

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра технологии машиностроения

Составители
Н. В. Абабков
Е. Е. Левашова
М. В. Пимонов

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕЗКИ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания к лабораторным занятиям

Рекомендовано учебно-методическими комиссиями
направления подготовки 15.03.01 Машиностроение
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2019

Рецензент

Клепцов А. А. – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии машиностроения

Абабков Николай Викторович

Левашова Елена Евгеньевна

Пимонов Максим Владимирович

Технология и оборудование термической резки материалов: методические указания к лабораторным работам [Электронный ресурс] для обучающихся направления подготовки 15.03.01 Машиностроение, профиль 01 Оборудование и технология сварочного производства, всех форм обучения / сост.: Н. В. Абабков, Е. Е. Левашова, М. В. Пимонов; КузГТУ. – Кемерово, 2019.

Методические указания предназначены для обучающихся по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение, профиль 01 Оборудование и технология сварочного производства при изучении дисциплины «Технология и оборудование термической резки материалов». В методических указаниях изложены лабораторные работы и форма контроля.

© КузГТУ, 2019

© Абабков Н. В.,
Левашова Е. Е.,
Пимонов М. В.,
составление, 2019

Содержание лабораторных работ

Лабораторная работа №1

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ. СВАРОЧНАЯ ПРОВОЛОКА, ПОКРЫТЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ И ИХ МАРКИРОВКА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является ознакомление с классификацией и маркировкой электродов для ручной дуговой сварки и их применением, а также со стальными сварочными проволоками сплошного сечения и порошковыми проволоками.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Многообразие сварочных материалов, используемых в настоящее время промышленностью, определяется широким диапазоном требований, предъявляемых к металлу сварных швов, наличием большого перечня сварочных технологий и подходов к их реализации.

Классификация сварочных материалов в связи с их большим разнообразием затруднена. Можно выделить лишь некоторые общие признаки, характерные для различных групп сварочных материалов. В первую очередь это назначение сварочных материалов и их роль в процессе сварки. По этому признаку различают: электродные и защитные материалы.

Электродные материалы должны обеспечивать выполнение двух основных функций: осуществлять токоподвод в зону сварки и формировать сварной шов за счет перехода в сварочную ванну расплавленного присадочного материала. В зависимости от технологии сварки и схемы ее реализации электродные материалы могут выполнять либо только одну из перечисленных функций, либо обе одновременно. С этой точки зрения различают плавящиеся и неплавящиеся электродные материалы.

Плавящиеся электродные материалы играют ведущую роль в формировании сварного шва, определяя его геометрические раз-

меры, обеспечивая переход значительного объема расплавленного присадочного материала в сварочную ванну. Он может быть токоведущими и выполнять роль электродов в сварочном процессе либо не токоведущими – в этом случае они являются присадками. Плавящиеся электродные материалы различаются по химическому составу наплавленного металла и соответственно области применения изготовленных из них сварных швов. Кроме того, они подразделяются по своему конструктивному исполнению:

- штучные покрытые электроды для ручной дуговой сварки;
- прутки;
- проволоки сплошного сечения;
- порошковые проволоки;
- порошковые ленты;
- порошки.

2.1. Покрытые электроды для ручной дуговой сварки

Электроды для ручной дуговой сварки являются наиболее широко применяемым видом сварочных материалов. Только перечень марок электродов, разработанных к настоящему времени в нашей стране, составляет несколько сот наименований. Это объясняется такими преимуществами ручной дуговой сварки перед другими сварочными процессами, как маневренность, универсальность и высокое качество сварных швов. Правда, ручная дуговая сварка уступает механизированным методам дуговой сварки по производительности (автоматическая сварка под флюсом, сварка в среде защитных газов), но предоставляет ряд возможностей, которыми не обладают механизированные дуговые методы сварки. Возможность формирования сварного шва в разных пространственных положениях делает чаще всего незаменимым этот вид сварки при строительных, ремонтных и монтажных работах. Сварка криволинейных участков прежде всего осуществляется ручным дуговым методом. Да и использование механизированных методов очень часто совмещается с ручной дуговой сваркой, которой выполняется первый слой (или первые слои на толстолистовом металле) во избежание прожогов и протекания металла в результате образования значительного объема сварочной ванны,

создаваемой более производительными механизированными методами.

Наплавленный металл, полученный ручной дуговой сваркой, характеризуется более высоким металлургическим качеством, чем металл швов, выполненный механизированными методами. Это относится к степени раскисления, газонасыщенности (при использовании соответствующих электродов плотности и к кристаллическому строению (разориентированности кристаллитов). Все перечисленное обеспечивает более высокий комплекс свойств, получаемых ручной электродуговой сваркой по сравнению с механизированными методами даже при близком химическом составе наплавленного металла. Покрытый электрод для ручной дуговой сварки представляет собой металлический стержень с фиксированными длиной и диаметром, на поверхность которого нанесено специальное покрытие – обмазка. Электродный стержень выполняет роль токоподвода в зону сварки, в связи с чем на одном из его концов обмазка отсутствует. Именно этой стороной электрод крепится в электрододержателе. Помимо этого, электродный стержень при своем плавлении обеспечивает переход присадочного материала в сварочную ванну. Электродное покрытие наносится на поверхность металлического стержня методом опрессовки или окунания и представляет собой многокомпонентный набор различных руд и минералов, которые в порошкообразном виде замешиваются на связующих веществах, состав электродного покрытия должен обеспечивать выполнение таких функций, как защитная, стабилизирующая и легирующая.

Защитная функция обмазки электрода для ручной дуговой сварки призвана обеспечить защиту жидкого металла как сварочной ванны, так и капель присадочного материала от контакта с воздушной средой. Варианты реализации защитной функции электродного покрытия включают в себя шлаковый, газовый и газошлаковый типы защиты.

Формирование шлаковой фазы в зоне сварки достигается за счет плавления, входящих в обмазку электрода шлакообразующих компонентов – разнообразных оксидов металлов, галогенных и сложносоставных соединений. В зависимости от преобладающего количества тех или иных компонентов получающиеся шлаки классифицируют на следующие виды:

- рудно-кислые (на основе оксидов FeO, MnO, Si₂O);
- рутиловые (со значительным содержанием TiO₂);
- фтористо-кальциевые (содержащие в шлаках наряду с CaO, CaF₂ и другие фториды). CaO, CaF₂ и другие фториды).

Газовый тип защиты обеспечивается путем активного выделения в процессе сварки защитной газовой среды, состоящей преимущественно из углекислого газа. Достигается это за счет введения в электродное покрытие органических составляющих и классифицирования его как целлюлозного. Помимо этого, широко используются смешанные типы покрытия, содержащие два и более компонентов, а также покрытия, содержащие железный порошок.

Рудно-кислое покрытие электродов содержит шлакообразующие элементы – окислы железа и марганца (преимущественно в виде руд) и различные алюмосиликаты (полевошпат, пегматит, гранит и др.). Газовая составляющая защитной функции в основном обеспечивается за счет разложения органических составляющих покрытия (оксицеллюлозы, крахмала, декстрина, древесной муки). В процессе сварки с использованием электродов с рудно-кислым покрытием наблюдается заметное повышение концентрации кислорода в сварном шве. При этом окислительной средой является именно шлаковая фаза, а газы, выделяющиеся при сварке, оказывают, как правило, восстановительное действие. Повышенная концентрация кислорода в металле шва при сохранении удовлетворительной, а иногда и несколько повышенной прочности, приводит к снижению пластичности и ударной вязкости.

Для раскисления металла в покрытие вводят ферромарганец. Значительное количество теплоты, выделяющейся при окислении марганца, обеспечивает высокую скорость расплавления электрода. Основная часть марганца в ферромарганце в процессе сварки окисляется и лишь небольшая часть переходит в металл шва.

Металл, наплавленный электродами с рудно-кислым покрытием, по химическому составу чаще всего соответствует кипящей стали. Электроды с рудно-кислым покрытием не стоит использовать при сварке сталей с повышенным содержанием углерода, а также для сварки жестких конструкций, в которых могут возникать значительные напряжения. Они позволяют производить

сварку на переменном и постоянном токе. При нормальной толщине покрытия (коэффициент массы покрытия 30–40%) эти электроды пригодны для сварки во всех пространственных положениях. При большой толщине покрытия электроды применяются только для сварки в нижнем положении.

Шлаки, образующиеся при расплавлении рудно-кислых покрытий, незначительно снижают содержание серы в наплавленном металле, в связи с чем их не рекомендуется применять для сварки сталей с повышенным содержанием серы. Электроды с рудно-кислым покрытием позволяют сваривать металл с ржавыми кромками и окалиной, вести сварку удлиненной дугой и обеспечивают при этом получение плотных швов с ровной чешуйчатой поверхностью и малой склонностью к образованию пор. Наличие в покрытии этих электродов значительного количества окислов железа и ферромарганца обуславливает выделение при сварке в зоне дыхания сварщика большого количества токсичных соединений марганца. В связи с повышенной токсичностью объемы выпуска электродов с рудно-кислым покрытием в последние годы резко сократились. Их заменили электроды с рутиловым покрытием.

Шлакообразующую основу электродов с рутиловым покрытием составляет рутиловый концентрат, используемый с различными алюмосиликатами (слюда, полевой шпат, каолин и др.) – рутилалюмосиликатные покрытия, либо с карбонатами (мрамор, магнезит) – рутилкарбонатные покрытия. Этот тип покрытия обеспечивает формирование преимущественно шлакового типа защиты жидкого металла. Газовая защита расплавленного металла обеспечивается за счет разложения органических составляющих покрытия, а также карбонатов.

Электроды с рутилкарбонатным покрытием обеспечивают более высокое качество металла шва, чем электроды с рутилалюмосиликатным покрытием. Окисление металла шва при использовании рутиловых покрытий намного меньше по сравнению с рудно-кислыми. Раскисление металла осуществляется главным образом марганцем, вводимым в состав покрытия в виде ферромарганца.

Электроды с рутиловым покрытием обладают высокими сварочно-технологическими свойствами, обеспечивают отличное

формирование швов с плавным переходом к основному металлу, малые потери металла от разбрызгивания, легкую отделимость шлаковой корки, стабильное горение дуги при сварке на переменном и постоянном токе любой полярности. Металл шва, сваренного с помощью электродов с рутиловым покрытием, мало склонен к образованию пор при колебаниях длины дуги, сварке влажного и ржавого металла, сварке по окисленным поверхностям. Стойкость металла швов против образования кристаллизационных трещин несколько выше, чем у электродов с руднокислым покрытием.

В зависимости от толщины покрытия электроды могут быть предназначены для сварки либо во всех пространственных положениях, либо только в нижнем положении. Благодаря высоким сварочно-технологическим свойствам, механическим свойствам металла шва и благоприятным санитарно-гигиеническим характеристикам электроды с рутиловым покрытием получили широкое распространение.

Промежуточным вариантом между руднокислым и рутиловым покрытиями электродов является **ильменитовое** покрытие. Название покрытия происходит от минерала «ильменит» ($\text{FeO} \cdot \text{TiO}$). Концентрат ильменита является основной составляющей покрытия, в которое могут входить также марганцевая руда, алюмосиликаты, карбонаты, ферросплавы и органические составляющие. В зависимости от содержания оксида железа в ильмените, могут существенно меняться сварочно-технологические свойства электродного покрытия. При повышенном содержании FeO (около 50 %) для них характерно повышенное разбрызгивание металла, неблагоприятные гигиенические характеристики и т.п. Низкое содержание окислов железа в покрытии (до 30 %) позволяет улучшить сварочно-технологические и гигиенические характеристики электродов с таким покрытием и качество выполняемых ими швов.

Фтористо-кальциевое покрытие электродов относится преимущественно к шлакозащитным покрытиям, в составе шлакообразующих компонентов которых содержится плавиковый шпат (CaF_2) и карбонаты кальция и магния (мрамор, мел, магнезит). Газовая защита расплавленного металла обеспечивается

за счет углекислого газа, образующегося при разложении карбонатов. Именно газовая фаза при использовании этого типа покрытия является основным источником кислорода в сварном шве. Раскисление металла осуществляется помимо марганца и кремния такими активными раскислителями, как титан или алюминий, вводимыми в покрытие в виде соответствующих ферросплавов или металлических порошков. Это обеспечивает низкое содержание кислорода в жидком металле и способствует почти полному удалению из расплавленного металла продуктов раскисления. Однако при удлинении дуги качество защиты жидкого металла значительно ухудшается и приводит к повышенной растворимости в металле шва азота и водорода. Металл, наплавляемый электродами с фтористо-кальциевым покрытием, по химическому составу соответствует спокойной стали. Содержание серы и фосфора не превышает 0,035 % каждого. Низкое содержание этих элементов обусловлено повышенной рафинирующей способностью фтористо-кальциевых шлаков.

Благодаря малому содержанию газов, неметаллических включений и вредных примесей металл швов, выполненных электродами с фтористо-кальциевым покрытием, стоек против старения, имеет высокие показатели ударной вязкости, как при положительных, так и отрицательных температурах и обладает повышенной стойкостью против образования кристаллизационных трещин.

Эти электроды особенно пригодны для сварки металла большой толщины, жестких конструкций из литых углеродистых, низколегированных высокопрочных сталей и сталей с повышенным содержанием серы и углерода. Металл, наплавленный электродами с фтористо-кальциевым покрытием, весьма чувствителен к образованию пор при наличии ржавчины или масла на кромках свариваемых изделий, а также при увлажнении покрытия и удлинении дуги. Для получения плотного металла необходимо, чтобы влажность фтористо-кальциевого покрытия, определенная после прокалки при температуре 400 °С, не превышала 0,2 %.

Электроды с фтористо-кальциевым покрытием можно применять для сварки во всех пространственных положениях или только в нижнем положении. Сварку этими электродами производят, как правило, постоянным током обратной полярности.

Регулирование механических свойств металла шва осуществляется введением в покрытие различных легирующих элементов в виде чистых металлических порошков и ферросплавов. Фтористые покрытия не рекомендуется применять при выполнении сварки в замкнутых или полузамкнутых конструкциях ограниченного объема, в которых возможно накопление выделяющихся в процессе сварки фтористых газов.

Электроды с **органическим** покрытием предназначены для создания газового типа защиты жидкого металла сварочной ванны за счет разложения в процессе плавления электрода органических составляющих и выделения углекислого газа. Шлакообразующие добавки занимают небольшую часть от объема покрытия и состоят из рутила, титанового концентрата, марганцевой руды, алюмосиликатов и карбонатов. Раскислителем служит ферромарганец. Электроды этого типа имеют, как правило, небольшую толщину покрытия (коэффициент массы покрытия – 15–25 %) и при сварке образуют небольшое количество шлака. Эти электроды особенно пригодны для сварки во всех пространственных положениях (на монтаже) и при недостаточно хорошей сборке конструкций. Они могут применяться при сварке постоянным и переменным током. Особенностью электродов этого типа являются очень большие (до 20 %) потери расплавленного металла от разбрызгивания. Органическое покрытие не допускает перегрева в процессе сушки и при сварке. Поэтому температуру для просушки электродов перед сваркой ограничивают в пределах 100–120°C. Выгорание органических составляющих покрытия при его перегреве, приводит к изменению химического состава металла шва по его длине. Металл, наплавленный электродами с органическим покрытием, по химическому составу соответствует полуспокойной или спокойной стали.

Для повышения производительности плавления электродов для ручной дуговой сварки в состав покрытий часто вводят железный порошок. По его технологическим свойствам и содержанию в покрытии электроды условно могут быть разделены на три группы. В покрытиях электродов первой группы он введен в небольших количествах (до 15–20 %) с целью улучшения сварочно-технологических свойств электродов, а именно: устойчивости горения дуги, равномерного плавления покрытия, снижения

разбрызгивания расплавленного металла и т. д. Производительность электродов при этом возрастает мало.

Основное назначение электродов первой группы – сварка металлов средней толщины (3–12 мм) в монтажных и заводских условиях, где преобладают короткие и криволинейные швы, расположенные в различных пространственных положениях.

В покрытиях электродов второй группы железный порошок содержится в количестве 30–35 %. Введение в покрытие такого его количества с одновременным увеличением толщины покрытия (до определенных пределов) позволяет не только улучшить сварочно-технологические свойства электродов, но и повысить их производительность. Электроды второй группы называют универсальными электродами повышенной производительности. Ими можно сваривать во всех пространственных положениях, но наиболее эффективно их применение в заводских условиях, где большинство швов сваривают в нижнем положении. Электроды второй группы следует применять при сварке швов большой протяженности с большим катетом при толщине основного металла 10–20 мм.

Электроды третьей группы с высоким содержанием железного порошка (более 35 %) называют высокопроизводительными. Эти электроды пригодны для сварки конструкций только в нижнем или наклонном положениях. Рекомендуются главным образом для заводской сварки при наличии швов большой протяженности.

Стабилизирующая функция электродного покрытия призвана обеспечить стабильность существования электрической дуги, что достигается вводом в зону сварки элементов с низким потенциалом ионизации. Для этих целей в покрытие добавляют соединения, содержащие калий, натрий и кальций. Эти элементы присутствуют в K_2O , Na_2O и в некоторой степени в CaO . Такие соединения вносятся связующими компонентами электродного покрытия, чаще всего жидким стеклом. Их суммарное количество должно составлять не менее 3–4,5 % в зависимости от рода используемого тока. Покрытия, выполняющие только стабилизирующую функцию, наносятся на электродный стержень тонким слоем. Масса такого покрытия составляет обычно 1–2 % массы стержня.

Легирующая функция электродного покрытия обеспечивает создание в наплавленном металле требуемого химического состава. Обеспечение нужной степени легирования только за счет стержня затруднительно. Электродная проволока, используемая для изготовления стержней, как правило, изготавливается из легко деформируемых сталей с небольшой величиной удельного электросопротивления. Перечень марок таких проволок весьма ограничен и не позволяет охватить все многообразие сталей, подвергаемых сварке. Для расширения диапазона систем легирования требуемые элементы вводят в виде ферросплавов или порошков чистых металлов в обмазку электрода. При последующем плавлении эти легирующие элементы переходят в сварочную ванну.

Все эти и другие характеристики электрода отражаются в его маркировке или паспорте. Условное обозначение покрытых электродов для ручной дуговой сварки или наплавки регламентируется ГОСТ 9466 «Электроды покрытые для ручной дуговой сварки и наплавки. Классификация и общие технические условия». Химические составы электродов, предназначенных для сварки сталей различных классов, регламентируются следующими стандартами.

