6	140	175				
4	Δ7	180	305				
	Δ7	160	280				
	Δ7	150	255				
	Δ7	140	240				
	Δ7	130	220				
	Δ7	120	205				
5	Δ8	150	330				
	Δ8	140	310				
	Δ8	130	290				
	Δ8	120	265				
	Δ8	110	245				
	Δ8	100	220				
	Δ8	90	200				
6	Δ10	90	310				
	Δ10	80	276				
	Δ10	70	240				
	Δ10	60	210				

Примечание: 1. Сварка производится расщепленным электродом диаметром 2 мм. под слоем флюса марки АН-60

2. Вылет электрода от 25 до 35 мм в зависимости от катета шва.

Таблица 8. Режимы автоматической сварки под слоем флюса, на автоматизированной линии «Francelin», двутавровых балок в горизонтальном положении (в угол) проволокой диаметром 2,0 мм, под флюсом марки АН-60, расщепленным электродом на стане РТW-72.

Катет шва, мм	Толщина, мм		Параметры режима сварки				
	Полки	Стенки	Напряжение дуги U_d , В	Скорость подачи проволоки $V_{пл}$, in/min (1 in = 25,4 мм)	Скорость сварки $V_{св}$, % (150 % = 3 м/мин)	Вылет электрода $L_{эл}$, мм	Усилие бокового сжатия, psi (1000 psi = 7 МПа)
4	6	6	30	200	70	16 - 18	200
5	8		30	210	70		200
5	10		31	210	65		250
6	12		32	215	65		250
5	8	8	30,5	215	65	18 - 25	300
5	10		31	215	65		350
6	12		32,5	220	60		350
6	14		34	230	60		400
6	16		34	240	55		400
6	10	10	32	220	65	20 - 25	350
6	12		32,5	225	65		350
7	14		33	220	60		400
7	16		34	230	60		400
7	18		34,5	235	60		450
7	20		35	240	55		500

6	12	12	33	220	60	20 - 28	350
7	14		33,5	220	60		400
7	16		34	230	60		450
7	18		35	230	55		500
7	20		35	240	55		500
8	25		35,5	240	55		550
7	14	14	33	220	60	20 - 30	400
7	16		34	230	60		500
7	18		35	230	55		550
8	20		35,5	240	55		600
8	25		36	250	50		600
7	16	16	35	230	60	25 - 30	600
8	18		35,5	230	55		600
8	20		36	240	55		700
9	25		36	255	50		700
9	30		37	260	50		800

Таблица 9. Режимы автоматической сварки под слоем флюса, на автоматизированной линии «Franclin», двутавровых балок в горизонтальном положении (в угол) проволокой диаметром 1,6 мм, под флюсом марки АН-60, расщепленным электродом на стане РТW-72.

Катет шва, мм	Толщина, мм		Параметры режима сварки				
	Полки	Стенки	Напряжение дуги U_d , В	Скорость подачи проволоки $V_{п/п}$, in/min (1 in = 25,4 мм)	Скорость сварки $V_{св}$, % (150 % = 3 м/мин)	Вылет электрода $L_{эл}$, мм	Усилие бокового сжатия, psi (1000 psi = 7 МПа)
4	6	6	28	240	60	26 - 88	200
5	8		29	250			200
5	10		29.5	255			250
6	12		30	260			250
5	8	8		250	60	28 - 35	250
5	10			260			300
6	12			270			300
6	14			280			350
7	16			290			400
6	10	10		270	60	30 - 55	300
6	12			280			350
7	14			300			400
7	16			330			450
7	20			350			500

Таблица 10. Режимы автоматической сварки под флюсом сварочным трактором LT-7, в положении «в лодочку» сварочной проволокой Св.08ГА диаметром 4 мм, флюс АН-348А

Толщина, мм		Ток сварки, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, in/min	Примечание
Стенки	Полки				
10	12	600	31	8...10	
	14	600	32	6...8	
	16	650	33	5	
	18	650	35	5	
	20	650	35	5	
12	12	600-700 1-я ст. 750-800 2- ст.	31	15,0 14	Катет шва 12+2,5 мм
		600	31	8...10	
	- 12 -				

	14	750-800 1-я ст. 850-880 2-я ст.	35-36	14,5 13,5-14	Катет шва 12±2,5 мм
		750-800	35-36	6-7	
	16	800-850 1-я ст. 850-900 2-я ст.	35-36	14	Катет шва 12±2,5 мм
		750-800	35-36	5	
	18	800-850 1-я ст. 850-900 2-я ст.	36-38	14 13,5	Катет шва 12±2,5 мм
		800-850	36-38	5	
	20	850-900 1-я ст. 900-950 2-я ст.	38-40	14 13	Катет шва 12±2,5 мм
		900-950	38-40	5	
14	16	850-900	36	14 13	Катет шва 14±3 мм
	16	650-700	35-36	5	
	20	850-900	36-38	13	Катет шва 14±3 мм
		700	36-38	5	
	25	900 1-я ст. 950 2-я ст.	40	13 12	Катет шва 14±3 мм
		750	40	5	
16	20	850-900	40-42	12	Катет шва 16±3 мм
		750-800	42-45	5	
	25	900-950	40-42	12	Катет шва 16±3 мм
		850	45-50	5	
	30	950-1000	42-45	12	Катет шва 16±3 мм
		950-1000	50-55	5	

Примечание: 1) Режимы обеспечивают сквозное проплавление стенки с полками.

2) Вылет электрода 35 ± 45 мм.

Таблица 11. Режимы автоматической двусторонней сварки под слоем флюса стыковых соединений листов, из сталей класса до С350 включительно, на стальном листе или флюсовой подушке.

Условное обозначение шва	Толщина металла, мм	Режимы сварки							
		Первая сторона				Вторая сторона			
		Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/ч	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/ч	Скорость сварки, м/ч
С7 ГОСТ 8713-79	5	2	250-270	34-36	125	250-270	34-36	125	31
	6	2							
	8	5	600-650	32-34	45-48	600-650	32-34	45-48	35-40
	10	5	650-700	32-34	49-55	650-700	32-34	49-55	29-32
	12	5	700-750	32-34	55-61	700-750	32-34	55-61	29-32
	14	5	750-800	32-36	61-66,5	750-800	32-36	61-66,5	26-29
	16	5	750-800	34-36	61-66,5	800-850	36-38	66,5-68	22-26
	18	3	680	38-40 (h _{за} =25-27 мм)	165	720	40-42	170	18

	20	4	840-890	36-38	139-142	870-920	40-44	139-142	50-55
		5	900-1000	36-40	110-130	800-850	36-42	81-83	60-65
	22	4	840-890	36-38	139-142	870-920	40-44	139-142	50-55
		5	900-1000	36-38	110-130	800-850	38-42	81-83	55-60
	24	4	840-890	36-38	139-142	870-920	40-44	139-142	43-47
		5	900-1000	36-40	110-130	800-850	38-42	81-83	45-50
	26	4	1000-1050	36-38	142-160	870-920	40-44	139-142	39-43
		5	1000-1100	38-42	125-145	800-850	38-42	81-83	45-50
	28	4	1000-1050	36-38	142-160	870-920	40-44	139-142	37-40
		5	1000-1100	38-42	125-145	900-950	38-42	95-103	40-45
	30	4	1050-1100	38-40	160-170	1000-1050	42-46	142-160	30-35
		5	1100-1200	40-44	135-155	900-950	40-44	95-103	35-40
С25 ГОСТ 8713- 79	20	5	700-750	32-34	55-61	700-800	32-34	61-66,5	22-26
	25	5	700-750	32-34	55-61	750-800	32-34	61-66,5	22-26
	30	4	1050-1100	38-40	160-170	1000-1050	42-46	142-160	19-24
		5	1100-1200	35-40	135-155	850-950	44-46	115-132	20-24
	40	5	700-750	34-36	55-61	750-800	34-36	61-66,5	22-26

Примечание: 1) Сварка производится под флюсом марки АН-348А, ОСЦ-45, АНЦ-1, АН-60 на стальном листе. 2) Зазоры в соединениях должны быть в пределах указанных в ГОСТ 8713-79.

1.4. Дефекты формирования шва при автоматической сварке под флюсом

В процессе образования шва из-за неправильного выбора режима сварки, неисправности аппаратуры, отклонений режима сварки от заданного значения, неправильной подготовки и сборки под сварку и других отступлений от технологического процесса в сварном соединении могут возникнуть дефекты. Дефекты этой группы обычно объединяют под общим названием – дефекты формирования шва.

При дуговой сварке к дефектам формирования шва относятся: непровары; подрезы; наплывы и прожоги.

Дефекты, выходящие на поверхность шва, так называемые наружные дефекты, выявляются путем внешнего осмотра невооруженным глазом или с помощью лупы.

Дефекты, не выходящие на поверхность шва, так называемые внутренние дефекты, выявляются при помощи неразрушающих методов контроля и путем металлографических исследований.

• **Непровары.** Непроваром называют отсутствие расплавления основного металла и, следовательно, соединения деталей по части толщины свариваемого металла.

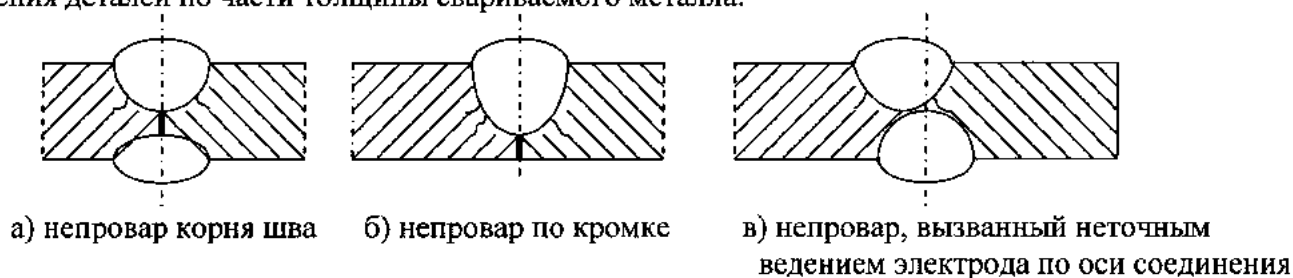


Рис. 6. Виды непроваров в стыковом соединении

Такой вид непровара (рис. 6 а) называют непроваром по сечению или непроваром корня шва.

Отсутствие соединения между основным металлом и металлом шва или между отдельными слоями при многослойной сварке (рис. 6 б) называют непроваром по кромкам, или непроваром между слоями. Место непровара в большинстве случаев заполнено шлаком. Непровар снижает величину рабочего сечения шва и приводит к значительной концентрации напряжений.

Непровар в корне шва может возникнуть из-за уменьшения тока, что приводит к уменьшению глубины провара основного металла, увеличения напряжения дуги или скорости сварки, а, следовательно, и изменения формы шва и изменению положения шва в разделке. Уменьшение скорости сварки может привести также к затеканию металла сварочной ванны перед дугой. При этом металл сварочной ванны не сплавляется с холодным основным металлом. Причиной непровара может служить неточное направление электрода по оси соединения. Механизм образования непровара для этого случая ясен из рис.6 «в».

Непровар в корне шва может явиться следствием неправильных возобновлений сварки после перерыва, вызванного перерывами процесса при механизированной сварке. Глубина провара в начале и в конце шва благодаря неустановившемуся тепловому процессу падает, поэтому неправильное ведение сварки (без перекрытия и выводных планок) приводит к непровару. При правильном порядке возобновления сварки

образования непровара не наблюдается. Эти же причины (сварка без выводных пластин) приводят к непровару в корне шва в начале и в конце его. Резкое увеличение скорости сварки также может привести к непровару, это связано с тем, что при увеличении глубина проплавления основного металла уменьшается.

