

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический
университет имени Гагарина Ю.А.»

Профессионально-педагогический колледж

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
по учебно-методической работе
Профессионально-педагогического
колледжа СГТУ имени Гагарина Ю.А.
О.В. Зимкова

«22» ноября 2021 г.

Методические указания для обучающихся по выполнению
практических работ по междисциплинарному курсу
МДК.01.01 ТЕХНОЛОГИЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ
специальность
22.02.06 СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Рассмотрено на заседании методической комиссии
транспорта, сварочного производства
протокол № 3 от «25» октября 2021 г.
Председатель МК Л.А. Чувина

Саратов 2021

Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ разработаны на основе рабочей программы профессионального модуля ПМ.01 Подготовка и осуществление технологических процессов изготовления сварных конструкций в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 22.02.06 Сварочное производство утверждённого приказом Министерства образования и науки РФ от 21.04.2014 г. № 360.

Разработчик: Максимов Владимир Дмитриевич - преподаватель ППК СГТУ имени Гагарина Ю.А.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. Пояснительная записка	4
2. Указания по выполнению практических работ	8
3. Критерии оценки	116
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение практических работ	117

1. Пояснительная записка

1.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ по МДК 01.01 Технология сварочных работ предназначены для реализации Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 22.02.06 Сварочное производство.

МДК 01.01 Технология сварочных работ входит в профессиональный модуль ПМ.01 Подготовка и осуществление технологических процессов изготовления сварных конструкций профессионального цикла ППСЗ.

Изучение МДК направлено на формирование общих и профессиональных компетенций, включающих в себя способность:

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ПК 1.1 Применять различные методы, способы и приёмы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять техническую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 1.3. Выбирать оборудование, приспособления и инструменты для обеспечения производства сварных соединений с заданными свойствами.

ПК 1.4. Хранить и использовать сварочную аппаратуру и инструменты в ходе производственного процесса.

В результате освоения МДК обучающийся должен:

Знать:

35 Технологический процесс подготовки деталей под сборку и сварку

36 Основы технологии сварки и производства сварных конструкций;

38 Основные технологические приемы сварки и наплавки сталей, чугунов и цветных металлов;

39 Технологию изготовления сварных конструкций различного класса;

310Технику безопасности проведения сварочных работ и меры экологической защиты окружающей среды.

уметь:

У 2 Выбирать рациональный способ сборки и сварки конструкций, оптимальную технологию соединения или обработки конкретной конструкции или материала;

У 5 Рассчитывать нормы расхода основных и сварочных материалов для изготовления сварочного узла или конструкции;

У 6 Читать рабочие чертежи сварочных конструкций:

Количество часов отведенных на проведение:
практических занятий 38 часов.

1.2. Перечень практических работ

Наименование темы	Наименование, № лабораторного занятия, практического занятия	Объем часов	Вид работы	Формируемые результаты освоения
Тема 1.2. Виды сварных соединений.	Практическая работа №1 «Определение основных видов соединений и швов»	2	Практическая работа	ОК 2-6,8 ПК1.1 – 1.4, У6,У2
Тема 1.3. Сварочная проволока. Сварочные электроды	Практическая работа №2 «Выбор сварочной проволоки и электрода»	2	Практическая работа	ОК 2-6,8 ПК1.1 – 1.4, У2.У6
Тема 1.3. Сварочная проволока. Сварочные электроды	Практическая работа №3 «Расшифровка различных марок сварочной проволоки»	4	Практическая работа	ОК 2-6,8 ПК1.1 – 1.4, У2.У6
Тема 2.1. Подготовки металла к сборке и сварке. Подготовка кромок под сварку.	Практическая работа №4 «Выбор рационального способа сборки и сварки конструкции».	4	Практическая работа	ОК 2-6,8 ПК1.1 – 1.4, У2 У5У6
Тема 3.10. Технология сварки в защитных газах	Практическая работа № 5 Определение доли основного металла в металле шва при различных способах сварки.	4	Практическая работа	ОК 2-6,8 ПК1.1 – 1.4, У2 У5У6
Тема 3.10. Технология сварки в защитных газах	Практическая работа № 6 Исследование горения дуги и формирования металла шва при сварке в среде углекислого газа.	4	Практическая работа	ОК 2-6,8 ПК1.1 – 1.4, У2 У5У6