ГОСТ 9467 «Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей».

ГОСТ 10052 «Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами».

ГОСТ 10051 «Электроды покрытые металлические для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами».

Структура условного обозначения электрода по ГОСТ 9466–75 приведена на рис. 1.

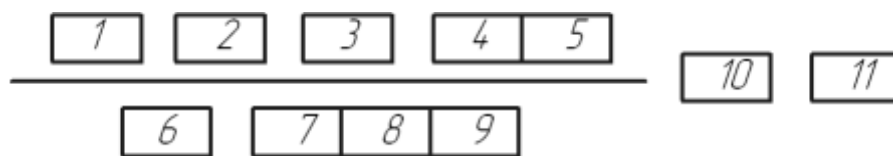


Рис. 1. Структура условного обозначения электрода для ручной дуговой сварки

В структуру условного обозначения электрода включены следующие позиции:

1 – тип электрода.

Различают следующие типы электродов:

а) для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 490 МПа (50 кгс/мм^2) – Э38, Э42, Э46, Э50;

б) для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 490 МПа (50 кгс/мм^2), когда к металлу сварных швов предъявляются повышенные требования по пластичности и ударной вязкости – Э42А, Э46А, Э50А;

в) для сварки углеродистых и низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву от 490 МПа (50 кгс/мм^2) до 588 МПа (60 кгс/мм^2) – Э55, Э60;

г) для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности с временным сопротивлением разрыву 588 МПа (60 кгс/мм^2) – Э70, Э85, Э100, Э125, Э150;

д) для сварки теплоустойчивых сталей – Э-09М, Э-09МХ, Э-09Х1М, Э-05Х2М, Э-09Х2М1, Э-09ХШФ, Э-10Х1МНБФ, Э-10Х3М1БФ, Э-10Х5МФ;

е) для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами – Э-12Х13, Э-06Х13Н, Э-10Х17Т, Э-12Х11НМФ, Э-12Х11НВМФ и др.;

ж) для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами – Э-10Г2, Э-10Г3, Э-12Г4, Э-15Г5, Э-16Г2ХМ, Э-30Г2ХМ и др.

Обозначение типа электродов для конструкционных сталей (п. 1 а-г) состоит из:

- индекса Э – электрод для ручной дуговой сварки и наплавки;
- цифр, следующих за индексом, указывающих величину временного сопротивления разрыву, кгс/мм^2 ;
- индекса А, указывающего на повышенные требования по пластичности и ударной вязкости, предъявляемые к металлу шва и наплавленного слоя.

Значения показателей механических свойств металла шва и наплавленного металла для электродов разных типов электродов для конструкционных сталей приведены в таблице 1.

Таблица 1

Тип электрода	Механические свойства при нормальной температуре					Содержание в наплавленном металле, %	
	металла шва или наплавленного металла			сварного соединения, выполненного элект- родами диаметром менее 3 мм			
	δ_B , МПа	δ_5 , %	a_n , KCV Дж/см ²	δ_B , МПа	Угол загиба, град.	S	P
Э38	372(38)	14	29(3)	372 (38)	60	0,04	0,045
Э42	412(42)	18	78(8)	412(42)	150		
Э46	451 (46)	18	78(8)	451 (46)	150		
Э50	490(50)	16	69(7)	490 (50)	120		
Э42А	412 (42)	22	147(15)	412 (42)	180	0,03	0,035
Э46А	451 (46)	22	137(14)	451 (46)	180		
Э50А	490 (50)	20	128(13)	490 (50)	150		
Э55	539 (55)	20	118(12)	539 (55)	150		
Э60	588(60)	18	98 (10)	588 (60)	120		
Э70	686 (70)	14	59(6)	—	—		
Э85	833 (85)	12	49(5)	—	—		
Э100	980 (100)	10	49(5)	—	—		
Э125	1225 (125)	8	39(4)	—	—		
Э150	1470 (150)	6	39(4)	—	—		

Показатели механических свойств сварного соединения, выполненного электродами диаметром менее 3 мм, для типов Э70, Э80, Э100, Э125, Э150 должны соответствовать техническим условиям или стандартам на конкретную марку электрода.

Обозначение типа электродов по п. 1 д, е, ж состоит из:

- индекса Э – электрод для ручной дуговой сварки и наплавки;
- цифры у следующие за индексом, указывают среднее содержание углерода в наплавленном металле в сотых долях процента;
- буквы и цифры, следующие далее, определяют содержание химических элементов в процентах.

Порядок расположения буквенных обозначений химических элементов определяется уменьшением среднего содержания соответствующих элементов в наплавленном металле. При среднем содержании основного химического элемента в наплавленном металле менее 1,5 % число за буквенным обозначением химического элемента не указывается. При среднем содержании в наплавленном металле кремния до 0,8 % и марганца до 1 % буквы С и Г не проставляются.

2 – марка электрода, присвоенная разработчиком. Каждому типу электрода может соответствовать одна или несколько марок.

3 – диаметр электрода, мм.

4 – назначение электрода. В зависимости от назначения различают электроды:

- для сварки углеродистых и низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 588 МПа (60 кгс/мм^2) – маркируются буквой У;

- для сварки легированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву свыше 588 МПа (60 кгс/мм^2) – маркируются буквой Л;

- для сварки легированных теплоустойчивых сталей – маркируются буквой Т;

- для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами – маркируются буквой В;

- для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами – маркируются буквой Н.

5 – коэффициент толщины покрытия. В зависимости от отношения D/d (D – наружный диаметр электрода, d – диаметр электродного стержня) электроды подразделяются на следующие группы:

- с тонким покрытием ($D/d < 1,2$) – маркируются буквой М;
- со средним покрытием ($1,2 < D/d < 1,45$) – маркируются буквой С;

- с толстым покрытием ($1,45 < D/d < 1,8$) – маркируются буквой Д;

- с особо толстым покрытием ($D/d > 1,8$) – маркируются буквой Г.

6 – группа индексов, указывающих характеристики наплавленного металла или металла шва.

Условное обозначение группы индексов, указывающих характеристики наплавленного металла, электродов для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами, должно состоять из двух индексов.

Первый индекс указывает среднюю твердость наплавленного металла (таблица 2).

Таблица 2

Твердость		Индекс	Твердость		Индекс
HV	HRC		HV	HRC	
175–224	13–21	200/17	675–724	58	700/58
225–274	22–28	250/25	725–774	59–60	750/60
275–324	29–35	300/32	775–824	61	800/61
325–374	36–38	350/37	825–874	62–63	850/62
375–424	39–43	400/41	875–924	64	900/64
426–474	44–47	450/45	925–974	65	950/65
475–524	48	500/48	975–1024	66–67	1000/66
525–574	49–51	550/50	1025–1074	68	1050/68
575–624	52–54	600/53	1075–1124	69	1100/69
625–674	55–57	650/56	1125–1174	70–71	1150/70

Пример: Е-300/32-1 – твердость наплавленного слоя без термообработки.

Слева от косой черты указана средняя твердость наплавленного металла Виккерсу, справа от косой черты – по Роквеллу.

Второй индекс указывает на то, что твердость наплавленного металла обеспечивается:

- без термической обработки после наплавки – 1;
- после термической обработки – 2.

Если паспорт или технические условия на электроды конкретной марки устанавливают твердость наплавленного металла как без термической обработки после наплавки, так и после нее, то группа индексов дополняется соответствующими парами индексов, указываемыми в скобках.

7 – обозначение вида покрытия. В зависимости от вида покрытия электроды подразделяется на следующие группы:

- кислое – А;
- основное – Б;
- целлюлозное – Ц;
- рутиловое – Р;
- смешанного типа (соответствующее двойное условное обозначение);
- прочие – П.

При наличии в составе покрытия железного порошка в количестве более 20 % к обозначению вида покрытия следует добавлять букву Ж.

8 – обозначение допустимых пространственных положений. В соответствии с допустимым пространственным положением при сварке и наплавке электроды подразделяются:

- для всех положений – 1;
- для всех положений, кроме вертикального сверху вниз, – 2;
- для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального снизу вверх – 3;
- для нижнего и нижнего в лодочку – 4.

9 – обозначение рода применяемого при сварке и наплавке тока, полярности постоянного тока и номинального напряжения холостого хода источника питания сварочной дуги переменного тока частотой 50 Гц. В этом случае электроды маркируются согласно таблице 3.

Таблица 3

Рекомендуемая полярность постоянного тока	Напряжение холостого хода источника переменного тока, В		Обозначение
	Номинальный	Пред. отклонение	
Обратная	—	—	0
Любая	50	±5	1
Прямая			2
Обратная			3
Любая	70	±10	4

Рекомендуемая полярность постоянного тока	Напряжение холостого хода источника переменного тока, В		Обозначение
	Номинальный	Пред. отклонение	
Прямая			5
Обратная			6
Любая	90	± 5	7
Прямая			8
Обратная			9

10 – стандарт на структуру условного обозначения ГОСТ 9466 «Электроды покрытые для ручной дуговой сварки и наплавки. Классификация и общие технические условия».

11 – стандарт на тип электрода согласно ГОСТ 9467, ГОСТ 10051, ГОСТ 10052.

2.2. Сварочная проволока

Сварочные проволоки служат для подвода электрического тока в зону сварки. Кроме того, сварочные проволоки, служат дополнительным металлом, участвующим в образовании шва.

Стальные сварочные проволоки применяются при дуговой сварке под флюсом и в защитных газах, а также при электрошлаковой сварке применяют сварочную проволоку без покрытия, так называемую голую сварочную проволоку. Для ручной дуговой сварки проволоку рубят на стержни длиной 350–400 мм, затем на их поверхность наносят покрытие. Плавящийся электродный стержень с нанесенным на его поверхность покрытием называют сварочным электродом.

Поверхность сварочной проволоки должна быть чистой и гладкой, без окалины, ржавчины, масла и других загрязнений. По виду поверхности проволока подразделяется на неоомедненную и омедненную. Омеднение поверхности проволоки улучшает электрический контакт между проволокой и токоподводящим устройством, а также снижает возможность ее ржавления.

В случае загрязнения сварочной проволоки ее очищают опескоструиванием, травлением или протягиванием через очистные устройства.

Каждая партия проволоки снабжена сертификатом завода-изготовителя, в котором указаны марка проволоки, результаты химического анализа и других испытаний, масса и номер партии и т. д.

Стальную сварочную проволоку изготавливают по ГОСТ 2246–70 и по специальным техническим условиям. В зависимости от химического состава проволока, выпускаемая по ГОСТ 2246–70, разделяется на низкоуглеродистую, легированную и высоколегированную. Всего в этот ГОСТ включено 77 марок сварочной проволоки диаметром 0,3-12 мм. Проволока диаметром до 5 мм включительно предназначена для механизированных способов сварки, поставляется в мотках прямоугольного сечения, пригодных для непосредственного (без перемотки) использования в сварочных автоматах и полуавтоматах.

Структура условного обозначения сварочной проволоки сплошного сечения по ГОСТ 2246–70 приведена на рис. 2.



Рис. 2. Структура условного обозначения сварочной проволоки сплошного сечения по ГОСТ 2246–70

1 – Диаметр сварочной проволоки, мм.

2 – Марка сварочной проволоки.

В условные обозначения марок проволоки входит индекс Св (сварочная) и следующие за ним цифры и буквы. Цифры, следующие за индексом Св, указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Далее указывается содержание в проволоке легирующих элементов. После буквы, обозначающей легирующий элемент, стоит цифра, указывающая его содержание в процентах. Если легирующий элемент содержится в количестве около 1 %, цифра не ставится. Повышенные требования к чистоте проволоки по вредным примесям – серы и фосфора – отмечаются в марке буквами А и АА.

3 – Способ изготовления стали для проволоки: Ш – сталь выплавленная электрошлаковым, ВД – вакуумно-дуговым переплавом, ВИ – в вакуумно-индукционных печах.

При этом дополнительные требования к металлу проволоки (ужесточение норм по содержанию вредных и посторонних примесей, введение ограничений по содержанию газов, неметаллических включений и т. п.) устанавливаются соглашением сторон.

4 – Назначение проволоки:

для сварки (наплавки) – не обозначается;

для изготовления электродов – Э.

5 – Вид поверхности низкоуглеродистой и легированной проволоки:

Неомедненная – не маркируется;

Омедненная – О.

6 – Стандарт на изготовление проволоки ГОСТ 2246.

В настоящее время в странах СНГ выпускается около 140 марок сварочных проволок сплошного сечения. Они предназначены для различных способов сварки и различных свариваемых материалов. Назначение сварочных проволок сплошного сечения приведены в таблице 4.

Таблица 4

Назначение	Марки проволок
Сварка под флюсом низкоуглеродистых сталей	Св06А; Св08; Св08А; Св08АА; Св10ГА; Св08ГТАА
Сварка под флюсом и в защитных газах низколегированных сталей	Св06Г2СНЗМТ; Св06НЗ; Св07ХНЗГМФТЮ; Св08Г2С; Св08Г2СНМТ; Св08Г2СНТЮР; Св08ГМ; Св08ГНМ; Св08ГС; Св08ГСМТ; Св08МХ; Св10НЮ; Св10Х2М; Св10ХН2ГСМФТЮ; Св08ХМ; Св08ХМАА-ВИ; Св08ХМНФБА; Св08ХН2М; Св08ХНМ; Св10Г2; Св10ГА; Св10ГН; Св15ГСТЮЦА; Св15ХМФА; Св20ГСТЮА
Сварка под флюсом и в защитных газах среднелегированных сталей	Св04Х2МА; Св06Х8Г2СМФТЮЧ; Св06Х3Г2СМФТЮЧ; Св08Х3Г2СМ; Св08ХГСМФА; Св08ХН2ГМЮ; Св09ХГНМТАА-ВИ; Св10ГН2МФА; Св10ГНМА; Св10Х2ГМФТАА-ВИ; Св10ХН2ГМТ; Св12ХГНМФ; Св13Х2МФТ; Св18ХГС

Назначение	Марки проволок
Сварка под флюсом и в защитных газах высоколегированных хромистых сталей	Св01Х12Н2МТ-ВИ; Св06Х14; Св08Х12Н23МТ2; Св08Х14ГНТ; Св10ХНВМФ; Св10Х17Т; Св12Х11НМФ; Св12Х13; Св13Х25Т; Св20Х13
Сварка под флюсом и в защитных газах высоколегированных хромоникелевых сталей	Св01Х18Н10; Св01Х19Н9; Св03Х19Н16Г6М2АВ2; Св04Х19Н9; Св05Х21Н9ФВС; Св06Х21Н7БТ; Св06Х25Н12ТЮ; Св07Х16Н6; Св07Х18Н9ТЮ; Св08Х18Н8Г2Б; Св08Х19Н10Г2Б; Св08Х21Н5Т; Св10Х18Н11С2М2ТЮ; Св10Х20Н9С2БТЮ
Сварка под флюсом и в защитных газах хромоникельмолибденовых сталей	Св01Х17Н14М2; Св01Х19Н18Г10АМЧ; Св01Х23Н28М3Д3Т; Св06Х20Н11М3ТБ; Св08Х14Н8М2; Св08Х19Н10М3В; Св09Х19Н11М4Ф
Сварка в аргоне сталей высоколегированных	Св01Х12Н2-ВИ; Св02Х16Н65М13В3ТЮ; Св03Х11Н10Мs2Т; Св03Х15Н35Г7М6Б; Св06Х15Н35Г7М6Б; Св06Х15Н60М15; Св08Х16Н23В7Г7М2; Св08Х17Н5М3; Св10Х19Н23Г2М5ФАБ; Св10Х22Н38В3ТБ; Св12Х16Н14Г7В2Б; Св12Х25Н16Г7АР; Св25Х22Н76; Св42Х25Н35С2Г6Б2Р

2.3. Порошковая проволока

Порошковая проволока представляет собой трубчатую проволоку, заполненную порошкообразным наполнителем. Отношение массы порошка к массе металлической оболочки 15–40 %. Поперечное сечение порошковой проволоки может быть различным – от простого трубчатого до сложного с различными загибами оболочки (рис. 3).

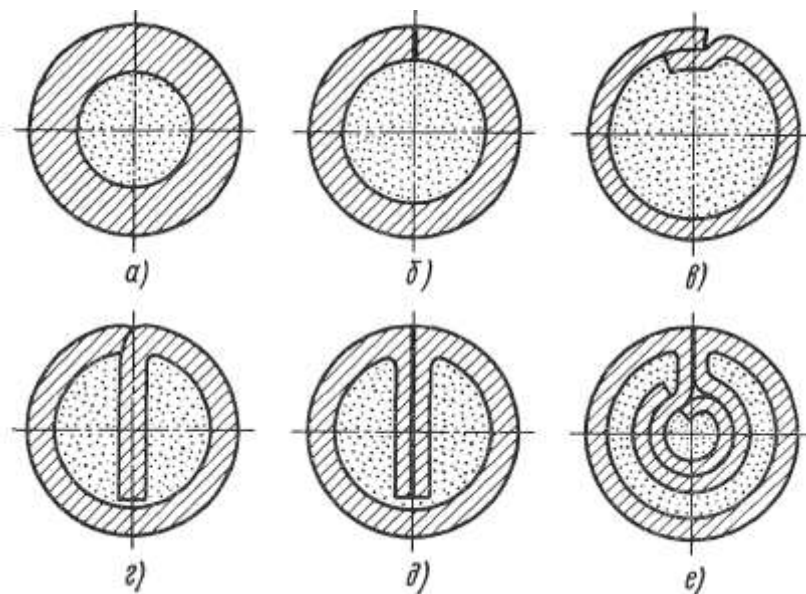


Рис. 3. Конструкции порошковой проволоки:
а – в – простые трубчатые; г – с одним загибом оболочки;
д – с одним загибом оболочки; е – двухслойная

Основная роль загибов – придать проволоке жесткость и предотвратить высыпание порошка при сдавливании проволоки подающими роликами сварочного полуавтомата. Порошкообразный наполнитель представляет собой смесь минералов, руд, химикатов, ферросплавов. Он выполняет функции, аналогичные функциям электродных покрытий – стабилизацию дугового разряда, защиту металла от воздуха, раскисление и легирование шва, регулирование процесса переноса электродного металла, формирование шва и др. В зависимости от состава порошкового наполнителя порошковые проволоки делятся на пять типов: рутильные, карбонатно-флюоритные, флюоритные, рутиловые и рутил-флюоритные.