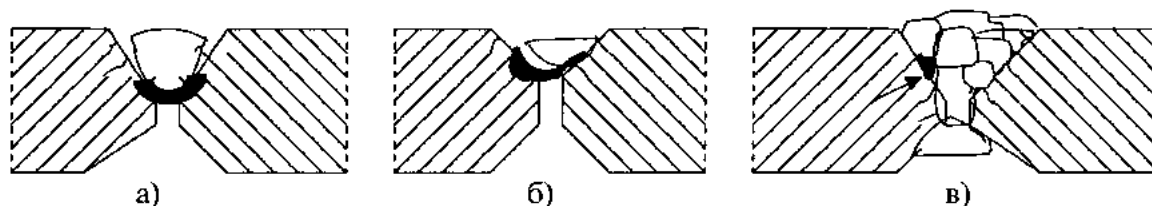


Рис. 7. Различные случаи непровара по кромке: а) изменение формы шва или слоя; б) неточное ведение электрода; в) неправильная последовательность наложения слоев.

Непровар по кромке обычно является следствием изменения формы шва из-за уменьшения напряжения или увеличения скорости сварки, что приводит к несовпадению формы шва или слоя с формой разделки (рис. 7 а). Непровар по кромке может быть вызван недостаточно точным направлением электрода по отношению к свариваемым кромкам, благодаря чему шов смещается на одну из кромок, а вторая кромка не оплавляется (рис. 7. б) или неправильной последовательностью наложения слоев при многослойной сварке (рис. 7. в).

При сварке с обязательным зазором непровар по кромке наблюдается при условии, что ширина зазора превосходит ширину шва. Во всех указанных случаях не происходит расплавление основного металла, что исключает возможность соединения его с металлом сварочной ванны.

Непровар является внутренним дефектом шва. Участки шва, где выявлены непровары, величина которых превосходит допустимую величину, подлежат удалению и повторной заварке.

• **Подрезы.** При дуговой сварке подрезом называют местное уменьшение толщины металла у границы шва. Подрез вызывает уменьшение сечения основного металла шва и приводит к резкой концентрации напряжений в тех случаях, когда он расположен перпендикулярно к направлению главных напряжений, действующих на сварное соединение. Для конструкций, работающих при вибрационных нагрузках, подрез существенно снижает прочность сварного соединения. Наиболее часто подрезы возникают при сварке угловых швов и первых слоев многослойных стыковых швов (рис. 7. а, б). Значительно реже подрезы образуются при сварке однослойных стыковых швов с разделкой и без разделки кромок (рис. 7. в). Подрезы могут быть односторонними, т.е. располагаться по одной кромке, и двусторонними, т.е. располагаться по двум кромкам. Типичными являются двусторонние подрезы. При сварке угловых швов наклонным электродом или с оплавлением кромки наблюдается односторонний подрез с наплывом металла на горизонтально расположенную кромку (рис. 8. г).

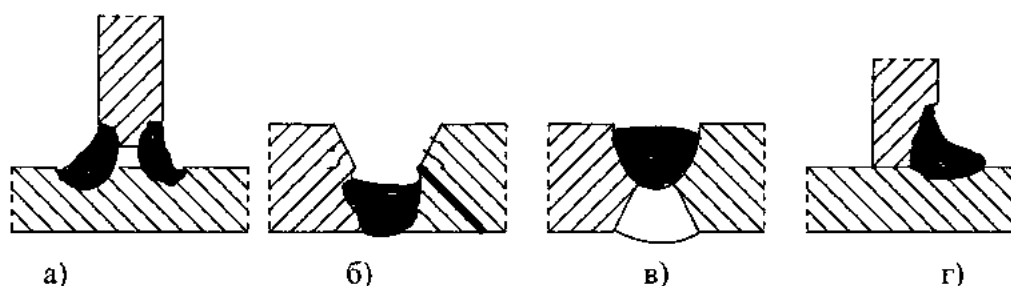


Рис. 8. Различные виды подрезов

а — подрез при сварке углового шва; б — подрез при сварке первых слоев многослойного шва; в — подрез при сварке однослойного двухстороннего стыкового шва; г — подрез и наплыв при сварке углового шва в угол.

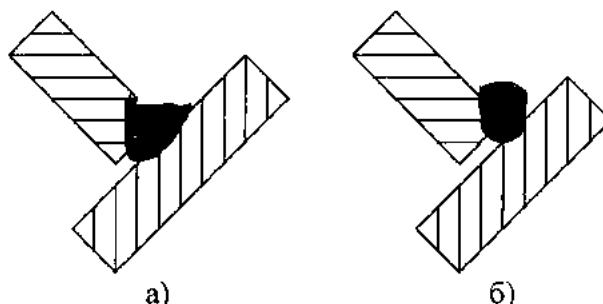


Рис. 9. Подрез (а) и бугристый шов (б) при сварке углового шва в лодочку.

В большинстве случаев подрез является следствием излишне высокого напряжения дуги, высокой скорости сварки или недостаточного точного ведения электрода по оси соединения. В первом и во втором случаях ширина расплавления основного металла превосходит ширину шва, образующегося при данном количестве электродного металла, и часть полости, выплавленная дугой в основном металле, не заполняется металлом сварочной ванны (рис. 9. а). При обратном явлении, т.е. если ширина провара основного металла меньше, чем ширина шва, который может сформироваться при данном количестве электродного металла, образуется бугристый шов (рис. 9. б). При недостаточном ведении электрода по оси происходит более глубокое проплавление одной из кромок, и металла сварочной ванны не хватает для полного заполнения образовавшейся полости. При сварке наклонным электродом или вертикальным электродом с оплавлением кромки образование подреза облегчается стеканием металла на горизонтальную кромку.

Образование подрезов при сварке стыковых швов без разделки кромок связано с плохим растеканием части металла шва, образующего утолщение по поверхности свариваемых деталей. Подрезы, расположенные на поверхности соединения, являются наружным дефектом. Если размеры подреза превосходят допускаемые для данного вида конструкции, они сглаживаются путем зачистки острой грани подреза механическим путем для создания плавного перехода от основного металла к металлу шва. Если глубина подреза превосходит 1,0 ... 2,0 мм (в зависимости от толщины основного металла), то производится заварка дефектного участка. Заварку следует производить швом малого сечения – беглым швом, так как металл такого шва благодаря большим скоростям остывания обладает пониженной пластичностью. Подрезы, образовавшиеся в глубинных слоях многослойного шва, если они не были заварены при наложении последующих слоев, являются внутренним дефектом. Такие подрезы, как правило, заполнены шлаком, затекшим в образовавшуюся при подрезе полость.

• **Наплывы.** При дуговой сварке наплывом называют натекание металла шва на поверхность основного металла без сплавления с ним. Наплывы наблюдаются в основном при сварке однослойных стыковых швов без разделки кромок и при наплавке на поверхность. Иногда наплыв называют грибовидностью.

Для устранения следует увеличить напряжение дуги, что приведет к увеличению ширины шва, или уменьшить количества металла, образующего утолщение. Уменьшение количества этого металла достигается путем размещения его в зазоре между свариваемыми кромками или в разделке или путем увеличения скорости сварки. Наплывы образуются и при сварке угловых швов наклонным электродом и с оплавлением кромок. Наплывы являются внешним дефектом, но из-за натекания металла на кромку выявление их при осмотре шва затруднено. Устраняются наплывы механическим путем за счет удаления избыточного металла.

• **Прожоги.** Прожогами называют пустоты в шве, образовавшиеся в результате вытекания сварочной ванны. Прожоги возникают при: избыточном токе, увеличении зазора между свариваемыми кромками, изменении положения (наклона) электрода или изделия и неплотном прилегании флюсовой, флюсомедной или стальной подкладки к свариваемым листам. Места прожогов должны быть зачищены и заварены заново. При сварке тонкого металла (листа) иногда образуются специфические дефекты, внешне похожие на прожоги - пустоты, но не связанные с вытеканием сварочной ванны.

• **Кратер.** При дуговой сварке при обрыве дуги в конце процесса сварки в шве образуется углубление, получившее название «кратер». Наличие кратера приводит к ослаблению шва. Кроме того, в кратере, как правило, наблюдается образование усадочных рыхлостей, часто переходящих в трещину. Длина кратера в зависимости от режима сварки изменяется от 20 до 100 мм. При механизированных видах сварки кратер образуется только в конце свариваемого шва, который, как правило, выводится на выводную планку. Для того, чтобы заполнить кратер и переварить его участок, в котором возможно образование трещин, процесс сварки следует вести после его очистки до чистого металла механическим способом. Не следует выводить кратер на основной металл, так как это приводит к образованию подрезов и ожогов.

• **Шлаковые включения.** Шлаковыми включениями называют видимые невооруженным глазом округлые или вытянутые участки шлака, расположенные в металле шва у границы сплавления, между отдельными слоями или в его корне. Шлаковые включения представляют собой не успевшие всплыть или заполнившие несплошности, возникающие при непроваре или подрезе, частицы шлака, образовавшегося в результате плавления покрытия или флюса. Иногда шлаковые включения возникают в местах, где недостаточно тщательно была очищена поверхность предыдущего слоя шлаковой корки. Шлаковые включения являются внутренним дефектом шва. Участки шва, где величина шлаковых включений превышает допускаемые нормы, устанавливаемые обычно техническими условиями на данный вид продукции, вырубается или вычищаются механическим способом и завариваются заново.

II. Односторонняя сварка под слоем флюса с двусторонним формированием шва

II.1. Особенности формирования шва при односторонней сварке

Основными размерами швов, выполненных односторонней автоматической сваркой на флюсовой и флюсо-медной подкладке с **полным проплавлением**, которые, оказывают влияние на качество и работоспособность сварных соединений, являются ширина и высота лицевой и обратной сторон шва.

От размеров и формы шва в значительной степени зависит стойкость его против образования кристаллизационных трещин, плавность перехода от основного металла к металлу шва и вероятность образования дефектов формирования шва (наплывы, подрезы, непровары, бугристость, соски и др.).

Удовлетворительному качеству формирования шва с обеих сторон соответствуют вполне определенные размеры лицевой и обратной сторон шва, т.е. определенная форма шва.

Для количественной оценки зависимости размеров лицевой и обратной стороны шва, при односторонней сварке, не может быть применен коэффициент формы шва, принятый для двусторонней сварки, из-за того, что высота шва при односторонней сварке искусственно ограничена наличием с нижней стороны шва флюсовой или флюсо-медной подкладки, в то время как ширина шва может изменяться в широких пределах.

При односторонней автоматической сварке на размеры и формы лицевой и обратной сторон шва оказывают влияние параметры режима сварки (сварочный ток, напряжение на дуге, скорость сварки и др.), а также грануляция и толщина слоя флюса на подкладке, величина зазора между свариваемыми кромками листов, усилие прижатия листов к формирующим балкам, угол раскрытия разделки кромок, скорость охлаждения металла.

II.1.1. Способы выполнения односторонней автоматической сварки под слоем флюса.

- Сварка на остающейся стальной подкладке применяется для соединений из металла толщиной до 10 мм. Подкладка должна быть из того же металла, что и свариваемая сталь. Зазор между подкладкой и кромками не должен превышать 0,5 – 1,0 мм. Толщину стальной подкладки принимают от 0,3 до 0,5 толщины свариваемого металла, а ширину 4...5 толщин.

- Сварка по предварительной ручной подварке применяется в тех случаях, когда не представляется возможным кантовать изделие, или когда автоматическая подварка невозможна. При сборке таких соединений требования к зазору такие же, как для ручной сварки.

При толщине свариваемых деталей до 6 мм включительно, ручная подварка выполняется без скоса кромок. При толщине деталей свыше 6 мм (для ручной подварки) выполняется скос кромок под 60° на глубину 1/3 толщины свариваемого металла, но не более 6...8 мм.