Тема 4.9. Сварка меди, никеля и их сплавов.	Практическая работа № 7 Выбор оптимального способа сборки и технологии сварки конструкций из низко- и среднелегированных сталей.	2	Практическая работа	ОК 2-6,8 ПК1.1 – 1.4, У2 У6
Тема 4.9. Сварка меди, никеля и их сплавов.	Практическая работа № 8 Выбор оптимального способа сборки и технологии сварки конструкций из высоколегированных сталей.	2	Практическая работа	ОК 2-6,8 ПК1.1 – 1.4, У2 У6
Тема 4.9. Сварка меди, никеля и их сплавов.	Практическая работа № 9 Выбор оптимального способа сборки и технологии сварки конструкций из алюминиевых сплавов.	2	Практическая работа	ОК 2-6,8 ПК1.1 – 1.4, У2 У6
Тема 4.9. Сварка меди, никеля и их сплавов.	Практическая работа № 10 Выбор оптимального способа сборки и технологии сварки конструкций из титана и его сплавов.	2	Практическая работа	ОК 2-6,8 ПК1.1 – 1.4, У2 У6
Тема 5.3 Выбор вида термической обработки сварных конструкций. Устройства для измерения температуры.	Практическая работа № 11 Выбор вида и параметров режима термической обработки сварных конструкций из чугуна.	2	Практическая работа	ОК 2-6,8 ПК1.1 – 1.4, У2 У5У6
Тема 6.2 Сборка и сварка решётчатых конструкций.	Практическая работа № 12 Выбор вида и режимов сварки двутавровых балок. Выбор сборочно-сварочных приспособлений для сборки и сварки двутавровых балок.	2	Практическая работа	ОК 2-6,8 ПК1.1 – 1.4, У2.У5У6
Тема 7.3. Изготовление сварных труб. Технология сварки из полимерных труб.	Практическая работа № 13 «Разработка технологического процесса сварки труб «с козырьком»	2	Практическая работа	ОК 2-6,8 ПК1.1 – 1.4, У2.У5У6
Тема 7.3. Изготовление сварных труб.	Практическая работа № 14 «Разработка технологического	2	Практическая работа	ОК 2-6,8 ПК1.1 – 1.4, У2.У5У6

Технология сварки из полимерных труб.	процесса изготовления цилиндрического резервуара заданного объема способом рулонирования».			
Тема 7.3. Изготовление сварных труб. Технология сварки из полимерных труб.	Практическая работа № 15 «Разработка технологического процесса сварки стыков магистральных трубопроводов заданного сортамента труб».	2	Практическая работа	ОК 2-6,8 ПК1.1 – 1.4, У2.У5У6
Итого		38		

2. Указания по выполнению практических работ

Практическое занятие № 1

Практическая работа №1 «Определение основных видов соединений и швов»

Объекты оценивания:

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ПК 1.1 Применять различные методы, способы и приёмы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять техническую подготовку производства сварных конструкций.

У 2 Выбирать рациональный способ сборки и сварки конструкций, оптимальную технологию соединения или обработки конкретной конструкции или материала;

У 5 Рассчитывать нормы расхода основных и сварочных материалов для изготовления сварочного узла или конструкции;

У 6 Читать рабочие чертежи сварочных конструкций:

Форма контроля: выполнение лабораторной работы (фронтальная форма организации работы).

Задание: Провести определение основных видов соединений и швов

Условия выполнения задания:

Сварным соединением называется неразъемное соединение, выполненное сваркой. В сварное соединение входят сварной шов, зона термического влияния и примыкающие к ней участки основного металла.

Сварным швом называется участок сварного соединения, образовавшийся в результате кристаллизации расплавленного металла или пластической

деформации при сварке давлением или сочетания кристаллизации и деформации.

Зона термического влияния при сварке — это участок основного металла, не подвергшийся расплавлению, но структура и свойства которого изменились в результате нагрева при сварке.