Структура условного обозначения порошковой проволоки по ГОСТ 26271–84 приведена на рис. 4.

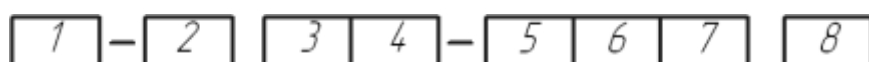


Рис. 4. Структура условного обозначения порошковой проволоки по ГОСТ 26271–84

1 – Марка. Обозначение марки проволоки должно начинаться индексом «ПП» (проволока порошковая), после которого через дефис ставятся буквенные или цифровые обозначения, указывающие шифр регистрации сварочного материала, принятый в отрасли организации-разработчика.

2 – Диаметр, мм.

3 – Условия применения. По условиям применения порошковая проволока подразделяется на газозащитную (ПГ), применяемую для сварки в углекислом газе или газовых смесях, и самозащитную (ПС), сварка которой осуществляется без дополнительной защиты.

4 – Тип. В соответствии с величиной предела текучести металла шва порошковая проволока подразделяется на типы, указанные в таблице 5.

Величины для типа Д указываются в нормативно-технической документации на конкретные марки проволоки.

Таблице 5

Условное обозначение типа проволоки	Предел текучести, МПа, не менее	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %, не менее
Д	–	–	–
34	340	400–550	16
39	390	450–600	22
44	440	500–650	20
49	490	550–700	20
54	540	600–750	18
59	590	650–800	16
64	640	700–850	14
69	690	750–900	10

5 – Категория по химическому составу. По химическому составу наплавленного металла в части содержания углерода, серы и фосфора, проволока должна обеспечивать содержание указанных примесей, приведенных в таблице 6.

Таблица 6

Массовая доля элементов, %, не более			Категория
углерода	серы	фосфора	
0,15	0,03	0,03	А
0,15	0,04	0,04	В
0,25	0,03	0,03	С

Содержание других химических элементов в наплавленном металле и допустимые отклонения по содержанию каждого химического элемента регламентируются нормативно-технической документацией на конкретные марки проволоки.

6 – Уровень по ударной вязкости. В соответствии с температурой испытаний, при которой обеспечивается ударная вязкость металла шва не менее 35 Дж/см^2 , порошковая проволока подразделяется на уровни, указанные в таблице 7.

Таблица 7

Условное обозначение уровня проволоки	Температура испытаний, при которой ударная вязкость не менее 35 Дж/см^2 , °С	Ударная вязкость при 20°C , Дж/см^2 , не менее
Р	—	—
К	20	35
0	0	50
1	–10	60
2	–20	80
3	–30	80
4	–40	100
5	–50	100
6	–60	120

Величины для уровня Р указываются в нормативно-технической документации.

7 – Допустимое положение сварки.

В соответствии с допустимыми пространственными положениями сварки и условиями формирования сварного шва проволока подразделяется:

- для нижнего – Н;
- для нижнего, горизонтального (на вертикальной плоскости) – Г;
- для нижнего, горизонтального, вертикального – В;
- для всех – У;
- для горизонтального с использованием принудительного формирования – ГП;
- для вертикального с использованием принудительного формирования – ВП;
- для всех положений с использованием принудительного формирования – УП.

8 – Обозначение стандарта

Назначение и марки порошковых сварочных проволок приведены в таблица 8

Таблица 8

Назначение	Марка
Самозащитные, для сварки углеродистых и низколегированных сталей	ПП-11; ПП-1ДСК; ПП-2ДСК; ПП-АН1; ПП-АН11; ПП-АН23; ПП-АН2М; ПП-АН3; ПП-АН33; ПП-АН45; ПП-АН46; ПП-АН7; ПП-АН7У; ППВ-4; ППВ-6; ППТ-10; ППТ-12; ППТ-13; ППТ-13К; ППТ-7; ППТ-8; ППТ-9; СП-1; СП-2
Газозащитные, для сварки в углекислом газе углеродистых и низколегированных сталей	ПП-АН10; ПП-АН13; ПП-АН18; ПП-АН20; ПП-АН21М; ПП-АН22; ПП-АН25; ПП-АН26; ПП-АН29; ПП-АН38; ПП-АН4; ПП-АН5; ПП-АН54; ПП-АН57; ПП-АН58; ПП-АН8; ПП-АН9
Для сварки углеродистых и низколегированных сталей с принудительным формированием	ПП-АН19; ПП-АН19Н; ПП-АН19НА; ПП-АН19С; ПП-АН24СМ; ПП-АН3 ОА; ПП-АН3 ОС; ПП-АН32
Сварка средне и высоколегированных сталей	ПП-АНВ1; ПП-АНВЮ; ПП-АНВ11; ПП-АНВ12; ПП-АНВ14; ПП-АНВ15; ПП-АНВ16; ПП-АНВ2; ПП-АНВ5; ПП-АНВ6; ПП-АНВ7; ПП-АНВ8; ПП-АНВ9; ПП-АНВП80
Подводная сварка и резка сталей	ППР-АН1; ППР-АН3; ППС-АН1; ППС-АН5
Сварка чугуна	ПП-АНЧ2

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Классификация сварочных материалов.
2. Функции покрытий.
3. Охарактеризовать покрытия.
4. Применение сварочных проволок сплошного сечения.
5. Виды порошковых проволок
6. Способы очистки сварочной проволоки от загрязнений.
7. Расшифровать маркировку электрода, порошковой и сплошной сварочной проволоки.

<u>Э-09Х1МФ-ЦЛ-2-2,0-ТГ</u> Е 27 – Б 20	1,6 Св-08Г2С – О ГОСТ 2246–70
<u>Э50А-УОНИ-13/55-3,0-УД</u> Е 514 – Б 20	2,5 Св-08ХГСМФА – ВИ – Э – О ГОСТ 2246–70
<u>Э46-ОЗС-4И-4,0-УД</u> Е 430 – АР 24	2 Св-12ГЦ – Ш– Э ГОСТ 2246–70
<u>Э-09Х1МФ-ТМЛ-1У-5,0-ТД</u> Е 15 – Б 20	3 Св-08А ГОСТ 2246–70
<u>Э46-ОЗС-6-3,0-УД</u> Е 430 – РЖ 23	2 Св-04Х19Н9 – Ш-Э ГОСТ 2246–70
<u>Э46-МР-3-3,0-УД</u> Е 431 (3) – Р 26	ПП-1ДСК –1,2 ПС 44– А2Н ГОСТ 26271–84
<u>Э46-ОЗС-12-4,0-УД</u> Е 432 – Р 13	ПП-АНЗ-3,0 ПГ 64– С0Г ГОСТ 26271–84
<u>Э46-АНО-4-1,6-УД</u> Е 432 – Р 24	ПП-АНЗ-3,0 ПС 44– В3Н ГОСТ 26271–84
<u>Э46-АНО-4М-5,0-УД</u> Е 430 – Р 25	ПП-АНЧ2-2,0 ПС 54– А2Н ГОСТ 26271–84
1,2 Св-04Х19Н9 – Э ГОСТ 2246–70	ПП-АН21М –3,0 ПГ 39-В4УП ГОСТ 26271–84
2 Св-30Х25Н16Г7 – Ш ГОСТ 2246–70	ПП-АН5-3,0 ПГ 44– А6В ГОСТ 26271–84

4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 9467–75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей.

2. ГОСТ 10051–75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами.

3. ГОСТ 10052–75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами.

4. ГОСТ 2246–70 Проволока стальная сварочная.

5. ГОСТ 26271–84 Проволока порошковая для дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей.

6. Куликов В. П. Технология сварки плавлением. – Минск: Дизайн ПРО, 2001. – 256 с., ил.

Дуга 1 горит между стержнем электрода 2 и основным металлом 3. Стержень электрода плавится и расплавленный металл каплями стекает в металлическую ванну 4. Вместе со стержнем плавится покрытие электрода 5, образуя газовую защитную атмосферу 6 вокруг дуги и жидкую шлаковую ванну 7 на поверхности расплавленного металла. Металлическая и шлаковая ванны вместе образуют сварочную ванну. По мере движения дуги происходят затвердевание сварочной ванны и переход её в сварной шов 8. Жидкий шлак после остывания образует твёрдую шлаковую корку 9.

Ручную дуговую сварку применяют при выполнении коротких швов произвольной формы в любых пространственных положениях и в труднодоступных местах.

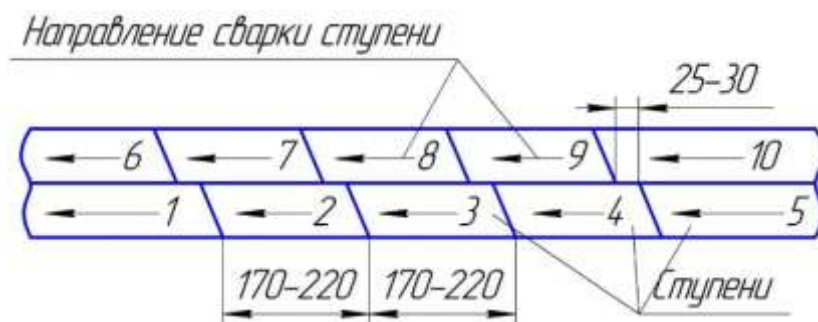
При ручной сварке с целью уменьшения сварочных деформаций, снижения скорости остывания металла шва и околошовной зоны и уменьшения возможности образования трещин, связанных с недостаточным сечением слоя, применяют разные способы, которые представлены ниже.

Способы снижения напряжений и деформаций при выполнении протяженных швов сварных соединений

Швы длиной более 1 м следует сваривать обратноступенчатым способом (рис. [1.2, а](#)).

При толщине стали 15–20 мм и более рекомендуется применять сварку способом «двойного слоя» (рис. [1.2, б](#)). Заваривают на участке I длиной 250–300 мм первый слой шва 1, быстро счищают (после потемнения) с него шлак и заваривают на этом же участке второй слой 2. Затем в таком же порядке заваривают участки II, III и т. д. Сварку второго слоя выполняют по горячему первому слою. Остальные слои (валики) выполняют обычным обратноступенчатым способом.

Сварка листовых объемных конструкций из стали толщиной более 20 мм, должна производиться способами, обеспечивающими уменьшение скорости охлаждения – каскадом или «горкой» (рис. [1.2, г, д](#)).



Общее направление сварки

а) обратноступенчатый



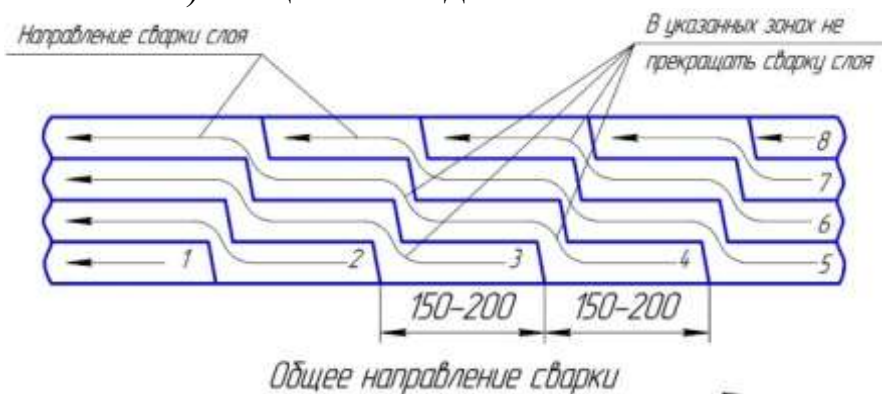
Общее направление сварки

б) двойным слоем

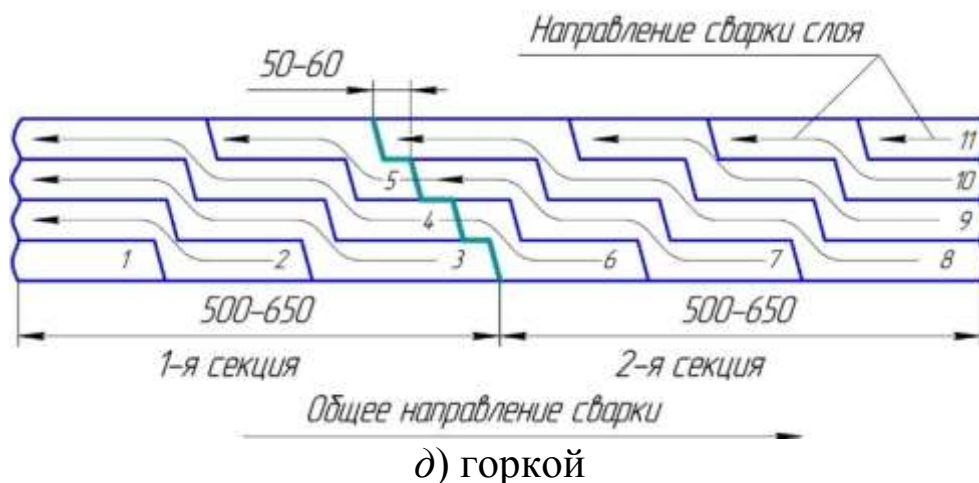


Общее направление сварки

в) секционный двойным слоем



г) каскадом



д) горкой

Рис. 1.2.

Сварка труб. Вертикальные неповоротные стыки сваривают в направлении снизу вверх. Начиная сварку слоя в потолочной части стыка, следует отступить на 10–30 мм от нижней точки. Порядок наложения слоев, когда вертикальный стык сваривает один сварщик без поворота труб, показан на рис. 1.3.

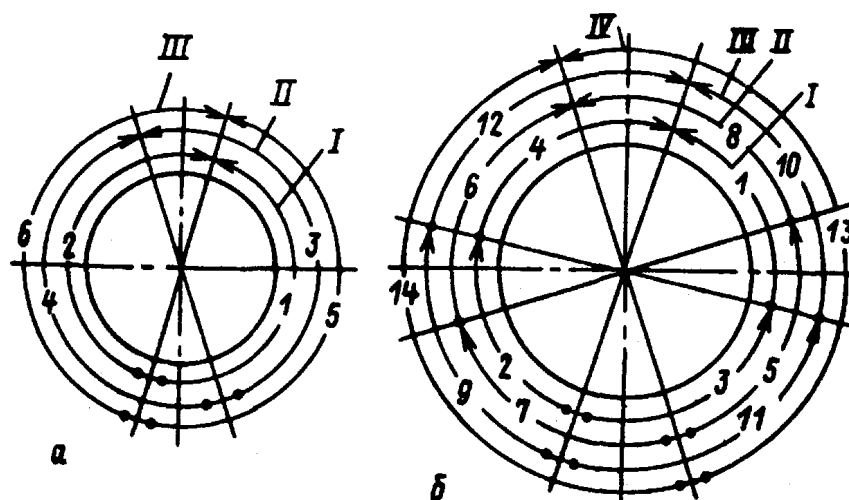


Рис. 1.3. Порядок наложения слоев при сварке одним сварщиком вертикальных неповоротных стыков труб:

а – стык труб диаметром до 219 мм;

б – стык труб диаметром более 219 мм;

1–14 – последовательность наложения участков (слоев);

I–IV – слои шва

Неповоротные (вертикальные и горизонтальные) стыки труб диаметром 219 мм и более могут сваривать в зависимости от

диаметра труб одновременно два, три или четыре сварщика. В этом случае должны быть приняты меры для защиты каждого сварщика от брызг расплавленного металла и шлака.

Вертикальные неповоротные стыки сваривают в направлении снизу вверх. Начиная сварку в потолочной части следует отступить на 10–30 мм (в зависимости от диаметра трубы) от нижней точки.

Сварку первых трех слоев в стыках труб диаметром более 219 мм следует выполнять обратноступенчатым способом участками длиной 200–250 мм. Длина участков последующих слоев должна составлять половину окружности стыка. Замки смещать на величину не менее 12–18 мм.

Наложение валиков первого слоя, если сварку вертикального неповоротного стыка труб диаметром 219 мм и более выполняют два сварщика, производится в следующем порядке (рис. 1.4): 1-й сварщик начинает сварку от точки *А* и ведет к точке *В*, в это время 2-й сварщик сваривает участок от точки *Г* до точки *В*; далее 1-й сварщик (без перерыва) продолжает сварку от точки *В* до точки *В*, а 2-й переходит к сварке участка от точки *А* к точке *Г*.

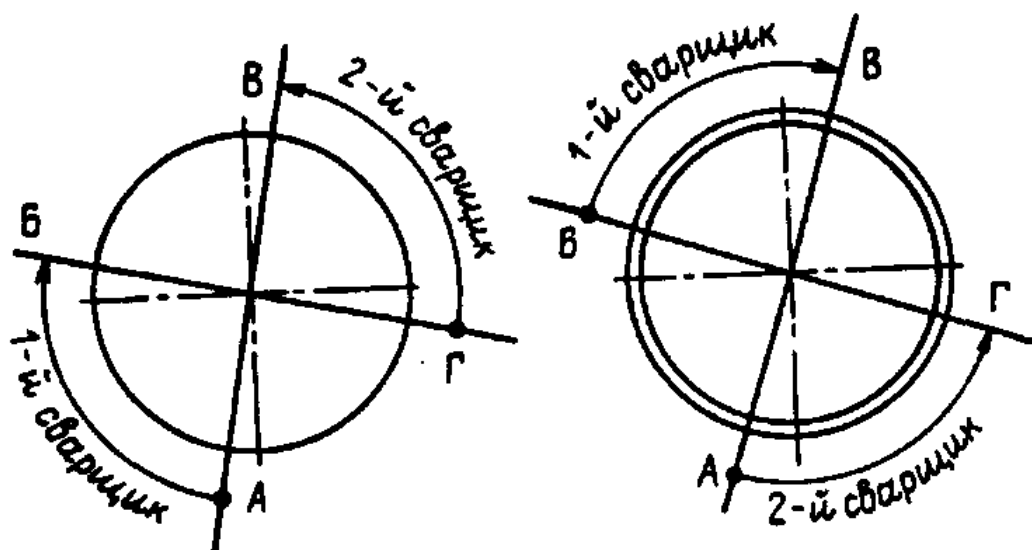


Рис. 1.4. Порядок наложения первого слоя шва при сварке двумя сварщиками вертикальных неповоротных стыков труб диаметром 219 мм и более

Горизонтальные стыки труб диаметром менее 219 мм сваривает один сварщик с учетом правил смещения «замков» в соседних слоях или участках (рис. 1.5, *а*).