- Сварка на медной подкладке применяется преимущественно при соединении тонких листов; шов хорошо формируется только при плотном равномерном поджатии подкладки по всей длине стыка, зазор в котором не превышает 0,5 мм. Прижатие медной подкладки к свариваемым кромкам может осуществляться при помощи механических, гидравлических и пневматических прижимов. При сварке на плоской медной подкладке шов с обратной стороны стыка получается заподлицо со свариваемыми листами. Медные подкладки могут быть водоохлаждаемыми с формирующей канавкой.

- Сварка на флюсо-медной подкладке. Флюсо-медные подкладки отличаются тем, что в подкладке делается желобок для формирования обратного валика стыкового шва. В этом случае стык собирается с зазором 2...3 мм, через который флюс заполняет желобок (или насыпают до поджатия свариваемых кромок к флюсо-медной подкладке). Расплавляясь, флюс создает шлаковую прослойку между металлом шва и медной подкладкой и формирует обратный валик. Изменяя размеры желобка, можно регулировать размеры обратного валика. Разновидностью сварки на неподвижной флюсо-медной подкладке является сварка на скользящем медном башмаке.

- Сварка на флюсовой подушке производится с полным или частичным проваром толщины листа. При сварке с полным проваром флюс предотвращает вытекание жидкого металла и шлака и обеспечивает формирование обратной стороны шва. Эту роль флюсовая подушка выполняет только в том случае, если флюс равномерно поджимается к свариваемым кромкам (перед поджатием к свариваемым кромкам флюс, на флюсовой подушке, равномерно уплотняют и выравнивают по высоте). Поджатие флюса обычно осуществляется с помощью дюритового шланга (или прорезиненного брезентового - пожарного шланга). В шланг подают сжатый воздух от цеховой воздушной сети (с давлением 5..6 МПа). Воздух заполняет шланг, в результате чего шланг округляется и непосредственно или через толкатель плотно прижимает флюс к свариваемым кромкам. При слабом поджатии флюса шов получается вогнутый с наружной

стороны и с выпуклым обратным валиком. Сильное поджатие флюса приводит к обратному явлению, шов с лицевой стороны получается выпуклым, а обратная сторона шва имеет вогнутость, равнозначную непровару. При чрезмерном поджатии флюса в шве образуются сквозные отверстия или канавка с обратной стороны. Давление флюсовой подушки выбирается в зависимости от толщины свариваемых деталей и режима сварки.

II.1.2. Параметры режима односторонней автоматической сварки под флюсом, влияющие на формирование шва.

• **Сварочный ток.** С ростом величины сварочного тока глубина проплавления увеличивается, а с уменьшением тока уменьшается. Такое влияние на глубину провара обуславливается изменением давления, оказываемого столбом дуги на сварочную ванну. Возрастание сварочного тока приводит к росту мощности сварочной дуги, увеличению давления столба дуги, вследствие чего жидкий металл вытесняется из-под основания ванны и дуга заглубляется в основной металл, увеличивая тем самым глубину провара, что вызывает увеличение объема расплавленного флюса на флюсовой и флюсо-медной подкладке. Одновременно с ростом тока возрастает количество расплавляемого металла. В итоге увеличение сварочного тока приводит к значительному росту ширины и небольшому увеличению высоты лицевой и обратной сторон шва.

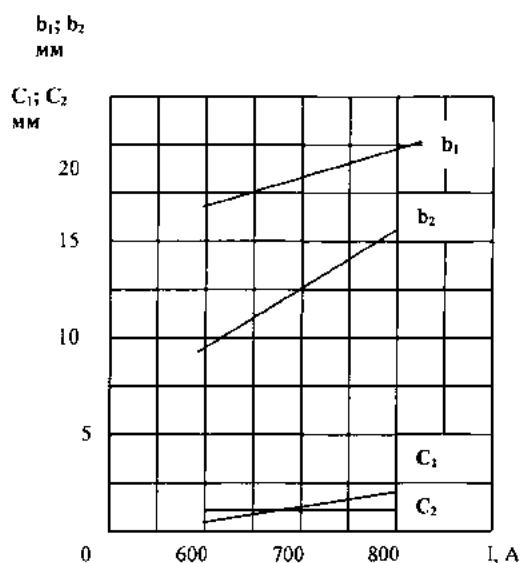


Рис. 10. Зависимость ширины и высоты лицевой (b_1 , c_1) и обратной (b_2 , c_2) сторон шва от величины тока ($s = 9$ мм; $d_s = 4$ мм; $v_c = 32$ м/ч; $U_d = 33$ В)

Величина сварочного тока должна определяться с учетом толщины свариваемого металла, величины зазора между свариваемыми кромками и интенсивности теплоотвода в формирующую подкладку.

Пример: при сварке на флюсо-медной подкладке (медной пластине с насыпанным в ее канавку слоем флюса) полное проплавление металла достигается при меньших величинах сварочного тока, чем при сварке на медной водохлаждаемой пластине, поскольку слой флюса на медной подкладке ограничивает теплоотвод от основания сварочной ванны.

При автоматической сварке под флюсом, стыковых соединений, по зазору на заданном режиме, увеличение зазора между свариваемыми кромками на 1 мм углубляет провар также примерно на 1 мм.

Величина сварочного тока, обеспечивающая заданную глубину провара и удовлетворительное формирование лицевой и обратной сторон шва, в условиях односторонней сварки на флюсо-медной подкладке с заданным зазором между стыкуемыми кромками, ориентировочно может быть определена по формуле

$$I_c = (80 \div 85) s, \quad (1)$$

s – толщина свариваемых листов, мм;

I_c – величина сварочного тока, А.

• **Напряжение на дуге.** Рост напряжения на дуге приводит к росту тепловой мощности дуги. Напряжение дуги U_d возрастает в результате увеличения ее длины, поэтому тепло вводится по большей площади, что приводит к росту ширины и снижению высоты лицевой стороны шва и к уменьшению размеров обратной его стороны. Однако колебания величины напряжения в имеющихся на практике пределах заметного влияния на величину высоты и ширины обратной стороны шва не оказывают.

• **Скорость сварки.** Скорость сварки оказывает заметное влияние на форму и размеры обратной и лицевой сторон шва. Изменение скорости сварки является эффективным средством изменения ширины и высоты лицевой и обратной сторон шва.

Завышение скорости недопустимо, так как в этом случае обратная сторона шва может не сформироваться, а увеличение сварочного тока при большей скорости сварки приведет к «провалу» сварочной ванны. Снижение скорости ниже рекомендованной не представляет интереса по экономическим соображениям.

С ростом скорости сварки уменьшаются тепловложение и продолжительность воздействия давления дуги на сварочную ванну. В результате основание сварочной ванны несколько повышается, а ширина и высота лицевой и обратной сторон шва уменьшаются. Зависимость между скоростью сварки и геометрическими размерами шва в пределах параметров режима, при которых формируется шов, представлена на рис. 11. Из рисунка видно, что при скорости сварки $v_c > 30$ м/ч увеличение скорости сварки приводит к увеличению коэффициента формы шва ($\varphi = \frac{b_1}{b_2}$).

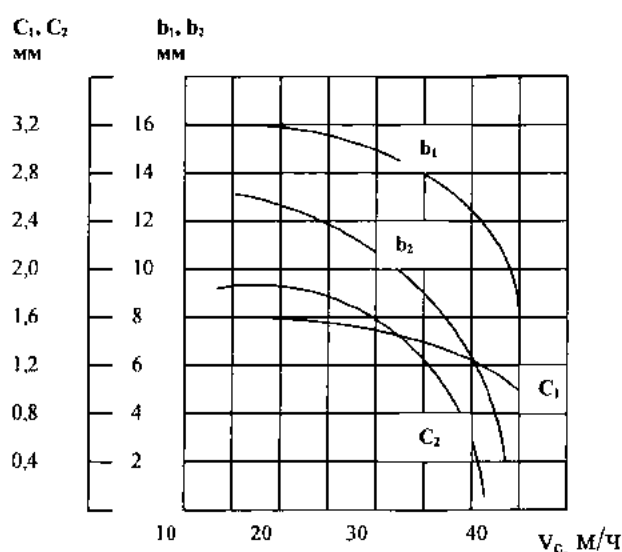


Рис. 11. Зависимость ширины и высоты лицевой (b_1, C_1) и обратной (b_2, C_2) сторон шва от скорости сварки ($s = 7$, мм; $d = 4$, мм; $I_c = 570$, А; $U_d = 33$, В).

Для получения необходимой величины усиления шва скорость сварки должна устанавливаться с учетом не только толщины свариваемых листов, но и величины зазора «а» между свариваемыми кромками листов.

Скорость односторонней автоматической сварки с полным проплавлением для сварочных автоматов с постоянной в процессе сварки скоростью подачи электродной проволоки может быть вычислена по формуле

$$v_c = F_3 \times v_3 / F_n; \quad (2)$$

где: F_3 – площадь поперечного сечения электродной проволоки, мм²;

v_3 – скорость подачи электродной проволоки, м/ч;

v_c – скорость односторонней автоматической сварки, м/ч;

F_n – площадь поперечного сечения валика наплавленного металла, мм².

Площадь поперечного сечения наплавленного металла при односторонней сварке определяется величиной зазора между свариваемыми кромками и площадями поперечного сечения усиления лицевой и обратной сторон шва. (при сварке без разделки кромок).

Ориентировочно площадь наплавленного металла при односторонней сварке за один проход F_n можно вычислить по формуле

$$F_n = 2 \times 0,5sa + 2 \times 0,5 \times 3s = s(a + 3); \quad (3)$$

Экспериментально установлено, что площадь поперечного сечения усиления лицевой стороны шва при односторонней сварке больше площади поперечного сечения усиления обратной стороны шва примерно в 1,3 раза. При этом такое соотношение размеров лицевой и обратной сторон шва соответствует наиболее благоприятным условиям формирования шва в целом.

С учетом этого положения площадь поперечного сечения наплавленного металла при односторонней сварке равна

$$F_n = sa + (0.5 \times 3s + 0.5 \times 3s / 1,3) = s(a + 2,6); \quad (4)$$

Из этого выражения можно получить формулу для определения скорости односторонней автоматической сварки стыковых соединений с двусторонним формированием шва

$$v_c = F_n v_s / s(a + 2,6); \quad (5)$$

Изменение величины зазора между свариваемыми кромками за пределы его значений, регламентированных соответствующими допусками в случае выполнения сварки при неизменных параметрах режима, вызывает необходимость в соответственном изменении скорости сварки (уменьшение скорости сварки для обеспечения заполнения наплавленным металлом увеличившегося зазора или увеличение при уменьшении зазора), т.е.

$$v_c F_n' = v_{к,с} F_n''; \quad (6)$$

Откуда
$$v_{к,с} = v_c F_n' / F_n'' = v_c(a_T + 2,6)/(a + 2,6); \quad (7)$$

Где: $v_{к,с}$ – скорректированная скорость сварки с учетом изменения зазора между свариваемыми кромками, м/ч;

F_n'' – площадь наплавленного металла с учетом изменения скорости, мм²;

a_T – заданный (табличный) зазор между свариваемыми кромками, мм.

Скорректированную ориентировочную скорость сварки можно также определить по упрощенной формуле

$$v_{к,с} = v_c - (a - a_T) \times K, \quad (8)$$

Где: K – коэффициент, характеризующий снижение скорости сварки на 1 мм изменения величины зазора, м/ч · мм.

Таблица 12. Изменение коэффициента снижения скорости сварки при изменении величины зазора

s, мм – толщина листа	от 4 до 6	от 7 до 8	от 9 до 10	от 12 до 16	от 18 до 22
K	8	7	6	5	4

• Вылет электрода. (L)

L – вылет электрода – расстояние от поверхности свариваемого изделия до торца токосъемного наконечника в системе подачи сварочной проволоки.