Сварные соединения бывают: стыковые; угловые; торцовые; нахлесточные; тавровые (рис. 2.1).

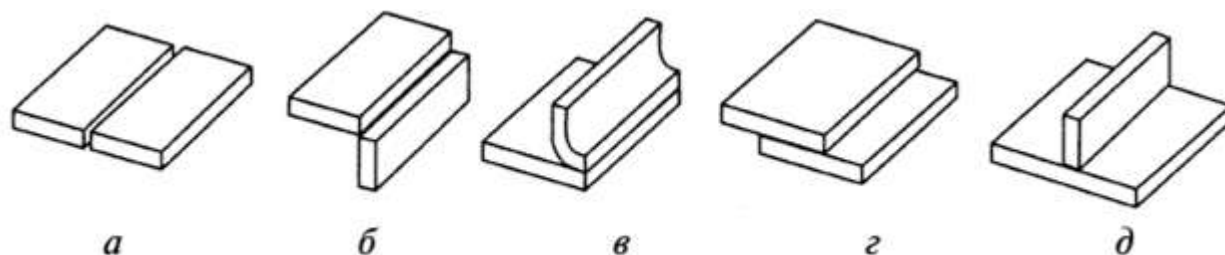


Рис. 2.1. Основные типы соединений: *а* — стыковое; *б* — угловое; *в* — торцовое; *г* — нахлесточное; *д* — тавровое

Стыковое соединение — это соединение двух элементов, примыкающих друг к другу торцовыми поверхностями (рис. 2.2), расположенными в одной плоскости или на одной поверхности.

Стыковое соединение без скоса свариваемых кромок применяют при соединении листов толщиной до 12 мм; при этом кромки листов срезают под прямым углом к плоскости. Листы до 4 мм сваривают односторонним швом, 2—12 мм — двухсторонним швом. При сварке такого соединения предусматривается только стыковка свариваемых кромок.

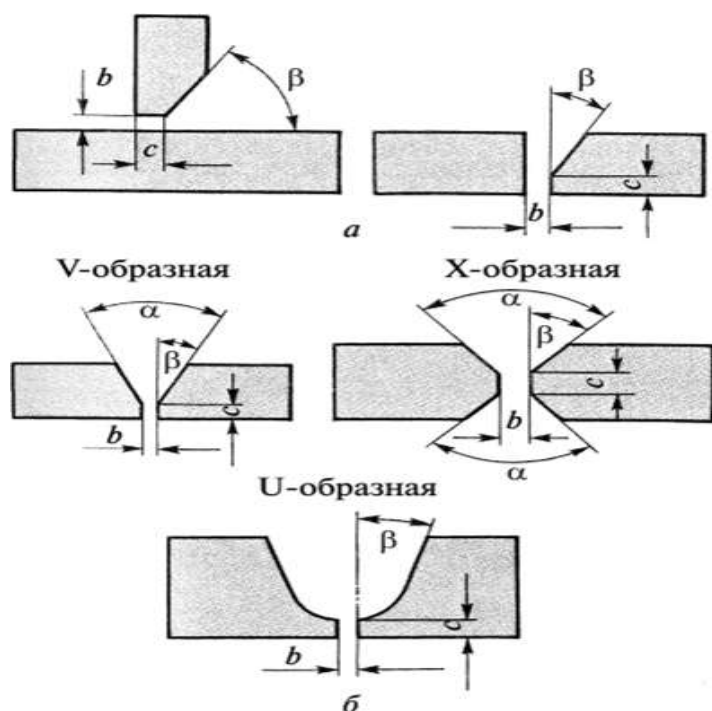


Рис. 2.2. Конструктивные элементы разделки кромок под сварку: *а* — разделка одной кромки; *б* — разделка двух кромок; *в* — зазор; *г* — притупление; *З* — угол скоса кромок; *α* — угол разделки кромок

Стыковое соединение без скоса свариваемых кромок и без зазора имеет хорошие характеристики при всех условиях нагружения. Для использования этого вида соединения в ответственных конструкциях необходимо обеспечение полного проплавления. Двухсторонний сварной шов повышает прочность сварного соединения, однако приложение значительных долговременных нагрузок из-за наличия непроваренного участка в корне шва может привести к разрушению соединения.