При сварке горизонтальных стыков труб диаметром более 219 мм, выполняемых одним сварщиком, необходимо первые три слоя сваривать обратноступенчатым способом (рис. 1.5, *б*) участками длиной 200–250 мм. Последующие слои можно сваривать вкруговую.

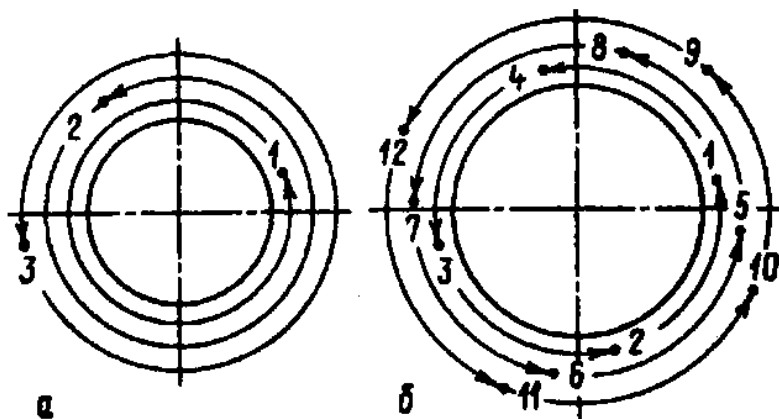


Рис. 1.5. Порядок наложения слоев (валиков) при сварке одним сварщиком горизонтальных стыков труб:

а – стык труб диаметром до 219 мм;

б – стык труб диаметром более 219 мм;

1–12 – последовательность наложения участков

Последовательность сварки первого (корневого) слоя горизонтальных стыков труб (два сварщика) зависит от диаметра труб. При диаметре труб менее 300 мм каждый сварщик заваривает участок длиной, равной половине окружности; в один и тот же момент сварщики должны находиться в диаметрально противоположных точках стыка (рис. 1.6, *а*). При диаметре труб 300 мм и более первый слой сваривают обратноступенчатым способом участками длиной по 200–250 мм (рис. 1.6, *б*). В стыках труб диаметром до 300 мм при толщине стенки более 40 мм первые три слоя следует накладывать обратноступенчатым способом, последующие слои – участками длиной, равной половине окружности трубы

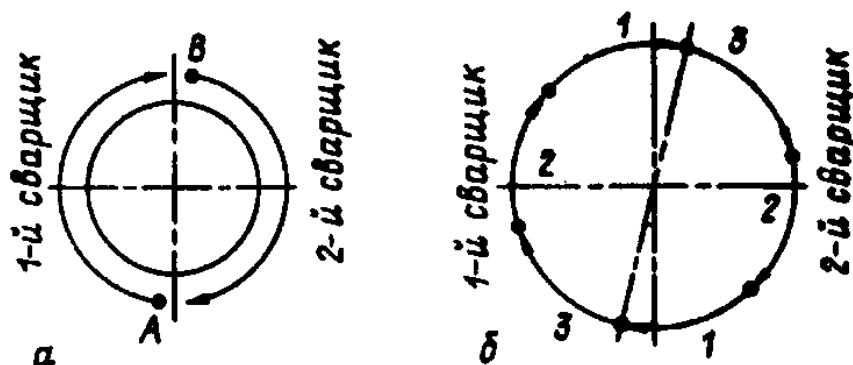


Рис. 1.6. Порядок наложения первого слоя шва при сварке двумя сварщиками горизонтальных стыков труб:

а – стык труб диаметром до 300 мм;

б – стык труб диаметром более 300 мм;

1–3 – последовательность наложения участков

Поворотные стыки труб можно сваривать с поворотом на 360° (круговое вращение), 180 и 90° , сварку выполняет один сварщик.

Если сварку стыка с поворотом на 360° выполняют на рольгангах с механическим вращением труб (с частотой вращения, соответствующей скорости сварки), то следует накладывать шов не в зените, а на участке, отстоящем от вертикали на $30\text{--}35^\circ$ в сторону, обратную направлению вращения труб (рис. 1.7, *а*).

При отсутствии механического вращателя, трубы поворачивают несколько раз, причем угол одного поворота α в зависимости от диаметра труб составляет $60\text{--}110^\circ$, что обеспечивает наложение шва в нижнем и частично вертикальном положениях (рис. 1.7, *б*).

Сварку труб диаметром более 219 мм выполняют обратноступенчатым способом за два полных поворота. Сначала на каждый участок *АВ* (рис. 1.7, *в*) накладывают один-два первых слоя, затем, когда по всей окружности будут выполнены два первых слоя, заполняют последовательно оставшуюся часть разделки за время второго поворота трубы.

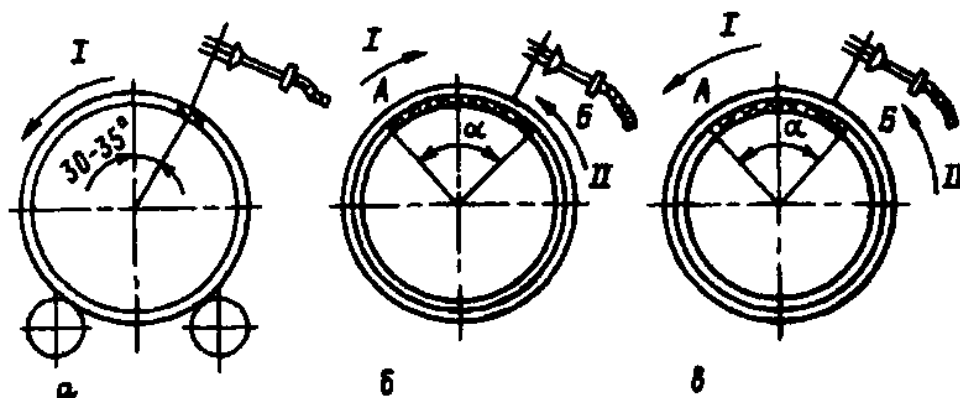


Рис. 1.7. Порядок сварки стыка труб с поворотом на 360° :
 I – направление вращения труб; II – направление сварки

Сварку стыка с поворотом на 180° производят в два приема. Сначала на участках $ГА$ и $ВА$ (рис. 1.8, a) накладывают один-два первых слоя, затем трубу поворачивают на 180° и заваривают участки $ВБ$ и $ГБ$, заполняя все сечения шва (рис. 1.8, $б$). После этого трубы снова поворачивают на 180° и накладывают остальные слои на участках $ГА$ и $ВА$ (рис. 1.8, $в$). Сварка может выполняться одним или двумя сварщиками.

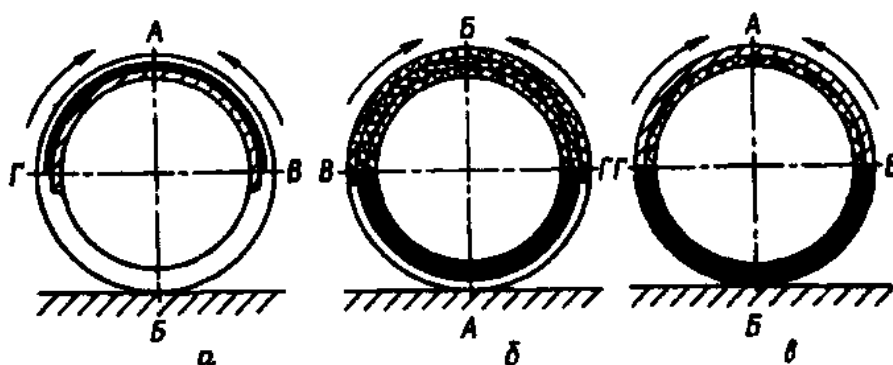


Рис. 1.8. Порядок сварки стыка труб с поворотом на 180°

Сварку стыков с поворотом на 90° выполняют в два приема. Сначала накладывают один-два слоя на участке $АВБ$ (рис. 1.9, a), затем трубы поворачивают на 90° и заваривают полностью участок $АГБ$ (рис. 1.9, $б$). После второго поворота труб в первоначальное положение заваривают остальное сечение шва на участке $АВБ$ (рис. 1.9, $в$).

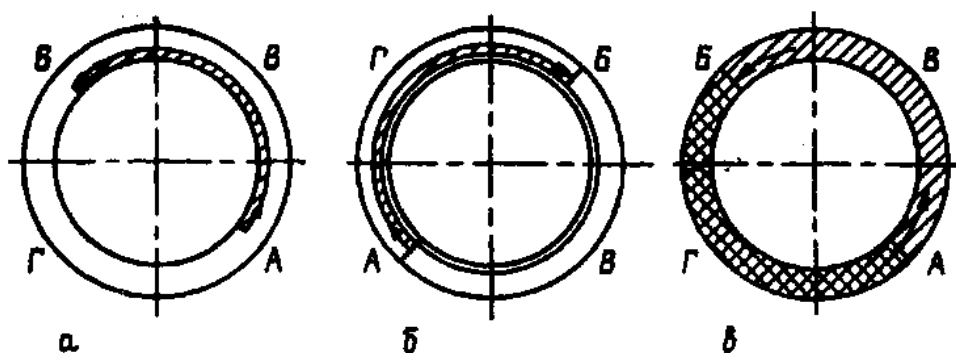


Рис. 1.9. Порядок сварки стыка труб с поворотом на 90°

2.2. Расчёт технологических параметров процесса

Режимом сварки называют совокупность основных характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных швов заданных размеров, формы и качества. При ручной дуговой сварке это диаметр электрода, сварочный ток и напряжение на дуге, тип и размеры сварного соединения, скорость и время сварки, расход электродов и электроэнергии. Определение режима сварки обычно начинают с выбора **диаметра электрода**, который назначают в зависимости от толщины листов при сварке швов стыковых соединений, катета шва при сварке швов угловых и тавровых соединений и от положения шва в пространстве.

При сварке многопроходных швов стыковых соединений первый проход должен выполняться электродами диаметром не более 4 мм, чаще всего диаметром 3 мм, так как применение электродов большего диаметра не позволяет в необходимой степени проникнуть в глубину разделки для провара корня шва.

Сварку в вертикальном положении проводят с применением электродов диаметром не более 5 мм. Потолочные швы выполняют электродами диаметром до 4 мм.

При наплавке изношенной поверхности должна быть компенсирована толщина изношенного слоя плюс 1–1,5 мм на обработку поверхности после наплавки.

При сварке угловых и тавровых соединений, как правило, за один проход выполняют швы катетом не более 8–9 мм. При необходимости выполнения шва с большим катетом применяется сварка за два прохода и более.

При выборе диаметра электрода для сварки можно использовать следующие ориентировочные данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Толщина листа, мм	1–2	3	4–5	6–10	10–15	> 15
Диаметр электрода, мм	1,6–2,0	2,0–3,0	3,0–4,0	4,0–5,0	5,0	> 5,0

Сила сварочного тока – A , рассчитывается по формуле

$$I_{CB} = K \cdot d_{\text{э}}, \quad (1.1)$$

где K – коэффициент, равный 25–60 А/мм; $d_{\text{э}}$ – диаметр электрода, мм.

Коэффициент K в зависимости от диаметра электрода $d_{\text{э}}$ принимается равным согласно табл. 2.

Таблица 2

$d_{\text{э}}$, мм	1–2	3–4	5–6
K , А/мм	25–30	30–45	45–60

Силу сварочного тока, рассчитанную по этой формуле, следует откорректировать с учетом толщины свариваемых элементов, типа соединения и положения шва в пространстве.

Если толщина металла $S \geq 3d_{\text{э}}$, то значение I_{CB} следует увеличить на 10–15 %. Если же $S \leq 1,5d_{\text{э}}$, то сварочный ток уменьшают на 10–15 %. При сварке угловых швов и наплавке, значение тока должно быть повышено на 10–15 %. При сварке в вертикальном или потолочном положении значение сварочного тока должно быть уменьшено на 10–15 %.

Для большинства марок электродов, используемых при сварке углеродистых и легированных конструкционных сталей, напряжение дуги:

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,5I_{CB}}{\sqrt{d}}, \text{ В}$$

Расчет скорости сварки, м/ч, производится по формуле

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{100 \cdot F_{шв} \cdot \rho}, \quad (1.2)$$

где α_H – коэффициент наплавки, г/(А·ч) (при ручной дуговой сварке в зависимости от марки электрода $\alpha_H = 9\text{--}11$ г/(А·ч)); $F_{шв}$ – площадь поперечного сечения шва при однопроводной сварке (или одного слоя валика при многослойном шве), см²; ρ – плотность металла электрода, г/см³ (для стали $\rho = 7,8$ г/см³).

Площадь поперечного сечения наплавленного металла в зависимости от типа соединения и условий проведения сварки может быть рассчитана по формулам 1.3.

Пример расчета площади поперечного сечения наплавленного металла шва, изображённого на рис. 2.1 (все размеры – по ГОСТ 5264–80, ГОСТ 16037).

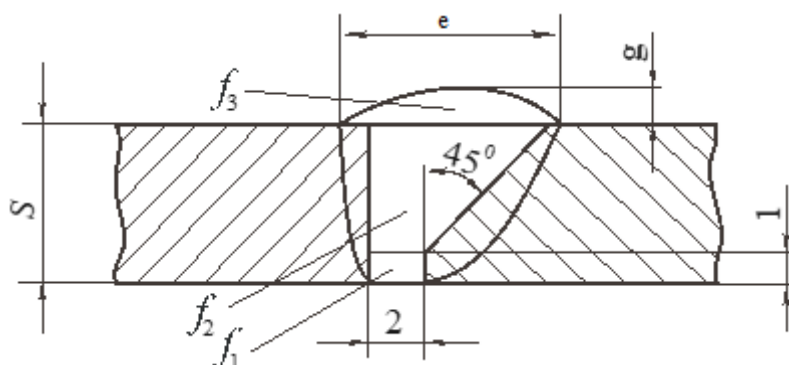


Рис. 2.1. Схема расчёта площади поперечного сечения наплавленного металла шва

$$F_{шв} = f_1 + f_2 + f_3, \quad (1.3)$$

где f_1 – площадь прямоугольника; f_2 – площадь трапеции; f_3 – площадь сегмента.

При $S = 10$ мм значения $e = 16$ мм и $g = 0,5$ мм,

тогда:

$$f_1 = 2 \cdot 1 = 2, \text{ мм}^2;$$

$$f_2 = \frac{2 + ((10 - 1) \operatorname{tg} 45^\circ + 2)}{2} \cdot (10 - 1) = 58,5, \text{ мм}^2.$$

Площадь сегмента можно приближённо посчитать по формуле

$$f_3 = 0,75 \cdot e \cdot q = 0,75 \cdot 16 \cdot 0,5 = 6, \text{ мм}^2;$$

$$F_{\text{шв}} = 2 + 58,5 + 6 = 66,5, \text{ мм}^2.$$

При Х-образной разделке площадь поперечного сечения наплавленного металла подсчитывают для каждой стороны отдельно и результаты суммируют.

Масса наплавленного металла, г, для ручной дуговой сварки рассчитывается по формуле

$$G_H = F_{\text{шв}} \cdot L \cdot \rho, \quad (1.4)$$

где L – длина шва, см; ρ – плотность наплавленного металла (для стали $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$).

Расчет массы наплавленного металла, г, при ручной дуговой наплавке производится по формуле

$$G_H = F_{\text{нп}} \cdot h_H \cdot \rho, \quad (1.5)$$

где $F_{\text{нп}}$ – площадь наплаваемой поверхности, см^2 ; h_H – требуемая высота наплаваемого слоя, см.

Время горения дуги, ч, (основное время) определяется по формуле

$$t_0 = \frac{G_H}{I_{\text{св}} \cdot \alpha_H}. \quad (1.6)$$

Полное время сварки (наплавки), ч, приближенно определяется по формуле

$$T = \frac{t_0}{k_{II}}, \quad (1.7)$$

где t_0 – время горения дуги (основное время), ч; k_{II} – коэффициент использования сварочного поста, который принимается для ручной сварки $0,5 \div 0,55$.

Расход электродов, кг, для ручной дуговой сварки (наплавки) определяется по формуле

$$G_M = G_H \cdot k_{\Sigma}, \quad (1.8)$$

где k_{Σ} – коэффициент, учитывающий расход электродов на 1 кг наплавленного металла ($k_{\Sigma} = 1,35 \div 1,45$).

Расход электроэнергии, кВт·ч, определяется по формуле

$$A = \frac{U_D \cdot I_{CB}}{\eta \cdot 1000} \cdot t_0 + W_0 \cdot (T - t_0), \quad (1.9)$$

где U_D – напряжение дуги, В; η – КПД источника питания сварочной дуги; W_0 – мощность, расходуемая источником питания сварочной дуги при холостом ходе, кВт; T – полное время сварки или наплавки, ч.

Значения η источника питания сварочной дуги и W_0 можно принять по таблице:

Род тока	η	W_0
Переменный	0,8–0,9	0,2–0,4
Постоянный	0,6–0,7	2,0–3,0

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с сущностью ручной дуговой сварки.
2. Используя прил. 1, выполнить эскиз сварной конструкции согласно выданному варианту задания.
3. Используя ГОСТ 16037–80 и ГОСТ 5264-80, с учётом типа соединения, выполнить эскиз сечения шва с указанием его размеров.
4. Рассчитать основные технологические параметры сварки.
 - 4.1. В зависимости от толщины свариваемого металла S , мм, выбрать диаметр электрода d , мм, по табл. 1.
 - 4.2. В зависимости от марки свариваемого материала и условий работы изделия, выбрать тип и марку электрода (прил. 2).
 - 4.3. Определить величину сварочного тока (1.1).
 - 4.4. Определить скорость сварки (1.2).
 - 4.5. Назначить последовательность (очерёдность) сварки швов и направление сварки (обратноступенчатый, двойным слогом, каскадом и т. д.). Нарисовать эскиз сварки труб.
 - 4.6. Определить массу наплавленного металла (1.4–1.5).
 - 4.7. Определить полное время сварки (1.7).
 - 4.8. Определить расход электродов (1.8).
 - 4.9. Определить расход электроэнергии (1.9).

4. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА

Отчёт должен содержать.

- 1)наименование и цель практической работы;
- 2)эскиз заданной сварной конструкции;
- 3)эскиз сечения сварного шва;
- 4)эскиз последовательности сварки;
- 5)расчёты основных технологических параметров сварки.

5. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акулов, А. И. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: учебник для вузов / А. И. Акулов [и др.]. – Москва: Машиностроение, 2003. – 560 с.
2. Лихачев, В. Л. Электросварка: справочник / В. Л. Лихачев.