При увеличении вылета электродной проволоки возрастает интенсивность нагрева ее током и увеличивается скорость ее расплавления, в результате чего снижается величина тока, следовательно, и глубина проплавления. При односторонней сварке изменение величины вылета в пределах от 2 до 5 мм, в зависимости от диаметра электродной проволоки (что имеет место на практике) заметного влияния на формирование лицевой и обратной сторон шва не оказывает.

Таблица 13. Рекомендуемый вылет в зависимости от диаметра электродной проволоки

Диаметр электрода, мм	2	3	4	5
Величина вылета электрода, мм	от 18 до 25	от 25 до 40	от 30 до 45	от 40 до 50

Примечание: Больший размер вылета применяется при сварке в угол и в «лодочку».

• Диаметр электрода. Уменьшение диаметра электрода (при $I_c = \text{const}$) приводит к увеличению плотности тока в электроде, уменьшению подвижности столба дуги и, как следствие, к увеличению глубины провара, и наоборот, увеличение диаметра электрода приводит к уменьшению глубины провара. В результате уменьшения диаметра электрода ширина лицевой стороны шва уменьшается, высота ее остается практически без изменения, а размеры (ширина и высота) обратной стороны шва возрастают.

• Род и полярность тока. Род и полярность тока при односторонней сварке оказывают влияние на форму и размеры шва. Переход к сварке постоянным током прямой полярности приводит к резкому увеличению высоты обратной стороны шва и ухудшению формы лицевой и обратной сторон шва. При сварке на переменном токе формирование шва также ухудшается

Наилучшие условия формирования шва обеспечиваются при сварке постоянным током обратной полярности.

• **Зазор.** Величина зазора в свариваемом стыке при односторонней сварке без разделки кромок – важный фактор, оказывающий влияние на формирование шва. В головной и хвостовой частях сварочной ванны жидкий металл находится на разных уровнях, так как он вытесняется из-под основания дуги в сторону, противоположную перемещению сварочной проволоки. Вытеснение жидкого металла может продолжаться до тех пор, пока горизонтальная составляющая силы воздействия столба дуги P_d направленной в сторону вытесненного жидкого металла, не будет уравновешена противодействующей ей силой гидростатического P_r жидкого металла и шлака ванны.

Процесс сварки будет устойчивым в случае, когда эти две силы уравновесят друг друга. Смещение равновесия в ту или другую сторону вызовет либо дальнейшее углубление дуги в основной металл, либо подтекание расплавленного металла под основание столба дуги и уменьшение глубины провара вследствие ухудшения условий передачи тепла дуги через прослойку жидкого металла.

При сварке по зазору часть расплавленного металла заполняет зазор, в результате чего верхний уровень сварочной ванны понижается, и в сравнении со сваркой при нулевом зазоре на таком же режиме гидростатическое давление ванны жидкого металла в сторону сварочной дуги уменьшается. Избыточное давление столба дуги вытесняет расплавленный металл до тех пор, пока не наступит равновесие сил P_d и P_r , соответствующее данной мощности дуги, но при большем углублении. С возрастанием зазора для его заполнения требуется увеличение объема расплавленного металла, что при неизменном режиме сварки приводит к большому смещению равновесия сил P_d и P_r в сторону металлической ванны. В связи с этим углубление дуги в основной металл с ростом зазора увеличивается, что способствует росту размеров обратной стороны шва. Кроме того, чрезмерное погружение дуги в зазор приводит к вытеснению шлака на подкладке, обеспечивающему формирование обратной стороны шва, и жидкий металл сварочной ванны лишается необходимой теплоизоляционной прослойки на медной подкладке, что служит причиной неудовлетворительного формирования обратной стороны шва.

При выполнении сварки по сужающемуся зазору по мере сужения зазора наблюдается уменьшение глубины провара. Объем жидкого металла в зазоре в этом случае сокращается, и создается постоянное избыточное гидростатическое давление ванны в сторону дуги. Часть жидкого металла в результате этого подтекает под основание дуги, глубина провара становится меньше, и, как следствие этого, ширина и высота обратной стороны шва уменьшаются.

Уменьшение зазора в стыке до 2,5 мм приводит к увеличению ширины лицевой стороны шва, с дальнейшим же увеличением ширины зазора уменьшается ширина лицевой стороны шва (см. рис. 12).

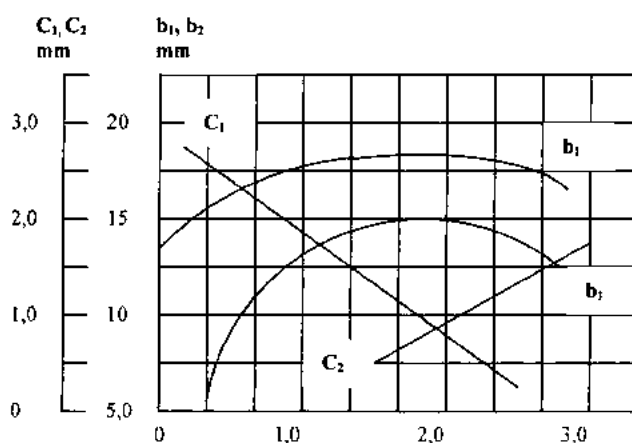


Рис. 12. Зависимость ширины и высоты лицевой (b_1, C_1) и обратной (b_2, C_2) сторон шва от величины зазора «а» между свариваемыми кромками ($s = 7$ мм; $d_s = 4$ мм; $I_c = 560$, А; $U = 32$, В; $v_c = 33$ м/ч) Это объясняется тем, что при сварке по зазору до 2,5 мм повышается эффективность теплового к.п.д. дуги при углублении ее в основной металл. Дальнейшее увеличение зазора ухудшает, вероятно, условия передачи теплоты к кромкам листов, удаленным от оси столба дуги, что вызывает уменьшение ширины лицевой стороны шва.

Экспериментальным путем было установлено, что оптимальная величина зазора в стыке зависит от толщин свариваемого материала и формы подготовки кромок под сварку. При сварке без разделки кромок листов толщиной от 4 до 12 мм величина зазора «а» в стыке, способствующая получению удовлетворительного формирования шва, практически может быть определена соотношением

$$a = k \cdot s, \quad (9)$$

Где: k – коэффициент, равный 0,20 – 0,30.

При сварке листов толщиной свыше 12 мм без разделки кромок удовлетворительное формирование шва получить не удастся. Поэтому сварке металла толщиной свыше 12 мм рекомендуется разделка кромок под сварку, при этом величина зазора в стыке также играет важную роль. Так же, как и при сварке листов, толщиной до 12 мм, лучшие результаты получаются при сварке по начальному зазору. Разделка же кромок в данном случае может быть рассмотрена как снижение толщины свариваемого материала.

Так, при общепринятой разделке кромок с углом раскрытия 50° эквивалентная толщина материала, свариваемого без разделки кромок, равна

$$s = p + k_1(s - p), \quad (10)$$

Где: s_3 – эквивалентная толщина свариваемого металла, мм; p – величина притупления, мм; k_1 – коэффициент разделки кромок, устанавливаемый экспериментально; s – толщина материала полная, мм.

При обработке кромок листов плазменной резкой получается естественный скос (разделка с углом раскрытия от 5 до 10°), распространяющуюся на всю толщину листа при фактически отсутствии притупления ($p = 0$).

Для данного случая (после плазменной резки с углом раскрытия от 5 до 10°), используя зависимость (11) получим:

$$s_3 = k_1 \cdot s, \quad (11)$$

Где: k_1 – коэффициент разделки кромок, установленный экспериментально и равный $k_1 = 0,8$.

Если в формуле (11) принять $s_3 = 12$ мм (предельная толщина листов, свариваемых при односторонней сварке без разделки кромок), получим:

$$s = 12 / k_1 = 12 / 0,8 = 15 \text{ мм.}$$

Таким образом, односторонняя сварка листов с кромками, подвергнутыми обработке плазменной резки без дополнительной разделки, возможна при толщине листов, не превышающей 15 мм.

При экспериментальной проверке этого положения было подтверждено, что удовлетворяющие требованиям норм, установленных в судостроении, можно получить при односторонней сварке листов с кромками, подвергнутыми обработке плазменной резки без дополнительной разделки, при толщине листов, не превышающих 15 мм.

Сварка листов толщиной свыше 16 мм должна выполняться с разделкой кромок при угле раскрытия до 50° , что обеспечивает получение обратной стороны шва хорошего качества.

Наличие зазора в стыке, разделки кромок (снятие фаски) по всей толщине металла без притупления обеспечивает при односторонней сварке более благоприятные условия для формирования обратной стороны шва по сравнению со сваркой по разделке с притуплением и нулевым или близким к нулю зазором.

• Влияние положения электрода относительно оси свариваемого стыка.

На полноту провара стыка оказывает заметное влияние положение конца электродной проволоки относительно оси свариваемого стыка. Смещение конца проволоки (из-за плохой рихтовки или непараллельности направляющих сварочного автомата и стыка, невнимательности сварщика) относительно оси стыкового соединения приводит к ухудшению формирования обратной стороны шва.

• Состав и строение флюса. Состав и строение оказывают влияние на геометрические размеры швов и на их формирование в целом. При этом необходимо различать влияние флюса сварочного (верхнего) и флюса на подкладке (нижнего). Уменьшение насыпного веса сварочного флюса с лицевой стороны вызывает увеличение ширины лицевой стороны шва и уменьшение глубины провара. Это объясняется тем, что при меньшем насыпном весе сварочного флюса объем полости, образующейся вокруг столба дуги, возрастает, и дуга становится более подвижной. Кроме того, укрупнение зерна флюса повышает газопроницаемость слоя флюса над зоной сварки, и давление снижается. Обратная сторона шва при этом формируется с меньшим усилением.

При грануляции флюса подкладки равной 2 мм и более, расплавляется недостаточное количество флюса, и формирование шва становится неудовлетворительным.

Удовлетворительное формирование лицевой и обратной сторон шва получается при грануляции подкладочного флюса, равной 0,30 – 1,6 мм, и грануляции лицевого сварочного флюса 0,3 – 3,0 мм.

Подкладочный флюс с зернами менее 0,3 мм применять не рекомендуется, так как в этом случае усиление обратной стороны шва получается широким, высоким и неравномерным, а расход флюса увеличивается.

Заметное влияние на размеры обратной стороны шва оказывает толщина слоя флюса на подкладке. С увеличением толщины слоя флюса на подкладке высота обратной стороны шва возрастает пропорционально его ширине (см. рис.13). При большой толщине слоя флюса, на флюсо-медной подкладке, высокая температура металла сварочной ванны сохраняется более продолжительное время, плавление флюса происходит на большую глубину, при этом растет высота обратной стороны шва и характер процесса формирования металла шва становится аналогичным процессу, протекающему при сварке на флюсовой подушке. При слишком малой толщине слоя флюса образуется недостаточное количество шлака на подкладке (который является формирователем обратной стороны шва), что приводит к росту числа дефектов (прежде всего, сосков) обратной стороны шва.

Оптимальная толщина слоя флюса (марки ОСЦ-45) на медной подкладке может быть выбрана по зависимости:

$$h_{\text{фл.}} = (0,4 \div 0,5)s \quad (12)$$

Для малых толщин свариваемого металла (до 10 мм) $h_{\text{фл.}} = 0,5s$; для толщин свариваемого металла свыше 10 мм $h_{\text{фл.}} = 0,4s$

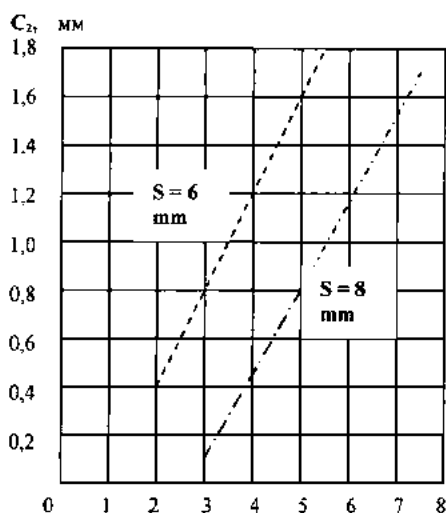


Рис. 13. Зависимость высоты обратной стороны шва от высоты слоя флюса на подкладке.