чев [и др.]. – Москва: Солон-Пресс, 2004. – 672 с.

3. Справочник сварщика / под ред. В. В. Степанова. – Москва: Машиностроение, 1982. – 560 с.

4. **ГОСТ 5264–80.** Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Москва: Изд-во стандартов, 1993. – 64 с.

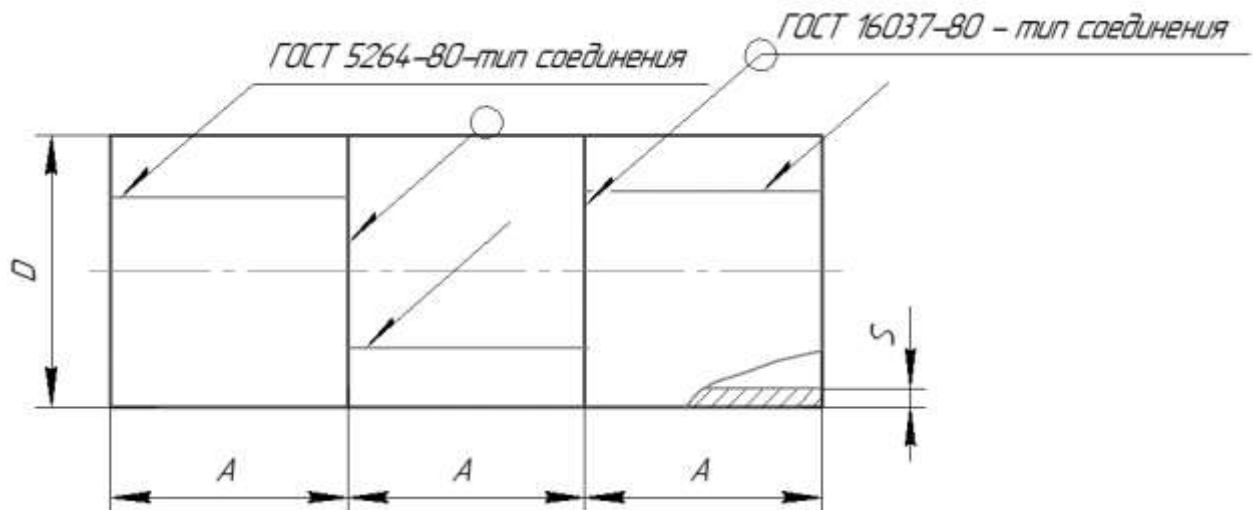
5. **ГОСТ 16037–80.** Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Москва: Изд-во стандартов, 1980. – 46 с.

6. **ГОСТ 2601–84.** Сварка металлов. Термины и определения основных понятий. – Москва: Изд-во стандартов, 1990. – 56 с.

7. **ГОСТ 11969–79.** Сварка плавлением. Основные положения и их обозначения. – Москва: Изд-во стандартов, 1979. – 5 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ П1

Задание для расчёта ручной дуговой сварки



№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D, мм	550	600	650	700	750	800	850	900	950
A, мм	500	600	800	1000	500	600	800	1000	500
S, мм	3	4	15	8	12	3	4	15	8
Тип соед. (ГОСТ 5264-80)	C8	C9	C10	C15	C43	C17	C21	C24	C25
Тип. соед. (ГОСТ 16037)	C8	C10	C17	C18	C19	C18	C5	C10	C17
Материал	I5XMA	Ст4сп	I5XM	10Г2	Ст2пс	I5XMA	17ГС	Ст3сп	Ст3пс
№ вар.	10	11	12	13	14	15	16	17	
D, мм	1000	550	600	650	700	750	800	850	
A, мм	600	800	1000	500	600	800	1000	500	
S, мм	12	5	6	18	10	15	5	8	
Тип соед. (ГОСТ 5264-80)	C39	C8	C12	C14	C15	C43	C17	C21	
Тип. соед. (ГОСТ 16037)	C46	C19	C17	C49	C50	C18	C8	C17	
Материал	Сталь 25	ВСт2сп	08X22Н6Т	15X5ВФ	Сталь 20	12X21Н5Т	12X8ВФ	I2XI8HI0T	
№ вар.	18	19	20	21	22	23	24	25	
D, мм	900	950	1000	550	600	650	700	750	
A, мм	600	800	1000	500	600	800	1000	500	
S, мм	18	10	15	8	10	20	12	18	
Тип соед. (ГОСТ 5264-80)	C24	C25	C39	C8	C12	C14	C15	C43	
Тип. соед. (ГОСТ 16037)	C19	C17	C10	C8	C18	C8	C17	C46	
Материал	Ст2пс	ВСт4сп	15X5М	ВСт3сп	Сталь 10	08XI7H16M3T	20X23H18	10X17H13M2T	

ПРИЛОЖЕНИЕ П2

Сварочные материалы для ручной сварки

Марка стали	Рабочая температура, °С	Типы и марки электродов
Ст2сп, Ст2пс, Ст3сп, Ст3пс, Ст4сп	От -15 до +300	Э-42, Э-46, (СМ-5, ЦМ-7, АНО-5, АНО-6, АНО-1, ВСП-1, ВСЦ-2, АНО-3, АНО-4, МР-1, МР-3, ОЗС-4, ОЗС-6, ОЗС-3)
ВСт2сп, Ст3сп, ВСт4сп, Ст2пс, ВСт3пс	От -30 до +300	Э42А, Э46А (УОНИ 13/45, СМ-11, УП-1/45, УП-2/45, ОЗС-2, Э-138/45Н)
Сталь 10, 20, 25	От -30 до +450	Э42А, Э46А
10Г2	От -70 до +450	Э50А (УОНИ-13/55, УП-1/55, УП-2/55, К-5А и др.)
17ГС	От -40 до +450	Э50А
12Х1МФ	От -40 до +570	Э-МХ (ЦЛ-14) при темп. не более 550 °С, Э-ХМФ (ЦЛ-20, ЦЛ-20А, ЦЛ-20Б) при темп. не более 540 °С, ЦЛ-20М, ЦЛ-39 при темп. до 570 °С
12Х1МФ	От -40 до +570	ЭА-2 (ОЗЛ-6, ОЗЛ-4, ЗИО-8, СП-16, ЦЛ-25), ЭА-3М6 (НИАТ-5, ЭА-395/9 и др.)
15ХМ, 15ХМА	От -40 до +560	Э-МХ (ЦЛ-14), Э-ХМ (ЦУ-2МХ, ГЛ-14)
15ХМ, 15ХМА	От -40 до +450	ЭА-2 (ОЗЛ-6, ОЗЛ-4, 340-8, СЛ-16, ЦЛ-25), ЭА-3М6 (НИАТ-5, ЭА-395/9)
15Х5М, 15Х5ВФ	От -40 до +550	Э-Х5МФ (ЦЛ-7)
12Х8ВФ	От -40 до +600	ЭГЛ-4
12Х18Н10Т	От -70 до +350	ЭА-1 (ОЗЛ-14, ЭНТУ-3 и др.)
12Х18Н10Т	От -196 до +600	ЭА-1 (ОЗЛ-8, ОЗЛ-12, Л-39 и др.)
12Х18Н10Т	До +450	ЭА-1Б (ЦЛ-11, Л-38М, ОЗЛ-7, Л-40М, ЦТ-15-1, ОЗЛ-15)
12Х18Н10Т	До +600	ЭА-1Ба (ЦТ-15, ЗИО-3)
10Х17Н13М2Т	От -196 до +350	ЭА-1М2 (ЭНТУ-3М, НИАТ-1)
10Х17Н13М2Т	От -150 до +700	ЭА-1 М2Ба (СЛ-28, НЖ-13), ЭА-1М2Б (ЭА-902/14, ЭА-400/13, ВСН-5)
08Х17Н16М3Т	До +650	ЭА-1М2Ф (ЭА-400/ 10У, ЦЛ-14)
08Х17Н16М3Т	До +700	ЭА-1М2Ба (СЛ-28, НЖ-13)
12Х21Н5Т, 08Х22Н6Т	От -40 до +300	ЭА-1 (ОЗЛ-14 и др.) ЭА-1а (ОЗЛ-8, Л-39 и др.)
08Х22Н6Т	От -40 до +300	АНВ-5, АНВ-6, АНВ-7, ЭА-1Б (ЦЛ-14, Л-40М, Л-38М, ОЗЛ-7, ЦТ-15-1), ЭА-1 Ба (ЦТ-15, ЗИО-3)
20Х23Н18	До +700	ЭА-2 (ОЗЛ-6, ЦЛ-25, ОЗЛ-4), ЭА-2Г6 (ОЗЛ-9, ОЗЛ-9А)

Лабораторная работа №3

РАСЧЕТ РЕЖИМОВ И РАЗМЕРОВ ШВА МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучение способов механизированной дуговой сварки и расчёт основных технологических параметров процесса.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Сущность и виды механизированной дуговой сварки

Основные виды механизированной сварки (автоматической и полуавтоматической) – это сварка под флюсом, в защитных газах, порошковыми проволоками, электронно-лучевая и электрошлаковая.

Сущность одного из основных видов механизированной сварки – автоматической дуговой сварки под флюсом показана на рис. 2.1. При сварке используют непокрытую электродную проволоку и флюс для защиты дуги и сварочной ванны от воздуха. Подача и перемещение электродной проволоки механизированы.

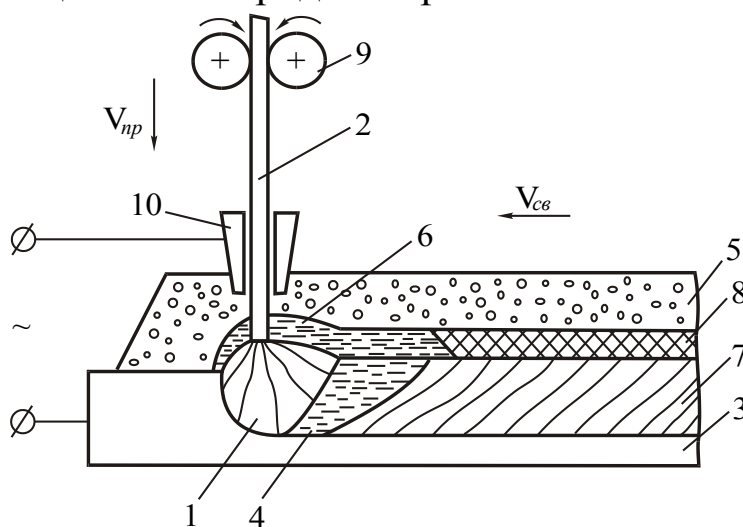


Рис. 2.1. Схема процесса автоматической дуговой сварки под флюсом

Дуга 1 горит между проволокой 2 и основным металлом 3. Дуга и ванна жидкого металла 4 со всех сторон закрыты слоем флюса 5 толщиной 30–50 мм. Часть флюса расплавляется, образуя ванну жидкого шлака 6. По мере поступательного движения электрода происходит затвердевание металлической и шлаковой ванн с образованием сварного шва 7, покрытого твёрдой шлаковой коркой 8. Проволоку подают в дугу и перемещают вдоль шва с помощью механизмов подачи 9 и перемещения. Ток к электроду поступает через токопровод 10.

Автоматическую дуговую сварку под флюсом применяют в серийном и массовом производствах для выполнения длинных прямолинейных и кольцевых швов в нижнем положении.

Режимом сварки называют совокупность основных характеристик (параметров) сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных швов заданных размеров, формы и качества. Такими параметрами при дуговой сварке являются диаметр электродной проволоки ($d_э$), значения величин сварочного тока ($I_{св}$) и напряжения на дуге ($U_д$), скорость перемещения электрода вдоль свариваемых кромок ($V_{св}$), род тока и его полярность.

Размерами швов, определяющими качество и работоспособность сварного соединения, являются (рис. 1):

- глубина проплавления – h ;
- ширина шва – e ;
- высота валика – g .

Отношение ширины шва e к глубине проплавления h называют коэффициентом формы проплавления ($\psi_{пп}$):

$$\psi_{пп} = \frac{e}{h}.$$

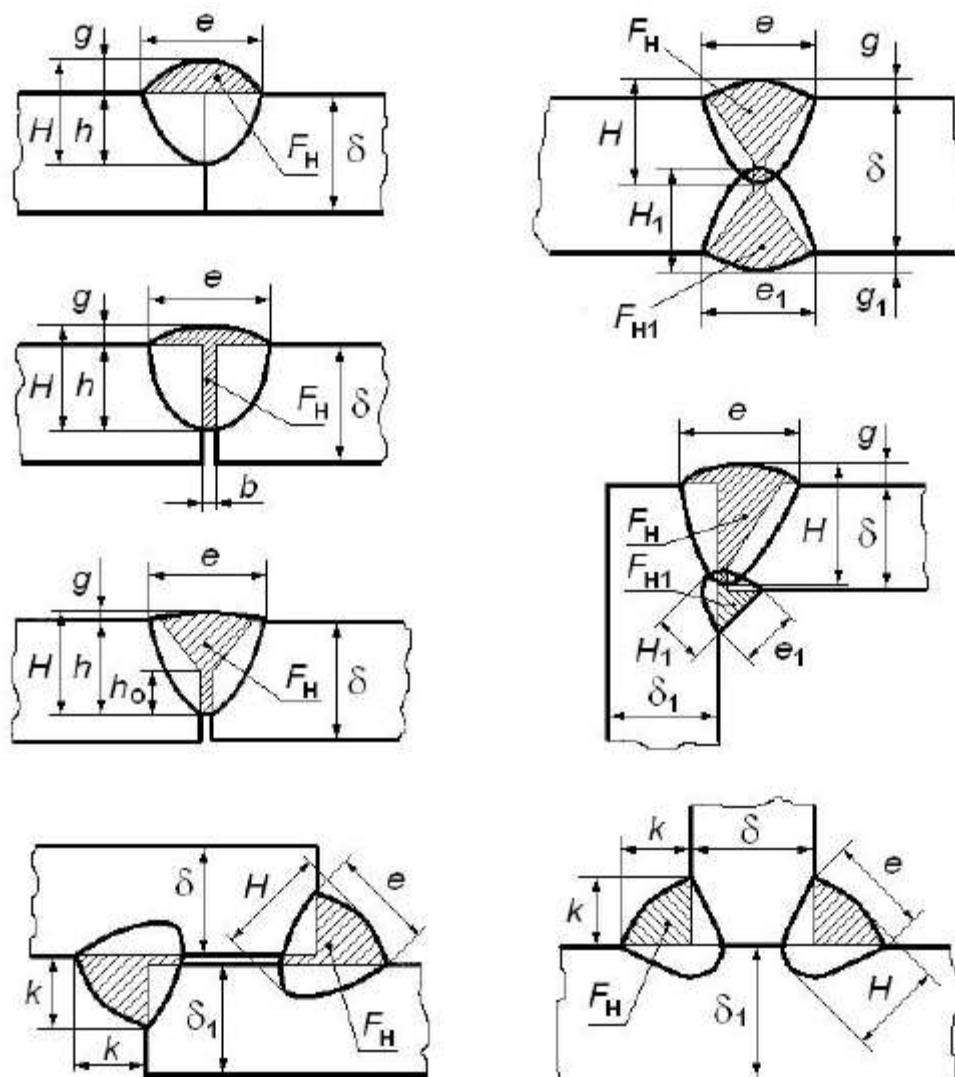


Рис. 1. Исходные геометрические размеры сварных швов при расчете основных параметров режима сварки

Для механизированной сварки стыковых швов значения $\phi_{пр}$ должны находиться в интервале 0,8...4,0. Швы с коэффициентом проплавления, близким к нижнему пределу, следует избегать, так как они склонны к образованию горячих трещин. Большим значениям этого коэффициента соответствуют широкие швы с малой глубиной проплавления, что нерационально с точки зрения использования теплоты дуги и приводит к повышенным деформациям, поэтому оптимальным следует считать более узкий интервал – 1,0...2,5.

Отношение ширины шва e к высоте валика g называют коэффициентом формы усиления или коэффициентом формы валика (ψ_B):

$$\psi_B = \frac{e}{g}.$$

Значения ψ_B для хорошо сформированных швов не должны выходить за пределы 7...10. Малые значения ψ_B имеют место при узких и высоких швах с резким переходом от основного металла к металлу шва. Такие швы обладают неудовлетворительной работоспособностью при переменных нагрузках из-за концентрации напряжений в местах перехода от основного металла к шву, которые могут быть причиной появления усталостных трещин. Если в результате подсчета оказывается, что $\psi_B < 7$, то необходимо делать разделку кромок, чтобы убрать в нее часть наплавленного металла.

Большие значения ψ_B соответствуют широким и низким усилениям. В этом случае излишне расплавляется основной металл. Кроме того, вследствие колебаний уровня жидкого металла ванны возможны местные уменьшения сечения шва и на отдельных участках сечение шва может оказаться меньше сечения основного металла.

Согласно экспериментальным данным [2] профиль провара при одном режиме сварки остается практически неизменным независимо от типа шва. Тип шва, зазоры или разделка влияют главным образом на соотношение долей основного и наплавленного металла, а контур провара во всех случаях практически одинаков (рис. 2).

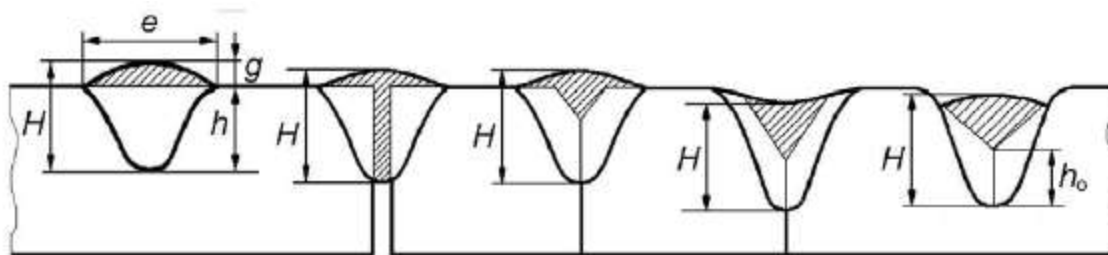


Рис. 2. Профиль провара при различных типах подготовки кромок

Во всех случаях при неизменном режиме общая высота шва остается постоянной как при наплавке, так и при сварке в стык без разделки и с разделкой кромок:

$$H = h + g = h_1 + g_1 = h_2 + g_2 = h_3 + g_3 = \dots$$

Поэтому соотношения между основными размерами шва, определенные для наплавки или сварки в стык без зазора и разделки, могут быть пересчитаны, если на этом же режиме сваривается соединение в стык с разделкой кромок или с зазором.