----- недостаточное усиление
 ----- чрезмерное усиление со значительными колебаниями по высоте

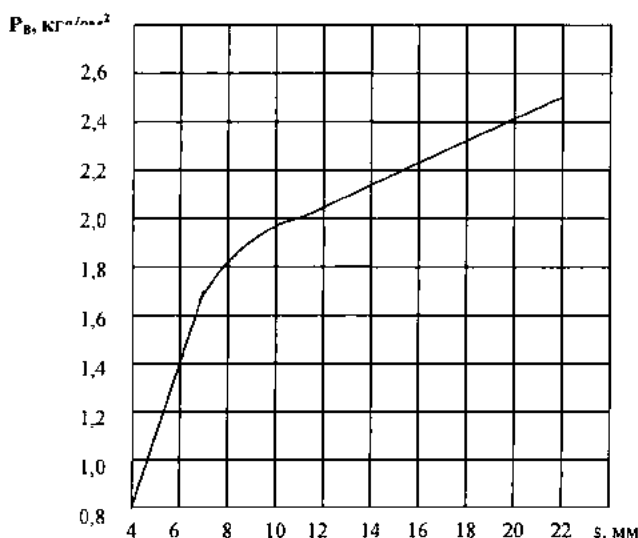


Рис. 14. Зависимость давления воздуха под подкладкой от толщины свариваемых листов.

• Давление сжатого воздуха под подкладкой.

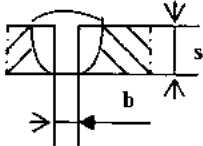
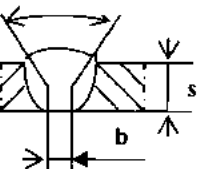
Одним из важных условий формирования металла шва является обеспечение равномерности прижатия флюсо-медной подкладки к листам. Величина давления сжатого воздуха в системе прижатия подкладки к листам влияет на размеры и форму лицевой и обратной сторон шва. При недостаточном прижатии флюсо-медной подкладки обратная сторона шва значительно провисает и имеет неравномерное усиление.

С увеличением давления слой флюса на подкладке прижимается к обратной стороне стыка более плотно, количество расплавленного флюса на подкладке увеличивается и соответственно ширина шва обратной стороны шва увеличивается, а формирование шва улучшается. Однако увеличение давления сверх его оптимального значения приводит к ухудшению условий формирования шва, вытеснению значительной части жидкого металла на лицевую сторону и практическому отсутствию обратной стороны шва, выступающей за пределы нижней плоскости листов. Оптимальная величина давления сжатого воздуха зависит от толщины свариваемых листов (рис. 14).

II.2. Режимы односторонней автоматической сварки под флюсом

Параметры режима односторонней автоматической сварки стыковых соединений приведены в таблице № 14. При сварке на этих режимах обеспечивается удовлетворительное формирование швов с лицевой и обратной сторон.

Таблица 14. Режимы сварки стыковых односторонних соединений на флюсо-медной подкладке с использованием установки SW-02-08-004

Вид шва	Толщина деталей ($s=s_1$), мм	Зазор между заготовками b , мм	Глубина канавки флюсо-медной подкладки, мм	Вылет электрода, L , мм	Напряжение дуги, U_d , В	Скорость подачи проволоки, in/min (м/ч)	Скорость сварки in/min (м/ч)	Сварочный ток, $I_{св.}$, А
С4 ГОСТ 8713-79 АФМ 	6	0	2.5-3.5	22+10=32	30	70 (107)	25 (38)	600-620
	6	0+1	2.5-3.5	32	28	70 (107)	30 (46)	620
	6	1+2	2.5-3.5	32	28	60 (99)	35 (38)	580-600
	6	0+1,5	3,5	32	32	65	30	550-580
	8	0+1	3.0-3.5	35	30	85 (130)	20 (30)	700
	8	1+2	3.0-3.5	35	31	82 (125)	20 (30)	680-700
	8	2	3,5	35	32	80	25	680-700
	8	0+2	3,5	35	34	75	20	650-680
	8 + 12	3+4	3,5	35	34	85	20	700-720
	10	2+3	3,5	35	32	85-87	20	700-720
	10	0+1	3.5-4.0	35	30	90 (137)	15 (23)	720-740
	10	2+3	3.5-4.0	35	30	85 (130)	20 (30,5)	720-740
	12	2+3	3.5-4.5	35	31	95 (145)	15 (23)	800
	12	3+4	3.5-4.5	35	31	110 (168)	13 (20)	820
	14	4.0	3.5-4.5	35	31	120 (183)	12 (18)	860
	14	4+5	3.5-4.5	37	32	110 (168)	12 (18)	820
	16	3+4	3.5-4.5	40	34	120 (183)	12 (18)	860
С18 АФМ $25' \pm 3'$ 	14							
	14							
	16							

Примечание: 1) Диаметр сварочной проволоки $d_s=4$ мм марки Св.08ГА, флюс марки АН-348; 2) Усилие прижатия заготовок к медной подкладке устанавливается на редукторе в пределах $0,4+0,5$ МПа ($4+5$ атм.); 3) Выдержка после сварки, для предотвращения деформации типа «домик» и др. в зажатом состоянии, должна быть не менее 3 минут.

Таблица 15. Режимы автоматической односторонней сварки под флюсом на установке SW-75 (н/з), проволокой Св.08ГА диаметром 4 мм, флюс АН-348А сталей класса до С350.

Вид шва	Толщина деталей ($s=s_1$), мм	Зазор между заготовками b , мм	Глубина канавки флюсо-медной подкладки, мм	Вылет электрода, L , мм	Напряжение дуги, U_d , В	Скорость подачи проволоки, in/min (м/ч)	Скорость сварки in/min (м/ч)	Сварочный ток, $I_{св.}$, А
С4 ГОСТ 8713-79 АФМ	10	0+1	2	35	30-32	35-40	10	720-740
	10	1-3	3,5-4	35	29	60-65	10	720-740
	12	3+4	2	35	32	40	10	800-820

	12	2-4	3,5-4	35	29	65-75	10-11	800-820
	14	4+5	2	35	32-34	40-45	10	800-850
	14	4	3,5-4,5	35-37	30-31	75-85	12-14	800-850
	16	3+4	2	40	32-34	45-50	10-12	800-850
	16	4-5	3,5-4,5	40				
С18 АФМ $25^\circ \pm 3^\circ$ 	20		2	40-42	34-35	55-65	10-12	850-900
	20	1-2	3,5-4,5	40-22	28-29 30-31	65-75 70-80	10-12	700-750 960-950
	25		2	40-22	34-35	60-65	10	850-900
	25	4-5	3,5-4,5	40-42	35-36	110-120	8-10	1000-1050

Примечание: 1) Для флюсо-медной подкладки применяется флюс марки АН-348-АМ с размерами зерна не более 1,6 мм (мелкий). 2) Усилие прижатия заготовок к медной пластине устанавливается на редукторе в пределах от 0,4 до 0,5 МПа

II.3. Дефекты сварных швов образующиеся при автоматической односторонней сварке под флюсом и причины их образования.

Таблица 16. Дефекты сварных швов, выполненных односторонней сваркой, и возможные причины их образования

Наименование дефекта шва	Причина возникновения дефектов швов	
	С лицевой стороны	С обратной стороны
Большая высота усиления	Мал зазор в стыке. Велик ток сварки. Мала скорость сварки. Велико давление воздуха в пневморукаве	Велик зазор в стыке. Велик ток сварки. Мала скорость сварки. Мало давление воздуха в пневморукаве Мала интенсивность теплоотвода формирующей подкладки. Велика толщина слоя флюса на подкладке. Мала величина зерна подкладочного флюса
Малая высота усиления	Велик зазор в стыке. Мал ток сварки. Велика скорость сварки. Мало давление воздуха в пневморукаве.	Мал зазор в стыке. Мал ток сварки. Велика скорость сварки. Велико давление воздуха в пневморукаве. Мала толщина слоя флюса на подкладке.
Широкий шов	Велико напряжение на дуге. Мала скорость сварки.	Велик зазор в стыке. Велика толщина слоя флюса на подкладке. Мала интенсивность теплоотвода формирующей подкладки.
Узкий шов	Мало напряжение на дуге. Велика скорость сварки.	Мал зазор в стыке. Велика скорость сварки. Отклонение оси электрода от оси стыка
Колебания высоты усиления	Нестабильный режим. Колебания зазора в стыке. Неравномерное поджатие формирующего устройства по длине.	Нестабильный режим. Колебание зазора в стыке. Неравномерное поджатие формирующего устройства по длине. Завышены размеры электроприхваток на свариваемых кромках. Неравномерная высота слоя подкладочного флюса. Велика грануляция подкладочного флюса
Соски	-	Малая толщина слоя подкладочного флюса, интенсивный теплоотвод формирующего устройства.
Гребень	Мало напряжение на дуге	Мало напряжение на дуге

Прожоги	Слабое поджатие листов прижимными устройствами. Мало давление воздуха в пневморукаве. Чрезмерный зазор в стыке. Велик ток сварки. Внезапное замедление или остановка автомата.	-
Протеки	-	Слабое, неравномерное поджатие листов прижимными устройствами. Мало давление воздуха в пневморукаве. Неравномерна высота слоя подкладного флюса.

Таблица 17. Влияние режима односторонней автоматической сварки с двусторонним формированием шва на его размеры.

Характеристика шва	Изменение характеристики шва при увеличении параметров режима сварки на его размерах							
	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Диаметр электрода, мм	Зазор, мм		Размеры зерен флюса	Толщина слоя флюса на подкладке
					от 0 до 2,5	от 2,5		
Ширина стороны шва: лицевой (b ₁)	Немного увеличивается	Интенсивно увеличивается	Уменьшается	Увеличивается	Увеличивается	Интенсивно уменьшается	Не изменяется	Не изменяется
обратной(b ₂)	Увеличивается	Уменьшается	Интенсивно уменьшается	Уменьшается	Увеличивается	Уменьшается	Не изменяется	Не изменяется
Высота усиления стороны шва: лицевой (c ₁)	Увеличивается	Уменьшается	Уменьшается	Уменьшается	Уменьшается	-	Незначительно уменьшается	Не изменяется
обратной (c ₂)	Увеличивается	Уменьшается	Уменьшается	Уменьшается	Интенсивно увеличивается	-	Не изменяется	Увеличивается

III. Типовые режимы автоматической сварки под слоем флюса (данные из технич. литературы)

Таблица 18. Рекомендуемые значения диапазона сварочного тока, для различных диаметров электрода

Параметр	Диаметр электродной проволоки, мм				
	2	3	4	5	6
Диапазон сварочного тока, А	200 - 400	300 - 600	400 - 800	700 - 1000	700 - 1200

III.1. Типовые режимы односторонней автоматической сварки сталей на флюсовой подушке

Таблица 19.

Толщина металла, мм	Ширина зазора в стыке, мм	Диаметр электрода, мм	Ток сварки, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Давление воздуха в шланге флюсовой подушки, кПа
2	0÷1,0	1,6	120	24-28	43,5	80
3	0÷1,5	2	275-300	28-30	44	
		3	400-425	25-28	70	
5	0÷2,5	2	425-500	32-34	35	100-150
		4	575-625	28-30	46	108
8	0÷3,5		725-775	30-36	34	100-150

II.2. Режимы механизированной сварки под флюсом двусторонних стыковых швов без разделки и с разделкой кромок.

Таблица 20. Режимы механизированной сварки под флюсом двусторонних стыковых швов без разделки кромок с заданным зазором.

Толщина металла, мм	Зазор в стыке, мм	Ток сварки, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч
14 16	3÷4	700 – 750	32 – 36	30
18 20	4÷5	750-800 850 – 900	34 – 38	27
24 28	5÷6	900 – 950	36 – 40	25 20
30	6÷7	950 – 1000	38 - 40	16
40	8÷9	1100 – 1200	40 – 44	11,5-12
50	10÷11	1200 – 1300	44 – 48	9,5-10

Примечание: Первый проход двустороннего шва выполняют на флюсовой подушке или на стальном листе (на весу), с таким расчетом, чтобы глубина провара не превышала половины толщины металла (не более 2/3). Второй проход с обратной стороны осуществляют после зачистки корня шва первого прохода, с проваром, равным 0,65-0,7 толщины основного металла. Диаметр сварочной проволоки 5 мм.

III.3. Автоматическая сварка под флюсом тавровых, угловых и нахлесточных соединений.

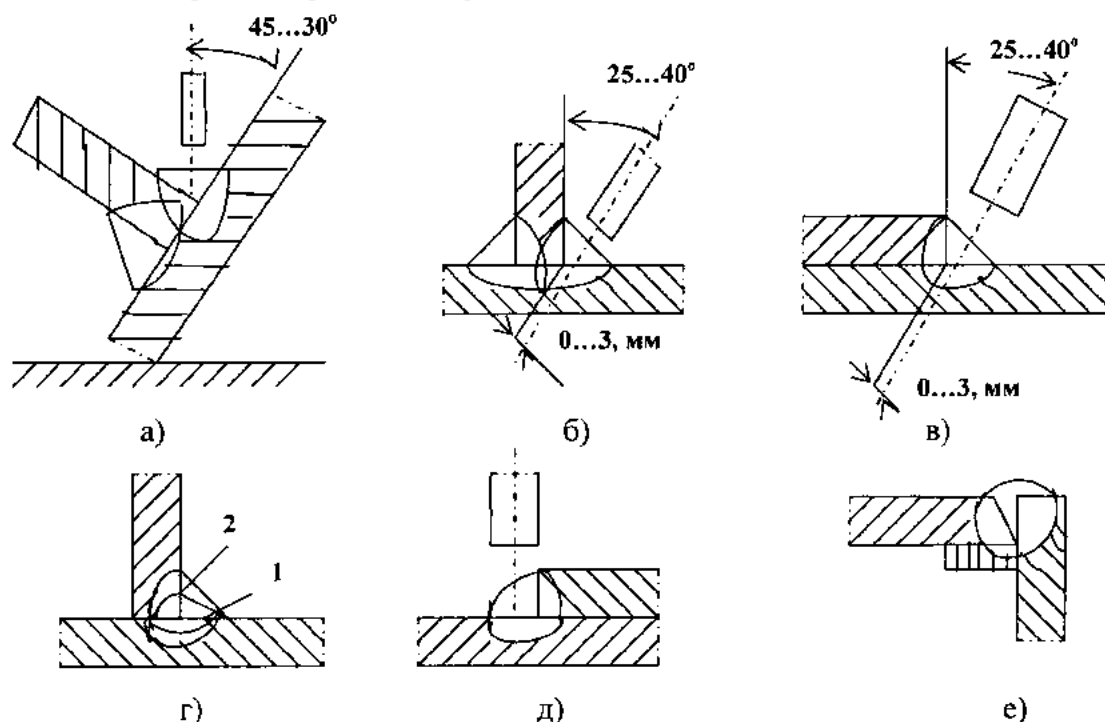


Рис. 15. Схемы сварки угловых швов: 1 и 2 – первый и второй проходы

III.3.1. Автоматическая сварка под флюсом однопроходных швов

Способ сварки в угол нахлесточных швов не требует специальных мер против вытекания жидкого металла, поэтому зазор может быть увеличен до 3 мм. При сварке «в лодочку» зазор в соединении должен быть не более 1...1,5 мм. При сварке в угол угловых и тавровых швов, при зазорах более 1 мм, возможны прожоги и, как следствие неудовлетворительное формирование углового шва. При увеличенных зазорах выполняют ручную или механизированную подварку швов, которые переплавляется при сварке основного шва.

Техника сварки при положении «в лодочку» (а) не отличается от сварки стыковых швов с разделкой кромок; за один проход можно сварить шов с катетом до 14 мм включительно. Возможность образования подреза при сварке наклонным электродом (б) ограничивает получение шва с катетом > 8 мм. В этом случае необходимо особенно точно направлять электрод в разделку кромок.

Для обеспечения провара при различной толщине свариваемых элементов сварку осуществляют в несимметричную лодочку или несимметрично наклонным электродом.

Для предупреждения подреза при сварке наклонным электродом его смещают (см. рис. 15, а и в). Ориентировочные режимы сварки угловых швов «в лодочку» приведены в таблице 21. Ориентировочные режимы сварки в угол швов тавровых и нахлесточных соединений приведены в таблице 22.

Таблица 21. Режимы сварки в лодочку угловых швов тавровых и нахлесточных соединений

Катет шва, мм	Диаметр электрода, мм	Ток сварки, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч
6	2	350...400	30...32	26...28
	3	500...550		45...47
	4	550...600		52...54
6	2	450...475	34...36	30
8	3	550...600		
	4	575...625		
8	5	675...725	32...34	32
	2	400...450	32...34	22...25
	3	550...600		28...30
	4	550...650	32...36	30...32
	5	675...725		32
10	3	600...650	34...36	23
	4	650...700		
	5	725...775	32...34	25
10	2	400...450	32...34	12...15
	3	600...650		20...22
	4	650...700	32...36	23
	5	700...800		23...25
12	3	600...650	34...36	15
	4	725...775	36...38	20
	5	775...825		18
12	2	400...450	32...34	8...10
	4	600...650		18...20
	5	750...850	32...36	

Таблица 22. Режимы сварки в угол швов тавровых и нахлесточных соединений (ток пост. обрат. полярн.)

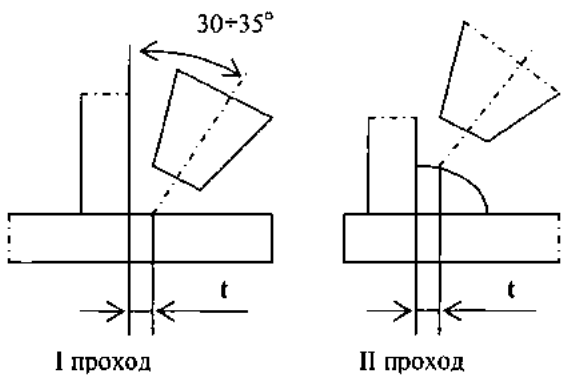
Катет шва, мм	Диаметр электрода, мм	Ток сварки, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	
3	2	200...220	25...28	60	
3	2	120...200	26...28	28...30	
4	2	280...300	28...30	53...55	
	3	350...370			
5	2	373...400	30...32	28...30	
	2	260...280	28...30		
	3	450...500	28...30		54...58
	4				58...60
7	2	375...400	30...32	28...30	
	3	500...530		44...48	
	4	675	32...34	48...50	
8	4	650...700		45	
	5	720...750	38...40	50	

Сварка вертикальным электродом с оплавлением верхней кромки нахлесточного соединения (см. рис.15 д) применяется, когда толщина листа ≤ 8 мм. При этом формируются нормальные швы с вертикальным катетом, равным толщине верхнего листа. Горизонтальный катет обычно больше вертикального в 2 раза. Угловые соединения можно сваривать вертикальным электродом с медной подкладкой (см. рис. 15 е), с гибкими самоклеющимися флюсоносущими лентами или на керамических подкладках.

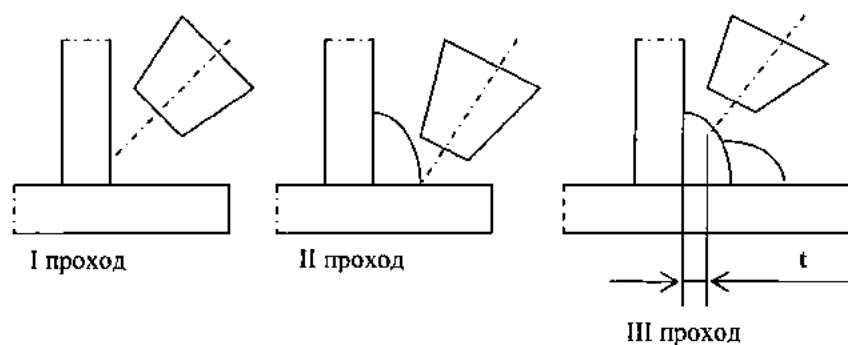
III.3.2 Последовательность автоматической сварки под флюсом многопроходных угловых швов

Последовательность сварки многопроходных швов показана на рис. 15. г. Швы следует располагать так, чтобы ранее наложенный валик препятствовал стеканию металла и шлака последующих слоев.

Таблица 23. Последовательность выполнения многопроходных угловых швов

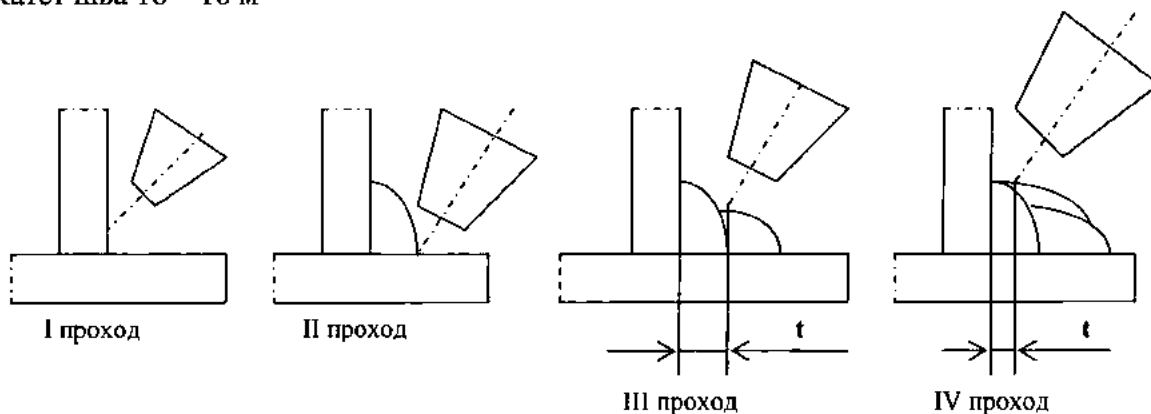
Катет шва 9 – 14 мм				
				
№ прохода	Смещение оси электрода t , мм			
	Диаметр электродной проволоки $d_{эл}$, мм			
	2	3	4	5
I	5 – 7	4 – 6	4 – 6	4 – 6
II	4 – 6	3 – 5	1 – 3	1 – 3

Катет шва 14 – 16 мм



№ прохода	Смещение оси электрода t , мм			
	Диаметр электродной проволоки $d_{эл}$, мм			
	2	3	4	5
I	$0,5d_{эл}$			
II	В кромку I прохода на полку			
III	5 – 7	3 – 5	1 – 3	1 – 3

Катет шва 16 – 18 м



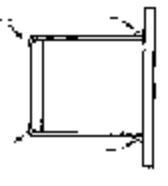
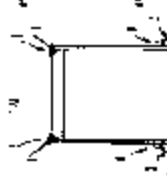
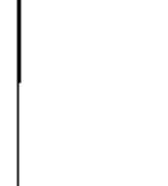
№ прохода	Смещение оси электрода t , мм			
	Диаметр электродной проволоки $d_{эл}$, мм			
	2	3	4	5
I	$0,5d_{эл}$ В кромку I прохода на полку от центра I прохода			
II				
III	2 – 3		3 – 4	
IV	1 - 2		2 - 3	

Таблица 24.