Допустим, что при сварке на заданном режиме стыкового шва без зазора (или при наплавке) (рис. 3, а) известны h , e , g и F_H . Для рассчитываемого шва известны размеры разделки (глубина f и угол разделки α) (рис. 3, б). Пересчет производится следующим образом.

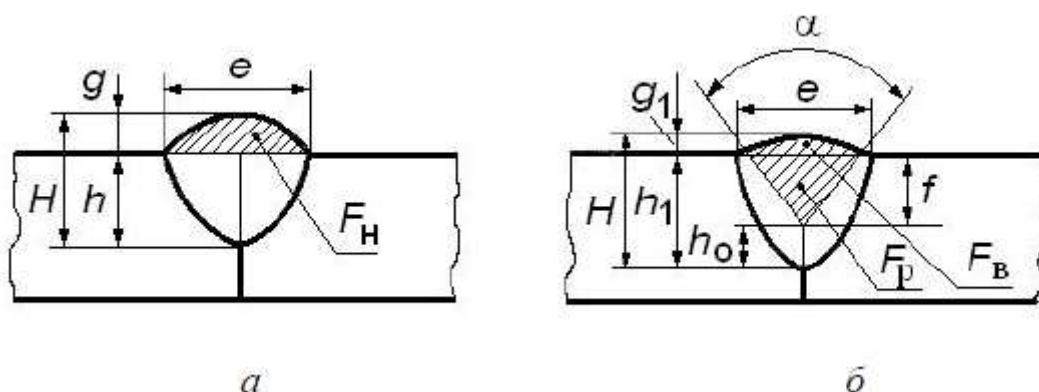


Рис. 3. Размеры швов, выполненных на одном режиме при сварке без зазора и разделки (а) и при сварке в разделку (б)

Определяют площадь разделки рассчитываемого шва по формуле

$$F_P = f^2 \operatorname{tg} \alpha / 2.$$

Тогда площадь валика при сварке с разделкой будет:

$$F_B = F_H - F_P.$$

Зная площадь валика F_B , можно определить его высоту по эмпирической зависимости:

$$g_1 = (1,35 \dots 1,40) \cdot F_B / e.$$

Имея в виду, что $H = \text{const}$, можно определить и фактическую глубину проплавления при сварке с разделкой:

$$h_1 = H - g_1.$$

При сварке стыковых швов с разделкой кромок и угловых швов величину проплавления нескошеней части называют глубиной проплавления притупления h_0 .

Чтобы рассчитать режим сварки, обеспечивающий заданные размеры и форму шва, а также внести коррективы в режимы сварки, если это потребуется, необходимо установить связь между отдельными параметрами режима и размерами шва. Основное влияние на размеры и форму шва оказывают количество теплоты, вводимое в металл, и условия ввода этой теплоты в изделие.

Увеличение сварочного тока приводит к возрастанию мощности дуги, что обеспечивает повышение количества расплавленного металла как электродного, так и основного. Следствием этого является увеличение глубины проплавления, высоты валика и ширины шва. При этом преобладает увеличение проплавляющей способности дуги благодаря значительному возрастанию давле-

ния дуги на сварочную ванну. Ширина шва при этом увеличивается незначительно.

Увеличение напряжения на дуге также приводит к увеличению тепловой мощности дуги. Но увеличение подвижности дуги, обусловленной увеличением её длины, вызывает, прежде всего, увеличение ширины шва и уменьшение высоты валика.

Увеличение скорости сварки вызывает уменьшение ширины проплавления и некоторое уменьшение высоты валика. Характер влияния скорости сварки на глубину проплавления в разных диапазонах скоростей различен.

При неизменной мощности дуги и скорости сварки влияние на размеры и форму шва оказывает диаметр электрода. Уменьшение диаметра электрода обеспечивает более концентрированный ввод тепла, в результате чего в некоторых пределах увеличивается глубина проплавления и высота валика, а ширина шва уменьшается.

В методических указаниях даны алгоритмы расчета режимов для одно- и многопроходной, одно- и двусторонней сварки стыковых и угловых соединений без разделки и с разделкой в положении «в лодочку». Для повышения точности расчетов, увеличения их скорости и значительного сокращения рутинных расчетных операций их следует выполнять с использованием ЭВМ. При этом появляется возможность проведения расчета значительного числа вариантов с целью выбора оптимального.

Исходными данными для расчета являются: марка стали, толщина свариваемых деталей, тип соединения, геометрические размеры шва, способ сварки, род и полярность тока.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ОДНОПРОХОДНОЙ ОДНО- И ДВУСТОРОННЕЙ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

3.1. На миллиметровой бумаге в натуральную величину или в определенном масштабе вычерчивают сварное соединение, для выполнения которого рассчитываются режимы сварки. На чертеж наносят контуры сечения шва и свариваемых кромок в соответствии с действующими ГОСТами, заводскими или отраслевыми стандартами, ТУ.

По чертежу определяют геометрические параметры шва: его ширину e , глубину проплавления h , высоту усиления g , высоту шва H в мм и площадь наплавленного металла F_H , мм².

При выполнении двустороннего симметричного шва (рис. 4, а) достаточно рассчитать параметры режима сварки, с одной стороны. Шов с обратной стороны выполняется на этом же режиме. При двусторонней сварке швов, отличающихся геометрическими размерами (рис. 4, б), расчет режимов выполняется для каждого шва.

Для гарантированного проплавления при двусторонней однопроходной сварке необходимо, чтобы размеры швов удовлетворяли условию $h_1 + h_2 = \delta + k$, где k – величина перекрытия швов (рис. 4).

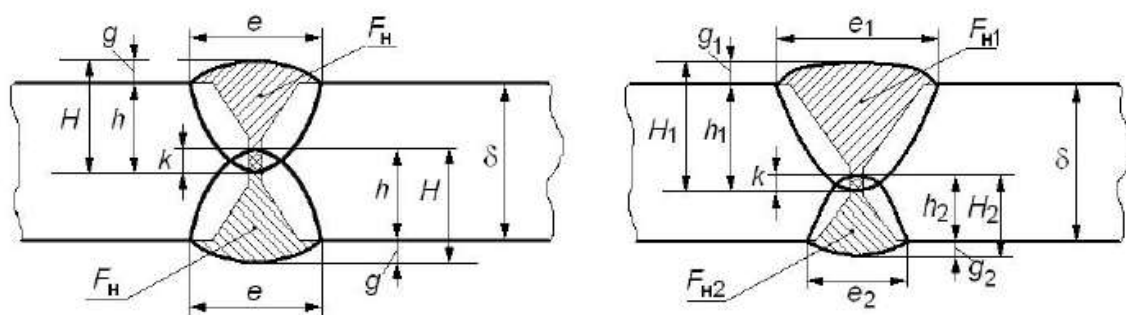


Рис. 4. Сечение стыкового двустороннего шва
с разделкой кромок

3.2. Определяют величину сварочного тока исходя из необходимой глубины проплавления:

$$I_{CB} = (80...100)h_p, A, \quad (1.1)$$

где h_p – расчетная глубина проплавления, мм.

При односторонней сварке в один проход принимают $h_p = \delta$, где δ – толщина свариваемого металла. При двусторонней однопроходной сварке симметричным швом $h_p = (0,6...0,7)\delta$ для гарантированного перекрытия швов.

При сварке соединений, собранных с гарантированным зазором, с разделкой кромок или с зазором и разделкой одновременно, расчетную глубину проплавления определяют по формуле

$$h_p = H - \frac{F_H}{0,73 \cdot e}, \text{ мм.} \quad (1.2)$$

Величину сварочного тока, обеспечивающую заданную глубину проплавления, можно рассчитать и по другой зависимости:

$$I_{CB} = \frac{h_p}{k_h} 100, A, \quad (1.3)$$

где k_h – коэффициент пропорциональности, величина которого зависит от условий проведения сварки.

Значения коэффициента k_h , характерные для средних значений тока при механизированной сварке проволокой данного диаметра под кислыми высокомарганцовистыми флюсами и в углекислом газе, приведены в табл. 1 [1].

3.3. Выбирают диаметр электродной проволоки. Ориентировочно диаметр электродной проволоки может быть выбран по табл. 2, 3 [2] или рассчитан по формуле

$$d_{\text{э}} = 1,13 \sqrt{\frac{I_{\text{CB}}}{j}}, \text{ мм}, \quad (1.4)$$

где j – допускаемая плотность тока в электроде, А/мм².

При выборе диаметра сварочной проволоки для сварки в углекислом газе следует обращать внимание на наличие диапазонов сварочного тока, в которых сварку выполнять не рекомендуется. Эти диапазоны (табл. 3) характерны повышенным разбрызгиванием (до 25 %) из-за смешанного переноса электродного металла.

Таблица 1

Значения k_h в зависимости от условий проведения сварки

Марка флюса или защитный газ	$d_{э},$ мм	$k_h, \text{ мм/А}$			Марка флюса или защитный газ	$d_{э},$ мм	$k_h, \text{ мм/А}$		
		Переменный ток	Постоянный ток				Переменный ток	Постоянный ток	
			Прямая полярность	Обратная полярность				Прямая полярность	Обратная полярность
ОСЦ-45	2	1,30	1,15	1,45	АН-348А Углекислый газ	5	0,95	0,85	1,05
	3	1,15	0,95	1,30		6	0,90	—	—
	4	1,05	0,85	1,15		1,2	—	—	2,10
	5	0,95	0,75	1,10		1,6	—	—	1,75
	6	0,90	—	—		2,0	—	—	1,55
АН-348А	2	1,25	1,15	1,40		3,0	—	—	1,45
	3	1,10	0,95	1,25		4,0	—	—	1,35
	4	1,00	0,90	1,10		5,0	—	—	1,20

Таблица 2

Допускаемые плотности тока и диапазоны сварочного тока при сварке стыковых швов под флюсом

Диаметр электрода, мм	2	3	4	5	6
Плотность тока, А/мм ²	65...200	45...90	35...40	30...50	25...45
Сварочный ток, А	200...600	300...700	400...800	600...1000	700...1200

Таблица 3

Допускаемые плотности тока и диапазоны сварочного тока
при сварке стыковых швов в углекислом газе

Диаметр электрода, мм	1,2	1,6	2,0	3,0
Плотность тока, А/мм ²	88...195 310...440	90...160 200...350	60...140 160...240	45...70 78...110
Сварочный ток, А	100...220 350...500	180...320 400...700	200...450 500...750	300...500 550...800

3.4. Уточняют плотность тока:

$$j = \frac{4I_{CB}}{\pi d_3^2}, \text{ А/мм}, \quad (1.5)$$

3.5. Рассчитывают напряжение на дуге:

$$U_d = 20 + \frac{0,05I_{CB}}{\sqrt{d}}, \text{ В}. \quad (1.6)$$

3.6. Устанавливают скорость сварки:

$$V_{CB} = A/I_{CB}, \text{ м/ч}, \quad (1.7)$$

где коэффициент A (А·м/ч) выбирают в зависимости от диаметра электродной проволоки из табл. 4 [1, 2].

Таблица 4

d_3 , мм	A , А·м/ч	d_3 , мм	A , А·м/ч
1,2	$(2...5)10^3$	4,0	$(16...20)10^3$
1,6	$(5...8)10^3$	5,0	$(20...25)10^3$
2,0	$(8...12)10^3$	6,0	$(25...30)10^3$
3,0	$(12...16)10^3$		

Выбирают вылет электрода – l_3 .

При сварке под флюсом $l_3 = 10d_3$, мм. (1.8)

При сварке в CO_2 : при d_3 меньше 2 мм $l_3 = 15...20$ мм,

при d_3 больше 2 мм $l_3 = 20...25$ мм.

3.8. Ориентировочно определяют скорость подачи электродной проволоки:

$$V_{III} = \frac{V_{CB} F'_H (1 + 0,01\psi) 4}{\pi d_3^2}, \text{ м/ч}, \quad (1.9)$$

где F'_H – площадь сечения металла, наплавленного на выбранном режиме, мм²; ψ – коэффициент потерь металла, %; V_{CB} – скорость сварки, м/ч; d_3 – диаметр электродной проволоки, мм.

При сварке в углекислом газе в диапазоне плотностей тока 60...320 А/мм² ожидаемую среднюю величину коэффициента потерь можно рассчитать по формуле

$$\psi = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j.$$

При сварке под флюсом ввиду незначительных потерь можно принять $\psi = 0$, то есть $\alpha_H = \alpha_P$.

3.9. Ориентировочно определяют расход углекислого газа при сварке в CO₂:

$$Q_r = 10 + \frac{(I_{CB} - 30)}{51,3}, \text{ л/мин.} \quad (1.10)$$

При сварке под флюсом по табл. 5 выбирают высоту слоя флюса и грануляцию его частиц.

Таблица 5

Рекомендуемая высота слоя флюса
и грануляция частиц при сварке под флюсом

Сварочный ток, А	200	400	600	800	1000	1200
Высота слоя, мм	25...35	25...35	35...40	35...40	45...60	45...60
Грануляция частиц, мм	0,25...1,60			0,40...2,50		

4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Акулов, А. И.** Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: учебник для вузов / А. И. Акулов [и др.]. – Москва: Машиностроение, 2003. – 560 с.
2. Справочник сварщика / под ред. В. В. Степанова. – Москва: Машиностроение, 1982. – 560 с.
3. **ГОСТ 8713–79.** Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Москва: Изд-во стандартов, 1993. – 68 с.
4. **ГОСТ 14771–76.** Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Москва: Изд-во стандартов, 2001. – 38 с.
5. **ГОСТ 15164–78.** Электрошлаковая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Москва: Изд-во стандартов, 1992. – 18 с.
6. **ГОСТ 2601–84.** Сварка металлов. Термины и определения основных понятий. – Москва: Изд-во стандартов, 1996. – 57 с.
7. **ГОСТ 11969–79.** Сварка плавлением. Основные положения и их обозначения. – Москва: Изд-во стандартов, 1982. – 6 с.

**Задания для расчёта режимов
механизированной дуговой сварки**

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина шва, мм	500	600	700	800	900	600	900	1000	900
ГОСТ	8713–79	8713–79	14771–76	14771–76	8713–79	8713–79	14771–76	14771–76	8713–79
S , мм	8	14	10	8	14	18	22	10	20
Тип соедин.	C9	C12	C9	C21	C21	C25	C21	C25	C32

№ вар.	10	11	12	13	14	15	16	17
Длина шва, мм	1000	1600	1200	900	1500	1100	800	1300
ГОСТ	14771–76	8713–79	8713–79	14771–76	14771–76	8713–79	8713–79	14771–76
S , мм	18	22	20	12	18	15	20	18
Тип соедин.	C25	C36	C38	C8	C21	C33	C15	C22

Лабораторная работа №4

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ

1.ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является ознакомление со способами технологического нормирования, а также практического освоения методов расчёта норм времени.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Общие сведения о техническом нормировании

Техническое нормирование представляет собой систему научно обоснованного и проверенного на практике установления затрат труда на выполнение определенной работы.

Техническое нормирование в новых условиях хозяйствования позволяет:

1. правильно организовать труд всех категорий работников предприятия;
2. обеспечить данные, на основе которых можно четко спланировать, подготовить и организовать работу многочисленных подразделений предприятия;
3. обоснованно оценить затраты труда на производство изделия.

Техническое нормирование и научная организация труда неотделимы друг от друга, поскольку нормировать необходимо организованный труд, т. е. труд, определенным образом систематизированный.

Техническое нормирование труда представляет собой систему установления технически обоснованных норм времени, т. е. необходимых затрат времени на качественное выполнение определенной работы.

Главная задача технического нормирования – обеспечение более высоких темпов роста производительности труда. Реализацию этой задачи обеспечивает разработка мероприятий, направленных на выявление и использование резервов повышения про-

изводительности труда, которые имеются на каждом предприятии из-за наличия явных и скрытых потерь рабочего времени, а также на повышение производительности труда, разработку и установление технически обоснованных норм на различные работы с учетом наиболее полного и эффективного использования имеющейся техники. При этом предусматривается четкая организация рабочих мест и построение технологических процессов, использование передовых приемов и методов труда.

Методы, которые применяет техническое нормирование в повседневной практике, просты и доступны для применения на любом предприятии и включают в себя наблюдение за работой непосредственно на рабочем месте, обработку и анализ результатов наблюдений. Результаты анализа являются основой разработки новой, более рациональной и более эффективной организации труда, лучших и более совершенных приемов работы.

Методы нормирования труда. Под методом нормирования понимается совокупность приемов установления норм труда, которые включают в себя анализ трудового процесса, проектирование рациональной организации и расчет норм труда. Выбор метода определяется характером нормируемых работ и условий их выполнения.

Методы нормирования труда делятся на аналитические и суммарные.

Аналитические методы предполагают установление норм на основе анализа конкретного трудового процесса, проектирования рациональных режимов работы оборудования и приемов труда рабочих, определения норм по элементам трудового процесса с учетом специфики конкретных рабочих мест и производственных подразделений.

Суммарные методы устанавливают нормы без анализа конкретного трудового процесса и проектирования рациональной организации труда, т. е. на основе опыта нормировщика (так называемый опытный метод) или на основе статистических данных о выполнении аналогичных работ (статистический метод). Нормы, установленные с помощью суммарных методов, обычно называют опытно-статистическими. Такие нормы не позволяют эффективно использовать производственные ресурсы и должны заменяться нормами, установленными аналитическими методами.

Укрупненные методы устанавливают необходимое время на основе типовых норм или эмпирических формул в результате разделения трудового процесса на комплексы приемов и операций.

2.2. Техническая норма времени

Техническая норма времени состоит из нормы штучного времени, задаваемого рабочему на выполнение данной работы, $T_{шт}$, и нормы подготовительно-заключительного времени $T_{п.з.}$.

2.2.1. Нормы штучного времени

Норма штучного времени рассчитывается по формуле

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{всп} + T_{обс} + T_{отд}, \quad (1)$$

где $T_{шт}$ – норма штучного времени, задаваемого рабочему на выполнение данной работы, мин; $T_{осн}$ – основное время, мин; $T_{всп}$ – вспомогательное время, мин; $T_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места, мин; $T_{отд}$ – время на отдых и естественные потребности, мин.

Сумма основного и вспомогательного времени составляет время **оперативной работы**:

$$T_{оп} = T_{осн} + T_{всп}. \quad (2)$$

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обс} + T_{отд}. \quad (3)$$

Если норма времени устанавливается на одно изделие, то к нему надо прибавить подготовительно-заключительное время. Если же нормируемое время определяется на партию изделий из n шт., то полная норма времени на всю партию определяется по формуле

$$T_{пар} = nT_{шт} + T_{п.з.}, \quad (4)$$

где n – величина изготавливаемой партии, шт.

При определении основного времени сварки T_{OCH} необходимо вводить поправочные коэффициенты K в зависимости от положения, указанные в табл. 1

Таблица 1

Положение шва	K
Для нижнего	1
Для горизонтального	2
Для вертикального	1,6
Для кольцевых швов без поворота изделия (вертикальный стык)	1,4
Для прерывистых швов (с длиной шва не более 0,5 м)	1,1

Нормативы и расчеты времени для всех видов сварки даны с учетом производства работ в стационарных условиях, на сварочной площадке. При производстве работ непосредственно на монтаже или строительном участке с переходами и передвижкой аппаратуры, полученные по расчетам нормы нужно умножить на коэффициент 1,1. При производстве сварки или резки с люлек полученные нормы времени надо умножить на коэффициент не более 1,5; с подмостей и лестниц – на коэффициент не более 1,2.

При затрудненном доступе к конструкции, работе лежа или в неудобном согнутом положении нормы времени и расценки умножают на коэффициент 1,25; при сварке с подогревом нормы времени умножают на коэффициент 1,35.

2.2.2. Расчёт основного времени сварки

Основное время – это время, в течение которого происходит образование сварочного шва. T_{OCH} подсчитывается по формуле

$$T_{OCH} = \frac{Q_H \cdot 60}{I_{CB} \cdot \alpha_H}, \quad (5)$$

где Q_H – масса наплавленного металла, г; I_{CB} – сварочный ток, А; α_H – коэффициент наплавки (таблица 2).

Таблица 2.

Коэффициент наплавки наиболее распространенных электродов

Марка электродов	MP-3	УОНИ-13/45	УОНИ-13/55	ОЗС-6	АНО-5	ЦМ-7
Коэффициент наплавки α_H	7,8	8,5	9	8,5	11	10,6

Таблица 3.

Коэффициент наплавки различных способов сварки

Вид сварки	α_H
Ручная дуговая	8–12
Полуавтоматическая в среде защитных газов	10–18
Автоматическая	14–22

Масса наплавленного металла:

$$Q_H = F \cdot L \cdot \rho, \quad (6)$$

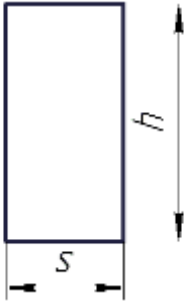
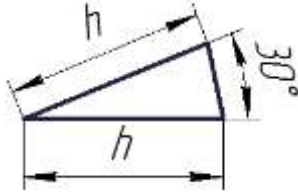
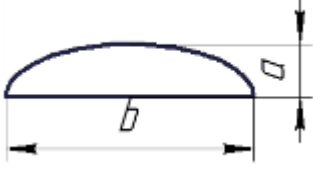
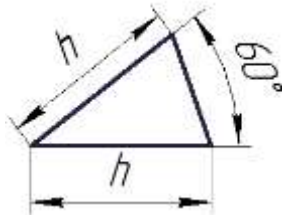
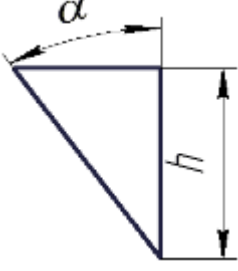
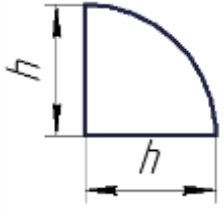
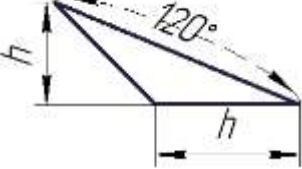
где F – площадь поперечного сечения шва, мм²; L – длина шва, мм; ρ – плотность металла, г/мм³.

Для подсчета площади поперечного сечения шва F сечение разбивается на элементарные геометрические фигуры. Для каждой из этих фигур определяется площадь поперечного сечения (табл. 4). Стыковой V-образный шов разбивается на два треугольника, прямоугольник и сегмент. Площадь сечения углового шва при сварке внахлестку, в тавр и в угол подсчитывается как сумма площадей треугольника и сегмента.

Размеры элементов свариваемых кромок и шва для определения площади поперечного сечения принимаются по ГОСТам или по нормальям.

Таблица 4

Определение площади поперечного сечения

Вид поперечного сечения	Площадь	Вид поперечного сечения	Площадь
	$F = hs$		$F = 0,25h^2$
	$F = 0,75ab$		$F = 0,433h^2$
	$F = \frac{s^2}{2} \operatorname{tg} \alpha$		Для ручной электродуговой сварки $F = 1,2 \frac{h^2}{s}$
	$F = 0,433h^2$		Для газовой сварки $F = 0,7 \frac{h^2}{s}$

2.2.3. Вспомогательное время

Вспомогательное время делится на время, связанное со швом, и время, связанное со свариваемым изделием.

Вспомогательное время делится на время, связанное со швом, и время, связанное со свариваемым изделием.

Вспомогательное время, связанное со швом, включает время на смену электродов (t_1), измерение и осмотр шва (t_2), зачистку шва и кромок (t_3). Нормы расчёта вспомогательного времени, связанного со швом для полуавтоматической и автоматической сварки приведены в таблице 5.

Время на смену электродов (t_1) определяется умножением объема наплавляемого металла на время смены, отнесенное к 1 см^3 наплавленного металла (табл. 5).

Таблица 5

Время на смену электродов для ручной дуговой сварки.

Диаметр электрода в мм.	Время, мин	
	Пространственное положение	
	нижнее, вертикаль- ное, горизонтальное	верхнее (потолочное)
3	0,05	0,07
4	0,04	0,059
5	0,027	0,038
6	0,018	0,026

Время на измерение и осмотр шва (t_2) определяется умножением длины шва на 0,35 для нижнего, вертикального и горизонтального шва и на 0,5 – для потолочного шва.

Время на зачистку швов и кромок (t_3) определяется по формуле

$$\sum t_3 = L[0,6 + t_3(n - 1)], \text{ мин}, \quad (7)$$

где L – длина шва, м; n – количество слоев; 0,6 – время на очистку последнего слоя шва на 1 м шва в минуту.

Для нижнего, вертикального и горизонтального положения сварки $t_3 - 1 \div 1,6$ мин

Для потолочного положения сварки $t_3 - 1,5 \div 2,3$ мин.

При применении пневматического зубила для очистки швов время, рассчитанное по формуле (9), следует умножить на коэффициент $K = 0,7$.

Таблица 6

Вспомогательное время связанное со швом,
при автоматической и полуавтоматической сварке под флюсом

Элементы вспомогательного времени	Время на один пог. м шва, мин	Примечание
Зачистка и осмотр свариваемых кромок	0,5	Зачистка производится стальной щеткой вручную
Корректировка электродной проволоки относительно оси разделки (шва) по длине	0,4	В удобном положении
	0,7	В неудобном положении, на высоте более 2 м внутри объемов
Передвижение вручную к месту начала сварки:		При сварке многослойных швов это время умножается на количество слоев
портала, консоли	0,2	
трактора, головки	0,12	
Сбор флюса со шва или слоя после сварки:		Включается в норму времени при работе без флюс-отсоса. При длине шва более 2 м время на сбор флюса перекрывается основным временем на 50 %
с уборкой	0,5	
без уборки	0,2	
Засыпка флюса в бункер для работы:		
на ПШ-5	0,4	
на ПДШ-500	0,2	
Засыпка флюса по длине шва вручную (совком, лопатой)	0,15	

Продолжение Таблицы 6

Элементы вспомогательного времени	Время на один пог. м шва, мин	Примечание
Зачистка шлака, осмотр или промер шва или слоя: наружные слои стыковых и угловых соединений промежуточные слои многослойных швов соединений с разделкой кромок под сварку	0,4 0,8	Нормы времени предусматривают зачистку шлака зубилом и стальной щеткой. Время дано на зачистку одного слоя шва; при многослойной сварке это время умножить на (n-m), где m – количество завершающих слоев шва.
Зачистка шва от шлака с подружкой пневмозубилом: наружные слои стыковых; и угловых соединений промежуточные слои многослойных швов соединений с разделкой кромок под сварку	1,4 3	Время дано на зачистку одного слоя шва; при многослойной сварке это время умножить на (n- m). При зачистке (подрубке) швов одновременно со сваркой время зачистки перекрывается временем сварки на 50 %

Примечания:

1. Величина $T_{всп}$ определяется суммированием времени по тем элементам работы, которые выполняются самим сварщиком или при его участии.

2. При зачистке кромок пневматической щеткой в норму времени вводится коэффициент $K=0,6$. При обдувке кромок после зачистки сухим сжатым воздухом к норме времени прибавляется 0,4 мин на 1 пог. м.

Таблица 7

**Нормативы вспомогательного времени на установку
и управление головкой (или полуавтоматом)**

Тип оборудования	Время, мин	Содержание работы
Полуавтоматы: ПШ-5 ПДШ-500 ТС-17М АДС-1000-2	1,3 1 2,1 3,2	Поднести флюс, автомат или головку полуавтомата к изделию (расстояние до 3 м). Установить головку и направить проволоку в разделку шва. Включить и выключить автомат или головку полуавтомата в работу и после работы
Автоматы	0,7	Переместить направляющие или опустить постель
		Установить, выверить и убрать направляющие трактора длиной:
	3,4	До 5 м
	4,3	Более 5 м
		Подготовить флюсовую подушку длиной до:
	1,5	2 м
	2,8	2–5 м

Вспомогательное время, связанное с изделием, включает время на установку, поворот и снятие изделия (t_4), переходы сварщика и клеймение шва (t_5) (табл. 7 и 8).

Таблица 8

Время на установку, поворот и снятие деталей

Наименование операции	Время, мин								
	Вес детали, кг								
	5	10	15	25	50	100	250	500	1000
Подвести и уложить	0,2	0,3	0,4	0,1	0,9	2,1	2,3	2,4	2,8
Снять и увезти	0,1	0,15	0,2	0,3	0,45	2	2,2	2,3	2,7
Повернуть	0,1	0,12	0,13	0,17	0,22	2,1	2,3	2,4	2,8

Таблица 9

Время на переходы сварщика

Характер перехода	Время на 1 переход, мин				
	Длина перехода, м, до				
	2	4	6	8	10
Свободный	0,11	0,16	0,2	0,25	0,3
Затруднённый	0,31	0,46	0,6	–	–

Затрата времени на установку, поворот и снятие деталей (t_4) зависит от их веса. При весе деталей 25 кг эти операции выполняются вручную, при большем весе – краном.

Время на установку клейма принимается равным 0,03 мин на 1 знак.

Время на переходы сварщика устанавливается хронометражными наблюдениями; приближенно оно может быть взято из таблицы 7.

2.2.4. Время на обслуживание рабочего места

Время на обслуживание рабочего места ($T_{обс}$) (по имеющимся хронометражным наблюдениям) для ручной дуговой сварки, выполняемой в помещениях, составляет 3 % оперативного; при выполнении сварки на открытых площадках – 5 %.

Время на отдых и естественные надобности приближенно берется равным 6 % оперативного времени при ручной дуговой сварке в удобном положении, 8 % – в неудобном положении и 12 % – в напряженном положении.

Удобное положение – положение сварщика, при котором он может сидеть или стоять около или внутри свариваемого изделия, а шов находится не выше уровня его груди; работа ведется при нормальном освещении и хорошем доступе воздуха.

Неудобным считается положение, при котором сварщик находится в согнутом состоянии, а также при расположении шва выше уровня груди сварщика.

Напряженным положением сварщика считается такое, при котором он вынужден производить сварку в согнутом состоянии при плохом притоке воздуха и плохом теплоотводе или при сварке на значительной высоте.

Если сварка производится в закрытых сосудах сечением более $0,75 \text{ м}^2$ с одним или двумя днищами, то это время устанавливается в размере 15 % оперативного времени.

2.2.5. Подготовительно-заключительное время

Подготовительно-заключительное время при электродуговой ручной сварке определяется хронометражными наблюдениями; приближенно может быть принято равным 5 % оперативного времени (табл. 10).

Таблица 10

Элементы работ	Сложность подготовки к сварке		
	Простая	Средняя	Сложная
	Время на партию в мин		
Получение производственного задания, указания и инструктажа	5	7	12
Ознакомление с работой	3	5	8
Подготовка приспособлений	—	3	5
Сдача работ	2	2	2
Всего	10	17	27

Под простой подготовкой к работе понимаются условия, при которых сварщику не нужно производить подготовку приспособлений, знакомиться с технологической документацией и чертежами; под подготовкой средней сложности принимаются условия, при которых сварщик знакомится с технологической документацией и производит подготовку простого приспособления. Под сложной подготовкой понимается такая, при которой сварщик знакомится с чертежами и технологической документацией на сварку сложных узлов (предварительный подогрев, определение порядка наложения швов и др.) и производит наладку приспособлений.

2.3. Расход сварочных материалов

Расход электрода на погонную длину шва 1 м:

$$Q_{\text{э}} = kQ_{\text{н}}, \quad (8)$$

где $Q_{\text{н}}$ – масса наплавленного металла, г; k – коэффициент, учитывающий неизбежные потери электродов или проволоки.

Коэффициент $k_{\text{э}}$, учитывающий потери присадочного металла (по данным монтажных участков Министерства строительства электростанции), определяется по таблице 11.

Таблица 11

Марка электродов	МР-3	УОНИ-13/45	УОНИ-13/55	ОЗС-6	АНО-5	ЦМ-7
Коэффициент расхода $k_{\text{э}}$	1,6	1,7	1,7	1,6	1,5	1,6

Расход электродной проволоки при укрупненных расчетах принимается равным массе наплавленного металла шва с учетом 3 % потерь на обрубку концов проволоки при зарядке кассет, неиспользуемые концы и т. д.

Расход флюса определяется опытным путем. Для ориентировочных расчетов расход флюса может быть принят 1,2–1,4 от массы расходуемой электродной проволоки.

Норма расхода защитного газа на одно изделие:

$$H_{\text{г}} = q_{\text{г}} \cdot (T_{\text{осн}} + t_{\text{пз}}), \quad (9)$$

где $t_{\text{пз}}$ – время на подготовительно-заключительные операции (0,05 при сварке плавящимся электродом), мин; $q_{\text{г}}$ – оптимальный расход защитного газа, м³/мин. Для механизированных способов сварки $q_{\text{г}} = 2,33 \times 10^{-4}$ м³/мин

2.4. Расчет расхода электроэнергии:

$$W = \frac{I_{CB} \cdot U_D \cdot T_{OCH}}{\eta \cdot 1000 \cdot 60}, \quad (10)$$

где I_{CB} – сила тока, А; U_D – напряжение, В; T_{OCH} – основное время сварки; $\eta_{эл}$ – КПД источника питания сварочной дуги.

3. ПРИМЕР РАСЧЁТА

Рассчитать норму времени на партии секторных отводов, основные данные для расчёта приведены в таблице 12.

Таблица 12

Диаметр труб, мм	1020
Толщина стенки, мм	14
Диаметр электрода, мм	5
Количество слоев	5
Сила тока, А	180
Напряжение, В	25,5
Размер партии, шт.	3

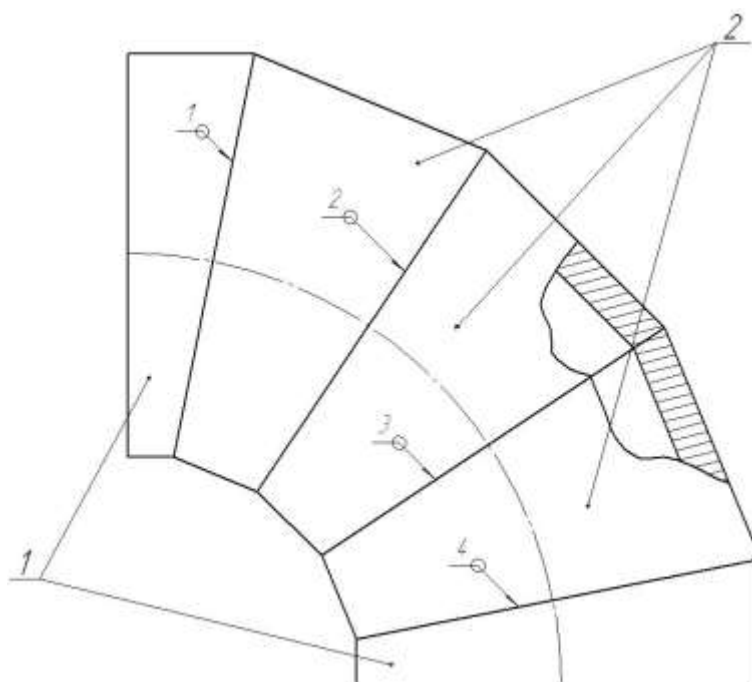


Рис. 1. Конструкция секторных отводов

3.1. Основное время сварки

Эскиз сварного шва представлен на рис. 2. Разделка кромок производится в соответствии с ГОСТ 16037–80 (Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры). Условное обозначение шва С54.

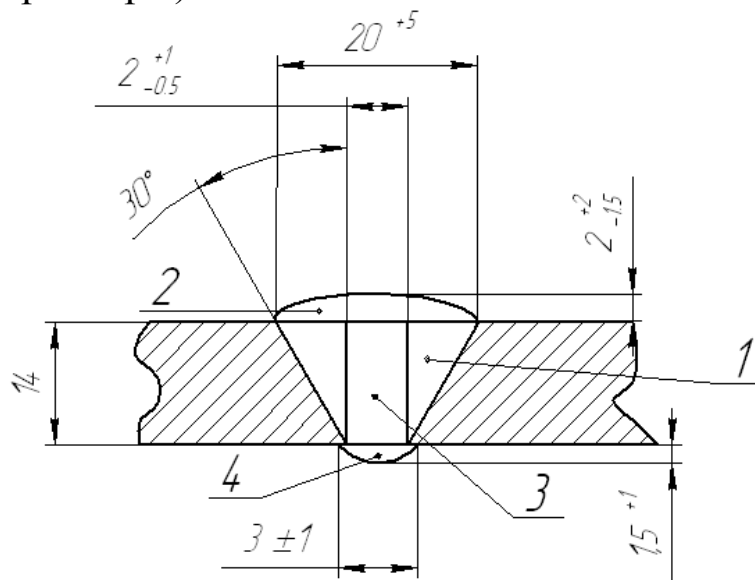


Рис. 2. Эскиз шва

Площадь сечения шва равна сумме площадей сечения двух треугольников, прямоугольника и двух сегментов.

$$2 F_1 = 2 \times 0,5 \times 8 \times 14 = 112 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = 0,75 \times 20 \times 2 = 30 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = 2 \times 14 = 28 \text{ мм}^2$$

$$F_4 = 0,75 \times 3 \times 1,5 = 3,375 \text{ мм}^2$$

$$F_{\text{шва}} = 2 F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 = 1,735 \text{ см}^2$$

Общая длина швов $L = 1550$ см. Сварку производят электродами УОНИ-13/45 диаметром 5 мм при токе 180 А.