РЕЖИМЫ СВАРКИ БАЛОК КОРУБЧАТОГО СЕЧЕНИЯ WQ

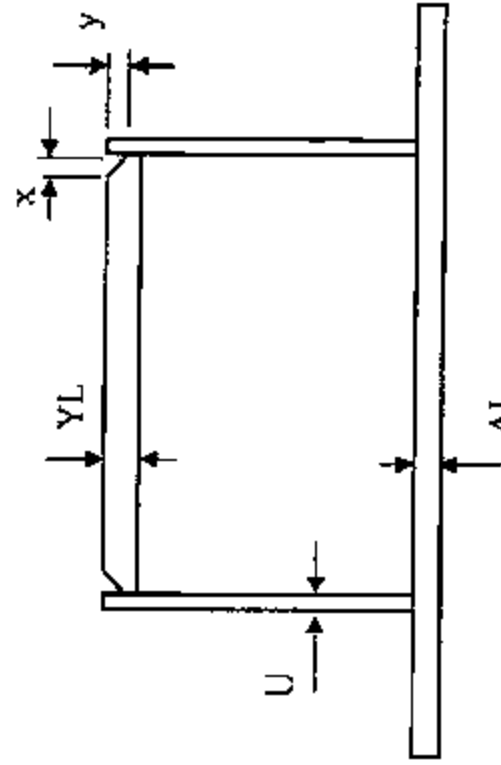
под слоем флюса, в положении РА, РВ (нижнее, в угол). Типы швов FW, BW (в угол и с не полным проплавлением)

Высота шва глубина проплавления	№ процесса Программы	Размеры элементов балки, размер фаски	Сварочной головки/ угол наклона /вылет эл-да, мм	Ток сварки, А	Напряжение сварки, В	Вид Тока (АС, DC ⁺ , DC ⁻)	Ско- рость подачи пров. V _{пр} м/мин	Скорость сварки V _{св.} Мм/мин	Темпо- вло- жения, Ккал/мм	Порядок наложения швов, эскиз	Дополнительные параметры	
											АС частота, Hz	Баланс
S = 5 a = 5	WQ-04 59 CC AC 57 CC DC-	AL ≥ 8 YL ≥ 10 U ≥ 5 x = 7 y = 7	1/0-5°/25 2/0-5°/25 3/5-10°/30 4/5-10°/30	550±30 550±30 550±30 550±30	31,5 ± 1 31,5 ± 1 31 ± 1 31 ± 1	AC AC DC- DC-		750±30 750±30 750±30 750±30	1,2 - 1,6 1,2 - 1,6 1,2 - 1,6 1,2 - 1,6		60 Square wave	25
S = 6 a = 6	WQ-03 59 CC AC 57 CC DC- 57 CC DC- 57 CC DC-	AL ≥ 10 YL ≥ 15 U ≥ 6 x = 8 y = 8	1/0-5°/35 2/0-5°/35 3/5-10°/30 4/5-10°/30	660±30 660±30 650±30 650±30	32 ± 1 32 ± 1 31,5 ± 1 31,5 ± 1	AC AC DC- DC-		700±30 700±30 700±30 700±30	1,6 - 2,0 1,6 - 2,0 1,6 - 2,0 1,6 - 2,0		От 60 до 80 Square wave	25%+ 75% -
S = 7 a = 7	WQ-05 59 CC AC 57 CC DC- 55 CC DC+ 55 CC DC+	AL ≥ 10 YL ≥ 15 U ≥ 7 x = 9 y = 9	1/0-5°/25 2/5-10°/25 3/0-5°/30 4/5-10°/30	715±30 650±30 450±30 470±30	32 ± 1 31,5 ± 1 30 ± 1 31 ± 1	AC DC- DC+ DC+		670±30 670±30 650±30 650±30	1,8 - 2,3 1,6 - 2,1 1,1 - 1,4 1,2 - 1,6		60 Square wave	25
S = 8 a = 8	WQ-06 59 CC AC 57 CC DC- 58 CC DC+ 58 CC DC+	AL ≥ 10 YL ≥ 15 U ≥ 8 x = 10 y = 10	1/0-5°/25 2/5-10°/25 3/0-5°/30 4/5-10°/30	700±30 650±30 450±30 470±30	32 ± 1 32 ± 1 30 ± 1 30 ± 1	AC DC- DC+ DC+		650±30 650±30 610±30 610±30	1,8 - 2,3 1,7 - 2,2 1,1 - 1,5 1,2 - 1,6		60 Square wave	25
S = 10 a = 10	WQ-07 59 CC AC 57 CC DC- 59 CC AC 57 CC DC-	AL ≥ 12 YL ≥ 17 U ≥ 10 x = 12 y = 12	1/0-5°/25 2/5-10°/25 3/5-10°/30 4/5-10°/30	715±30 550±30 715±30 650±30	32 ± 1 31 ± 1 32 ± 1 31,5 ± 1	AC DC- AC DC-		720±30 720±30 640±30 640±30	1,7 - 2,1 1,2 - 1,6 1,9 - 2,4 1,7 - 2,2		60 Square wave	25
S = 5 a = 5	55 CC DC+ 55 CC DC+ WQ-01 59 CC AC 59 CC AC 59 CC AC 59 CC AC	AL ≥ 8 YL ≥ 10 U ≥ 5 x = 7 y = 7	5/0-5°/30 6/5-10°/30 1/0-5°/35 2/0-5°/35	450±30 550±30 500±30 500±30	30 ± 1 31 ± 1 31,5 ± 1 31,5 ± 1	DC+ DC- AC AC		710±30 710±30 700±30 700±30	1,0 - 1,3 1,3 - 1,6 1,18-1,54 1,18-1,54		60 Square wave	25%+ 75% -
S = 6 a = 6	WQ-02 59 CC AC 59 CC AC 59 CC AC 59 CC AC	AL ≥ 8 YL ≥ 10 U ≥ 6 x = 8 y = 8	1/0-5°/35 2/0-5°/35 3/5-10°/30 4/5-10°/30	650±30 650±30 525±30 525±30	33,5 ± 1 33,5 ± 1 31,5 ± 1 31,5 ± 1	AC AC AC AC		620±30 620±30 700±30 700±30	1,86-2,39 1,86-2,39 1,22-1,59 1,22-1,59		60 Square wave	25%+ 75% -
S = 7 a = 7	WQ-08 59 CC AC 59 CC AC 59 CC AC 59 CC AC	AL ≥ 10 YL ≥ 15 U ≥ 7 x = 9 y = 9	1/0-5°/25 2/5-10°/30 3/0-5°/25 4/5-10°/30	715±30 650±30 450±30 470±30	32 ± 1 31,5 ± 1 30 ± 1 31 ± 1	AC AC AC AC		670±30 670±30 650±30 650±30	1,8-2,3 1,6-2,1 1,1-1,4 1,2-1,6		50 Square wave	

S = 6 a = 6	WQ -09	AL ≥ 10 YL ≥ 15 U ≥ 6 x = 8 y = 8	1/0-5 ⁰ /25 2/0-5 ⁰ /25	660+30 660+30	32 ± 1 32 ± 1	AC AC		700+30 700+30	1,6-2,0 1,6-2,0		50 Square wave	
	59 CC AC											
	59 CC AC											
	59 CC AC		3/5-10 ⁰ /30 4/5-10 ⁰ /30	650+30 650+30	31,5 ± 1 31,5 ± 1	AC AC		700+30 700+30	1,6-2,0 1,6-2,0		От 50 до 80 Square wave	
	59 CC AC											
S = 8 a = 8	WQ -10	AL ≥ 10 YL ≥ 15 U ≥ 8 x = 10 y = 10	1/0-5 ⁰ /25 2/5-10 ⁰ /25 3/0-5 ⁰ /30 4/5-10 ⁰ /30	760 650 450 470	32 ± 1 31,5 ± 1 30 ± 1 31 ± 1	AC DC- DC+ DC+	4,2 3,7 1,4 1,6	630 630 610 610	2,32 1,95 1,33 1,43			
	59 CC AC											
	57 CC DC-											
	58 CC DC+											
	58 CC DC+											

Примечание:

1. Вылет электрода из сварочной головки до изделия, указан от среза сопла. Токосъемник должен быть утоплен в сопло на 5+10 мм.
2. При сварке используется сварочная проволока диаметром d = 3,2 мм марки Lincoln L61, сварочный флюс марки Lincoln 780.
3. При сварке по процессам WQ -01 и WQ -02 использовался флюс марки Lincoln P230.
4. Процесс сварки WQ -10 требует дополнительных испытаний.
5. Размеры толщины элементов балки указаны в соответствии с эскизом.
6. Сварка под слоем флюса производится с использованием источников сварочного тока производства Lincoln Power Wave AD/DC™ 10A и сварочных головок NA-5.



Эскиз 1

IV. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ СВАРЩИКОВ, КОНТРОЛЕРОВ И ИТР

IV.1. Сварка металлоконструкций зданий промышленных объектов должна проводиться сварщиками, имеющими удостоверения на право производства соответствующих сварочных работ, выданные им согласно требованиям "Правил аттестации сварщиков", утвержденных Госгортехнадзором России.

К сварке конструкций из сталей с пределом текучести 390 МПа (40 кгс/мм²) и более допускаются сварщики, имеющие удостоверение на право работ по сварке этих сталей.

К механизированным способам сварки допускаются сварщики-операторы, прошедшие специальный курс теоретической и практической подготовки и сдавшие испытания на право производства этих работ.

Сварщики всех специальностей и квалификаций должны сдать испытания на 2-ю квалификационную группу по электробезопасности. Кроме того, все сварщики должны сдать испытания по противопожарным мероприятиям и технике безопасности.

IV.2. Сварщик, впервые приступающий к сварке в данной организации, должен перед допуском к работе независимо от наличия у него удостоверения на право производства соответствующих работ сварить пробные (допускные) образцы.

Сварка пробных образцов должна проводиться в условиях, тождественных с теми, в которых будет выполняться сварка конструкций.

Конструкция и число пробных образцов устанавливаются руководителем сварочных работ в зависимости от типов производственных соединений и квалификации сварщика.

Качество пробных сварных соединений определяется путем визуального контроля на предмет определения сплошности и формирования шва, а при необходимости (по усмотрению руководителя сварочных работ) - с помощью неразрушающих физических методов контроля.

Качество пробных сварных соединений необходимо оценивать по нормам, предусмотренным для таких же производственных соединений. Пробные соединения должны быть идентичными или однотипными по отношению к тем производственным соединениям, которые будет сваривать проверяемый сварщик. Характеристика однотипных сварных соединений дана в "Правилах аттестации сварщиков"

IV.3. Сварщики допускаются к тем видам работ, которые указаны в удостоверении. В удостоверении должны быть перечислены марки сталей или группы марок сталей в соответствии с "Правилами аттестации сварщиков", к сварке которых допускается сварщик.

IV.4. Для сварки при температуре ниже минус 30°C сварщик должен предварительно сварить пробные стыковые образцы при температуре не выше указанной. При удовлетворительных результатах механических испытаний пробных образцов сварщик может быть допущен к сварке при температуре на 10°C ниже температуры сварки пробных образцов.

IV.5. Руководство сварочными работами должно осуществлять лицо, имеющее документ о специальном образовании или подготовке в области сварки.

К руководству работами по сварке, контролю сварных соединений и операционному контролю допускаются ИТР, изучившие настоящий РД, соответствующие СНиП, рабочие чертежи изделий, производственно-технологическую документацию (ПТД) по сварке и методические инструкции по контролю.

Знания ИТР и их профессиональная подготовка по сварочному производству должны быть проверены комиссией, назначенной приказом руководителя предприятия. Знания ИТР проверяются не реже одного раза в три года.

IV.6. К выполнению работ по контролю качества сварных соединений допускаются контролеры, прошедшие специальную программу теоретического и практического обучения и получившие удостоверение на право выполнения работ по дефектоскопии сварных соединений соответствующим видом (способом) контроля. Контролеры по

физическим методам контроля должны аттестовываться в соответствии с "Правилами аттестации специалистов неразрушающего контроля", утвержденными Госгортехнадзором России 18.08.92 г.