Коэффициент наплавки для УОНИ-13/55 = 9 г/(А·ч) (для кольцевого шва, свариваемого с поворотом).

Подставляем полученные значения F и L в формулу для подсчета массы наплавленного металла:

$$Q_H = 1,735 \cdot 1550 \cdot 7,8 = 20976,15 \text{ г},$$

$$T_{осн} = \frac{20976,15 \cdot 60}{9 \cdot 180} = 777 \text{ мин.}$$

3.2. Вспомогательное время, связанное со свариваемым швом

Суммарная длинн сварных швов конструкции составляет 15,5 м, длина зачищаемых кромок составляет 15,5 м.

Находим время на смену электродов (t_1). По таблице для электрода диаметром 5 мм при нижнем положении шва время на смену электродов при наплавке 1 см^3 металла равно 0,027 мин.

$$t_1 = 0,027 \cdot 2681 = 72,4 \text{ мин.}$$

3.3. Время t_2 на измерение и осмотр шва:

$$t_2 = 15,5 \cdot 0,35 = 3,425 \text{ мин.}$$

3.4. Для определения времени на зачистку швов t_3 принимаем, что шов заваривается в пять слоев, тогда

$$t_3 = 15,5 \cdot [0,6 + 1,2(5 - 1)] = 83,5 \text{ мин.}$$

3.5. Находим время на установку, поворот и снятие детали t_4 . Считаем, что установка была одна, а поворотов было три и что деталь снималась один раз. По таблице при весе детали 1068 кг находим время: для установки 2,8 мин, для поворота 2,8 мин, для снятия детали 2,7 мин.

$$t_4 = 2,8 \cdot 1 + 2,8 \cdot 3 + 2,7 \cdot 1 = 13,9 \text{ мин.}$$

Определяем:

$$T_{всп} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$$

$$T_{всп} = 72,4 + 3,4 + 83,5 + 13,9 = 173,2 \text{ мин.}$$

3.6. Расчет оперативного времени на сварку.

$$T_{оп} = T_{осн} + T_{всп} = 777 + 173,2 = 950 \text{ мин.}$$

Находим время на обслуживание рабочего места (при работе на открытых площадках оно равно 5 % оперативного времени):

$$T_{обс} = 950 + 0,05 = 47,5 \text{ мин.}$$

3.7. Расчет времени на отдых и естественные надобности. Считаем положение сварки удобным, тогда:

$$T_{отд} = 950 + 0,06 = 57 \text{ мин.}$$

3.8. Штучное время сварки:

$$T_{шт} = 950 + 47,5 + 57 = 1054,5 \text{ мин.}$$

3.9. Подготовительно-заключительное время $T_{п.з.}$ из таблицы 9 принимаем равным 10 мин.

$$T_{пар} = 3 \cdot 1054 + 10 = 3172 \text{ мин.} = 52,7 \text{ ч.}$$

3.10. Расход сварочных материалов:

$$Q_{э} = 3 \cdot (1,7 \cdot 20976,15) = 106978,4 \text{ г.}$$

3.11. Расчет расхода электроэнергии:

$$W = \left(\frac{120 \cdot 25,5 \cdot 777}{0,8 \cdot 1000 \cdot 60} \right) \cdot 3 = 148,6 \text{ кВт} \times \text{ч.}$$

В качестве задания предлагается провести расчёт нормы времени, расхода электроэнергии, и сварочных материалов на партию изделий.

При расчёте назначить тип сварного шва согласно ГОСТ.
 В табл. 13, 14, 15, 16, 17 тип электрода:
 1. МР-3; 2. УОНИ-13/45; 3. УОНИ-13/55; 4. ОЗС-6; 5. АНО-5

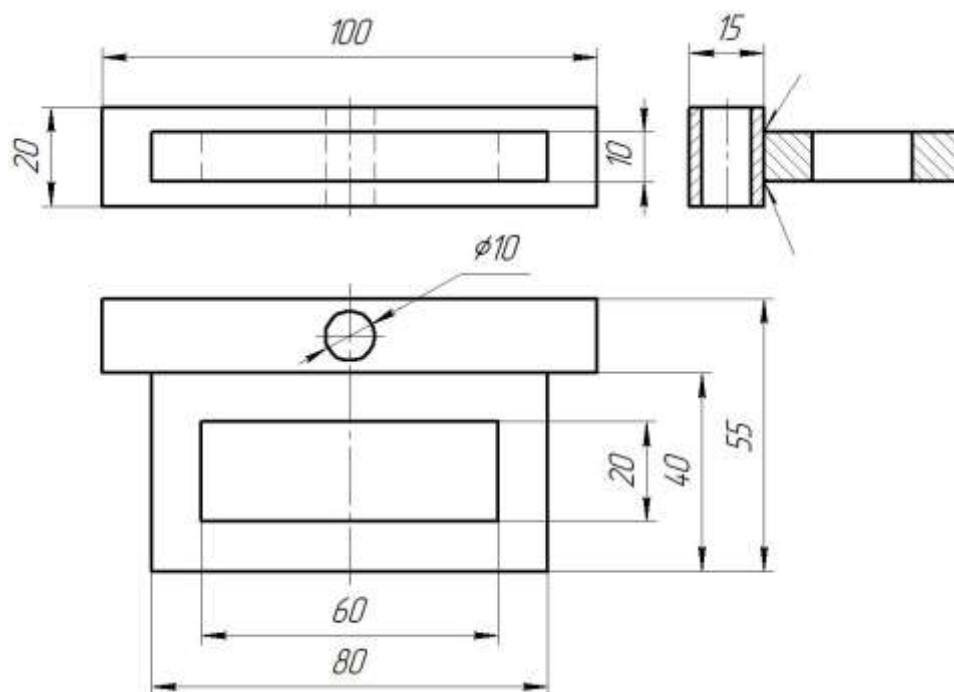


Рис. 3. Изделие для вариантов 1–5

Таблица 13

	№ варианта				
	1	2	3	4	5
Диаметр электрода, мм	3	3	4	5	4
Тип электрода	2	3	1	5	4
Сила тока, А	140	120	180	190	180
Напряжение, В	25,5				
Размер партии, шт.	25	100	10	18	50

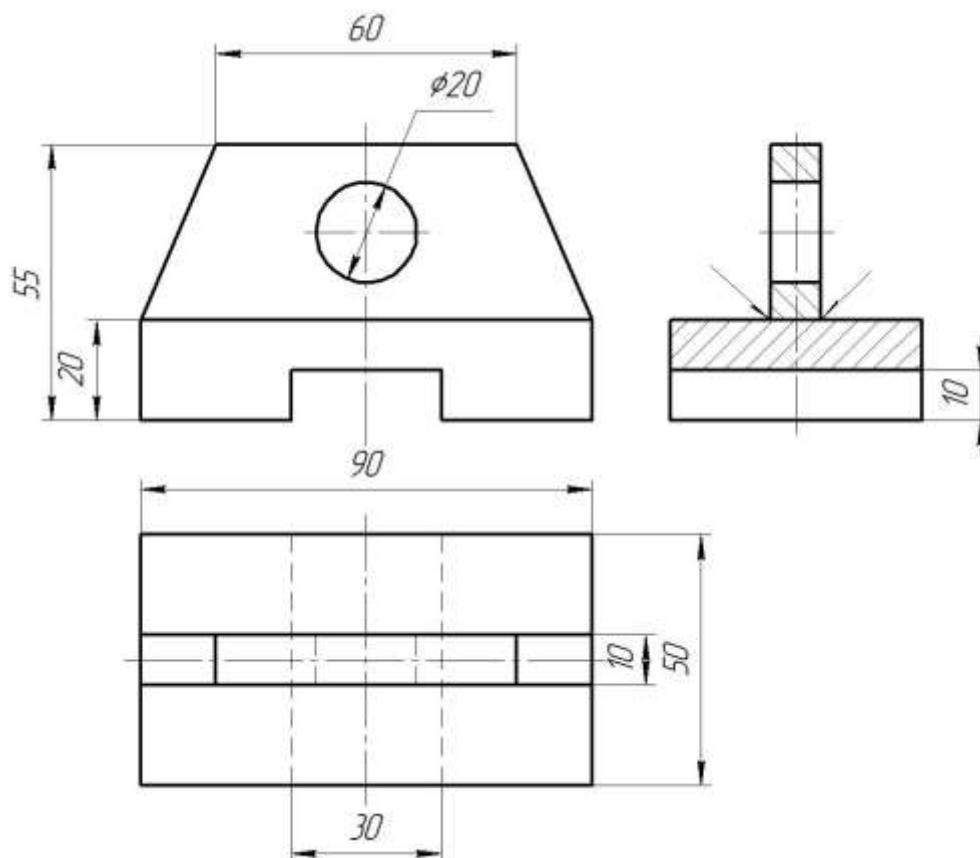


Рис. 3. Изделие для вариантов 6–10

Таблица 14

	№ варианта				
	6	7	8	9	10
Диаметр электрода, мм	4	4	5	3	5
Тип электрода	4	3	1	3	4
Сила тока, А	160	150	190	120	170
Напряжение, В	24				
Размер партии, шт.	40	50	15	36	100

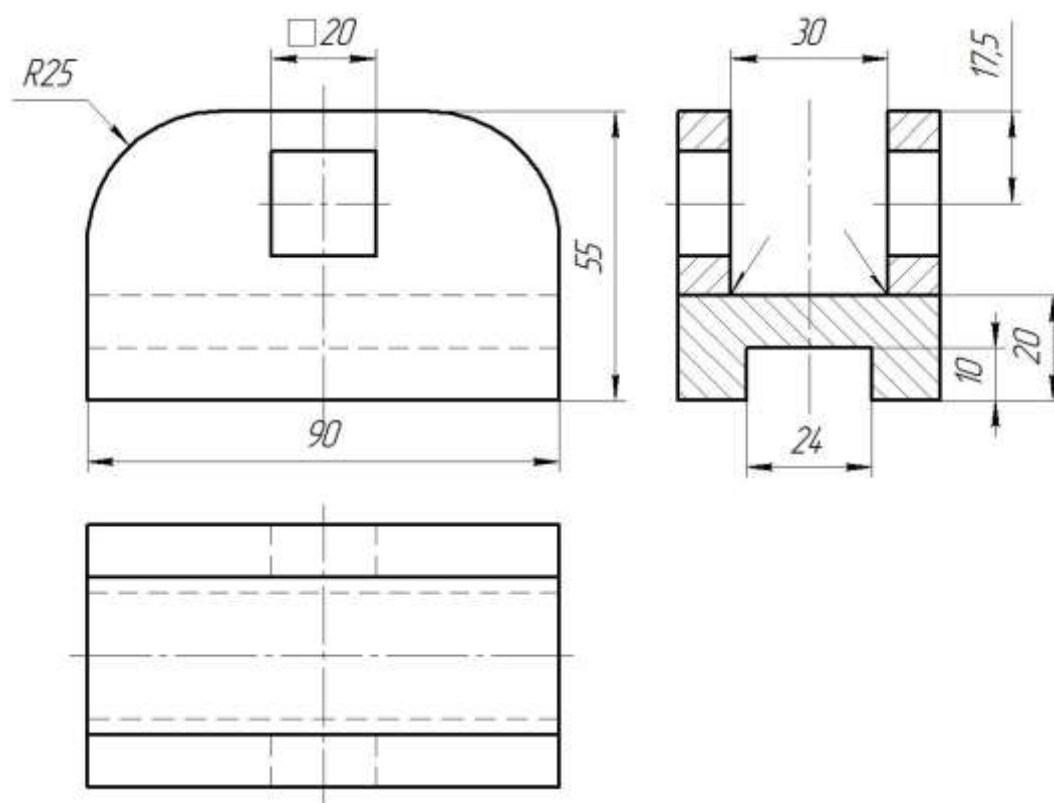


Рис. 3. Изделие для вариантов 11–15

Таблица 15

	№ варианта				
	11	12	13	14	15
Диаметр электрода, мм	3	3	5	5	4
Тип электрода	1	2	4	5	3
Сила тока, А	110	120	200	190	150
Напряжение, В	25,5				
Размер партии, шт.	80	20	30	100	50

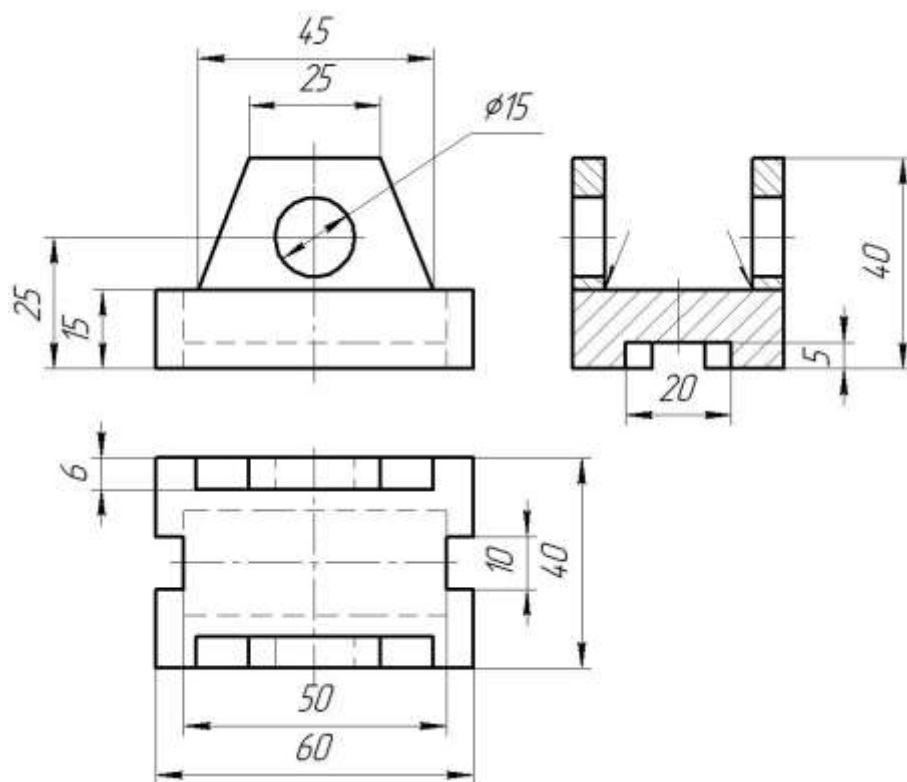


Рис. 3. Изделие для вариантов 16–20

Таблица 16

	№ варианта				
	16	17	18	19	20
Диаметр электрода, мм	3	3	4	5	4
Тип электрода	5	4	3	2	1
Сила тока, А	140	120	180	190	180
Напряжение, В	25,5				
Размер партии, шт.	25	100	10	18	50

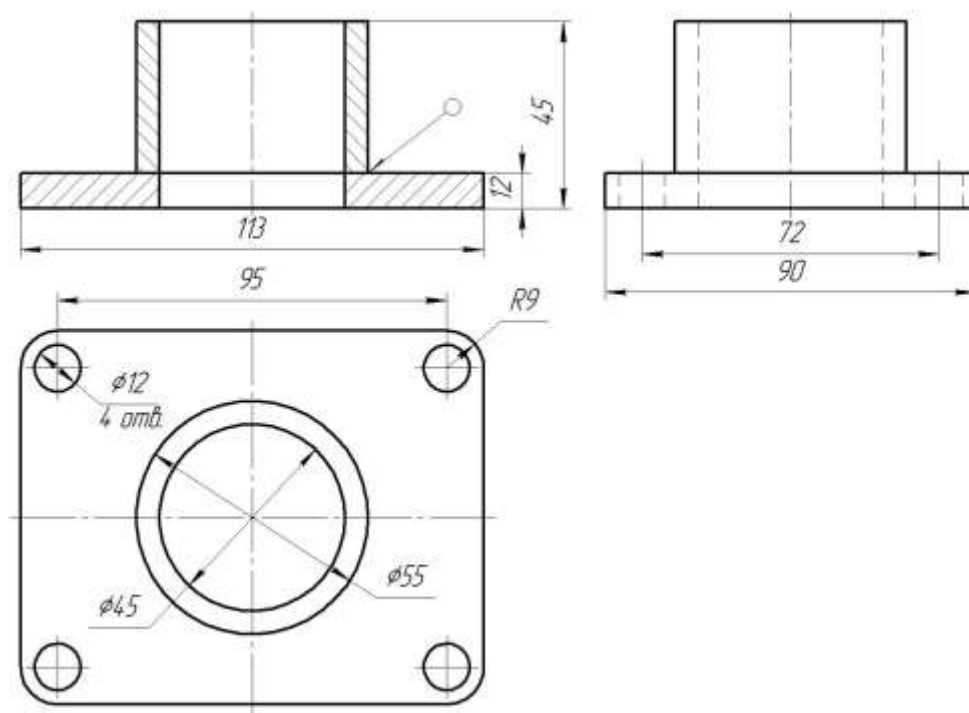


Рис. 3. Изделие для вариантов 21–25

Таблица 17

	№ варианта				
	1	2	3	4	5
Диаметр электрода, мм	3	3	4	5	4
Тип электрода	2	3	1	5	4
Сила тока, А	140	120	180	190	180
Напряжение, В	25,5				
Размер партии, шт.	25	100	10	18	50

Содержание

Содержание лабораторных работ	3
Лабораторная работа №1. Материалы для сварки плавлением. Сварочная проволока, покрытые электроды и их маркировка	3
Лабораторная работа №2. Расчет режимов и размеров шва ручной дуговой сварки	28
Лабораторная работа №3. Расчет режимов и размеров шва механизированной дуговой сварки	45
Лабораторная работа №4. Технологическое нормирование процессов сварки	59