IV.7. Подготовку контролеров должны осуществлять специальные учебные заведения или подразделения профессиональной подготовки (учебные комбинаты, центры, курсы и т.п.) предприятий, выполняющие работы по контролю качества сварки и имеющие лицензию на право проведения таких работ.

Подготовка контролеров должна быть специализирована по методам контроля (ультразвуковая дефектоскопия, радиографирование и др.), а при необходимости - по типам сварных соединений, что должно быть указано в их удостоверениях. Каждый контролер может быть допущен только к тем методам контроля, которые указаны в его удостоверении. Контролер, имевший перерыв в работе (по данному виду контроля) свыше 6 месяцев, должен вновь сдать экзамены в полном объеме.

V. ТРЕБОВАНИЯ К ОСНОВНЫМ МАТЕРИАЛАМ

V.1. Для сварных металлоконструкций зданий применяются углеродистые и низколегированные стали в соответствии с ГОСТ 27772.

V.2. Поступающий на монтажный участок листовой и фасонный прокат должен иметь сертификат завода-изготовителя с указанием химического состава и механических свойств.

V.3. Входной контроль металла (листов, профильного проката) и конструктивных элементов металлоконструкций зданий, поступающих на предприятие для изготовления, укрупнения и монтажа, включает:

- проверку наличия сертификата или паспорта, полноты приведенных в нем данных и соответствия этих данных требованиям стандарта, технических условий, проектной или конструкторской документации;
- проверку наличия заводской маркировки и соответствия ее сертификатным или паспортным данным;
- осмотр металла и конструктивных элементов для выявления поверхностных дефектов и повреждений, выводящих толщину металла за пределы минусовых отклонений, регламентированных ГОСТ 19903 и ГОСТ 19904;
- осмотр и обмер (при наличии соответствующих указаний в ПТД) конструктивных элементов (узлов, блоков, ферм, стропил и др.) для выявления деформаций, нарушающих геометрические формы и размеры конструкций, оговоренных проектно-конструкторской документацией.

V.4. При отсутствии сертификата или неполноте сертификатных данных применение этого металла может быть допущено только после проведения необходимых испытаний, подтверждающих соответствие металла всем требованиям стандарта или технических условий.

V.5. Входной контроль основных материалов (металла и конструктивных элементов) осуществляет организация - заказчик этих материалов. Результаты входного контроля должны быть переданы организации, осуществляющей изготовление или монтаж конструкций.

VI. СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНТРОЛЬ ИХ КАЧЕСТВА

VI.1. Входной контроль сварочных материалов

Сварочные материалы перед использованием должны быть проконтролированы:

- на наличие сертификата (на электроды, проволоку и флюс) с проверкой полноты приведенных в нем данных и их соответствия требованиям стандарта, технических условий или паспорта на конкретные сварочные материалы;
- на наличие на каждом упаковочном месте (пачке, коробке, ящике, мотке, бухте и пр.) соответствующих этикеток (ярлыков) или бирок с проверкой указанных в них данных;
- на отсутствие повреждений упаковок и самих материалов.

VI.2. Сварочная проволока

VI.2.1. Для автоматической и механизированной сварки под слоем флюса сталей всех марок, приведенных в п. V.1 настоящего документа, применяется сварочная проволока сплошного сечения по ГОСТ 2246. Области применения сварочной проволоки для этих видов сварки приведены в табл. VI.1.

VI.2.2. Каждая часть сварочной проволоки, отделенная от бухты (мотка), должна быть снабжена биркой, на которой указывается завод-изготовитель, марка, номер плавки и диаметр проволоки.

VI.2.3. Сварочная проволока сплошного сечения должна храниться в условиях, исключающих ее загрязнение или коррозию. Перед употреблением проволока должна быть проконтролирована путем внешнего осмотра на предмет определения чистоты поверхности.

При необходимости проволоку очищают от ржавчины и грязи травлением в 5% растворе соляной или ингибированной (3% раствор уротропина в соляной кислоте) кислоты.

Можно очищать проволоку, пропуская ее через специальные механические устройства (в том числе через устройства, заполненные сварочным флюсом, кирпичом, осколками наждачных кругов и войлочными фильтрами). Перед очисткой бухту проволоки рекомендуется прокалить при температуре 150-200°C в течение 1,5-2 часов.

Разрешается также очищать проволоку наждачной шкуркой или любыми другими способами до металлического блеска. При очистке проволоки нельзя допускать ее резких перегибов (переломов), что может нарушить нормальный процесс подачи проволоки в зону сварки.

Таблица VI.1

Область применения сварочной проволоки и флюса

Группы конструкций в климатических районах (определяется проектом и проставляется в чертежах КМ)	Обозначение стали (характеристика стали по пределу текучести)	Марки проволоки и флюса для сварки	
		проволока	флюс
Группы 2, 3 и 4 – во всех районах, кроме I ₁ , I ₂ , II ₂ , III ₃	С235, С245, С255, С275, С285	Св-08А, Св-08АА, Св-08ГА	ОСЦ-45, ОСЦ-45М, АН-348А, АН-348АМ, АН-42, АН-42М, АН-60, ФЦ-16, АНЦ-1
		Св-06А, Св-08ГСМТ	АН-42, АН-42М
		СВ-08ГС, СВ-10Г2	ФЦ-16
	С345, С345Т, С345Д, С375, С375Т, С375Д	Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10Г2, Св-08ГС	ОСЦ-45, ОСЦ-45М, АН-348А, АН-348АМ, АН-60, АНЦ-1
		Св-10НМА	АН-43
		Св-10Г2, Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10НМА	АН-47, АН-17М, АН-348А

	C345K	Св-08Х1ДЮ	АН-348А
	C390, C390Д, C390Т, C390К, C440, C440Д	Св-10НМА, Св-10Г2, Св-08ГА, Св-10ГА	АН-47, АН-17М, АН-348А
Группы 2, 3 и 4 – в районах I ₁ , I ₂ , II ₂ , II ₃	C235, C245, C255, C275, C285	Св-08А, Св-08АА, Св-08ГА	ОСЦ-45, АН-348А, АН-348АМ, АН-42, АН-42М, ФЦ-16, АНЦ-1
		Св-08ГСМТ	АН-42, АН-42М
		Св-08ГС, Св-10Г2	ФЦ-16
	C345, C345Т, C345Д, C375, C375Т, C375Д	Св-10НМА	АН-43
		Св-10Г2, Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10НМА	АН-47, АН-17М, АН-348А
	C345K	Св-08Х1ДЮ	АН-348А
	C390, C390Д, C390Т, C390К, C440, C440Д	Св-10Г2, Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10НМА	АН-47, АН-17М, АН-348А

Примечание. Флюсы АН-60М рекомендуется применять только для механизированной сварки.

VI.2.4. Для сварки сталей C255, C345, C355, применяется проволока марки Св-08Г2С.

VI.2.5. Флюс АН-60 М поставляется по ГОСТ 9087-81

VI.3. Флюс для автоматической и механизированной сварки

VI.3.1. Для автоматической и механизированной сварки под флюсом металлоконструкций следует применять флюсы, приведенные в таблице. VI.2.

Таблица VI.2

Марки и режимы прокалики флюсов

Марка флюса	Режимы прокалики перед использованием	
	Температура, °С	Время (продолжительность) прокалики, час (допуск +0,5 ч)
ОСЦ-45, ОСЦ-45М, АН-348А, АН-348АМ, АНЦ-1	300-400	1,0
АН-17М, АН-43, АН-47, АН-60	400-450	2,0
ФЦ-16	600-640	4,0
АН-42, АН-42М	630-670	4,0

VI.3.2. Флюс должен храниться в герметичной таре в теплом отапливаемом помещении, отвечающем следующим требованиям

- должна поддерживаться температура не ниже 15°С, при этом относительная влажность не должна быть более 50%;
- должны быть установлены печи для прокалики, обеспечивающие суточную потребность участка.

VI.3.3. Перед применением флюс должен быть прокален по режиму, приведенному в стандарте, паспорте или технических условиях. В случае отсутствия таких указаний следует руководствоваться табл. VI.2. После прокалики флюс можно использовать в течение 15 суток при условии хранения его в соответствии с требованиями п. VI.3.3 настоящего документа. По истечении этого срока флюс перед применением следует вновь прокалить.

VI.3.4. Перед выдачей флюса на производство необходимо убедиться в том, что он был подвергнут прокалке и срок действия прокалки не истек.

VII.СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ ДЛЯ ДЕФЕКТОСКОПИИ

VII.1. Оборудование для сварки и резки, аппаратура для дефектоскопии, контрольно-измерительные приборы (амперметры, вольтметры и др.), поставляемые отдельно от оборудования, и сборочно-сварочная оснастка (называемые в дальнейшем "оборудование") должны иметь паспорт завода-изготовителя, подтверждающий пригодность данного экземпляра оборудования для предназначенной работы.

Оборудование, применяемое для сварки и резки, должно обеспечивать заданные ПТД режимы, а также контроль параметров режима.

VII.2. Оборудование перед использованием должно быть проконтролировано на: наличие паспорта завода-изготовителя, комплектность и исправность, действие срока последней проверки и госповерки (для аппаратуры и приборов, подлежащих госповерке).

VII.3. На предприятии-владельце оборудования должны быть составлены графики осмотров, проверок, профилактических (текущих) и капитальных ремонтов оборудования, проверок средств измерений, утвержденные главным инженером предприятия. В графиках, помимо сроков (дат) контроля и ремонта, указываются фамилии лиц, ответственных за проведение этих операций.

Периодичность осмотров, проверок, ремонтов должна соответствовать требованиям паспортов или других документов.

Основные требования к организации и порядку проведения проверки средств измерений должны соответствовать ГОСТ 8.513.

Для сварочного оборудования может быть принята периодичность осмотра и ремонта, указанная в табл.VII.1.

Каждый раз перед началом работы производится проверка оборудования лицом, которое будет работать на этом оборудовании.

VII.4. Все вновь полученные, а также отремонтированные аппараты для дефектоскопии и контрольно-измерительные приборы подлежат настройке и проверке правильности их показаний. Результаты проверки, а также данные о характере ремонта должны быть зафиксированы в паспорте (формуляре) прибора или журнале учета состояния оборудования. Проверку дефектоскопов должен производить дефектоскопист не ниже 5-го разряда.

Таблица VII.1

Периодичность осмотра и ремонта сварочного оборудования

Вид оборудования	Вид обслуживания и межремонтные сроки		
	осмотр	текущий ремонт	капитальный ремонт
Сварочные выпрямители	2 раза в месяц	4 раза в год	1 раз в 3 года
Сварочные преобразователи	еженедельно	6 раз в год	1 раз в 2 года
Сварочные автоматы и полуавтоматы	ежедневно	4 раза в год	1 раз в 2 года

VII.5. Сварочные установки (источники питания, автоматы, полуавтоматы) должны быть снабжены исправной контрольно-измерительной аппаратурой или другими устройствами, предусмотренными конструкцией данной установки. Для периодического контроля величины сварочного тока можно пользоваться переносным амперметром.

VII.6. Все обнаруженные при проверке оборудования неисправности должны быть устранены до начала выполнения на нем производственных операций.

VII.7. На предприятии необходимо вести журнал учета состояния оборудования, в котором фиксируют результаты его ремонта и проверки.

Для питания сварочной дуги постоянным током применяются однопостовые источники питания в виде преобразователей и выпрямителей.

При сварке постоянным током для регулирования величины тока в сварочную цепь должен включаться балластный реостат типов РБ-201, РБ-300, РБГ-502 и др.

VII.8. Колебания напряжения сети, к которому подключено сварочное оборудование, не должны превышать $\pm 5\%$ от минимального значения.

VII.9. Контроль значений сварочного тока следует производить периодически переносными или стационарно установленными амперметрами.