В стыковых соединениях без скоса свариваемых кромок с зазором намного легче обеспечить полное проплавление, чем в стыковых соединениях без зазора. Это позволяет выполнять сварку металла большей толщины. Полное проплавление достигается при одностороннем сварном шве при толщине металла менее 5 мм. При двухстороннем сварном шве полное проплавление обеспечивается при толщине металла до 12 мм.

Стыковое соединение со скосом кромок — это наиболее распространенное соединение. Оно намного превосходит по качеству шва стыковое соединение без скоса кромок и применяется для сварки ответственных конструкций. Стыковые соединения со скосом кромок позволяют сваривать металл толщиной от 3 до 100 мм.

Двухсторонний сварной шов может производиться только в тех случаях, когда имеется возможность доступа к обратной стороне шва. В этом случае гораздо легче обеспечить гарантированный провар на всю толщину сварного соединения.

Стыковые соединения с двумя симметричными скосами кромок применяются для конструкций, работающих в тяжелых условиях эксплуатации. Они используются для получения сварных соединений металла толщиной от 8 до 120 мм. При выполнении стыкового соединения с двумя симметричными скосами кромок необходимо обеспечить гарантированное проплавление корня шва. Для этого перед наложением второго шва нужно произвести зачистку корня первого шва.

Стыковые соединения со скосом одной кромки и с двумя симметричными скосами одной кромки не столь широко применяются, как стыковые соединения со скосом кромок и с двумя симметричными скосами кромок. Они могут применяться в конструкциях, силовые нагрузки на которые, а

также толщина металла сходны с конструкциями, для которых используются стыковые соединения со скосом кромок.

Для заполнения разделки со скосом одной кромки и с двумя симметричными скосами одной кромки требуется меньше электродного металла.

Стыковое соединение с криволинейным скосом кромок применяется для особо ответственных конструкций, таких как нагреваемые сосуды высокого давления. Стоимость выполнения таких соединений выше, чем соединений со скосом кромок и соединений с двумя симметричными скосами кромок, однако для сварки соединений с криволинейным скосом кромок необходимо меньшее количество электродов и соответственно меньший расход электроэнергии. Стыковое соединение с криволинейным скосом кромок применяется для сварки металла толщиной от 15 до 100 мм. Полное сплавление корня шва легче обеспечить при сварке соединения с двух сторон и при сварке соединения на подкладке, чем при одностороннем шве. Для получения необходимых прочностных свойств такого соединения необходимо гарантированное проплавление корня сварного шва.

Стыковое соединение с двумя симметричными криволинейными скосами кромок применяется для конструкций, в которых используется разделка с криволинейным скосом кромок, при этом сварка производится с двух сторон. Толщина свариваемого металла колеблется от 30 до 175 мм. Двухсторонний сварной шов обеспечивает более равномерное распределение напряжений и способствует уменьшению сварочных деформаций.

Стыковые соединения с криволинейным скосом одной кромки и с двумя симметричными криволинейными скосами одной кромки применяются в тех же случаях, что и стыковые соединения с двумя симметричными криволинейными скосами кромок, но при условиях приложения меньших по величине нагрузок. Для заполнения полученной разделки требуется меньшее количество наплавленного металла. Наличие торца неразделанной кромки затрудняет сплавление и сквозное проплавление.

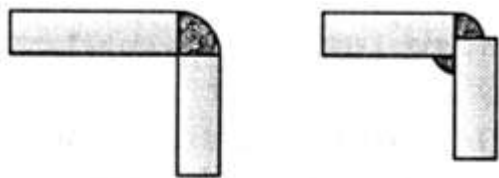


Рис. 2.3. Угловое соединение

Угловое соединение — это сварное соединение двух элементов, расположенных под углом и сваренных в месте примыкания их краев (рис. 2.3).

Угловые соединения выполняют при расположении свариваемых элементов под прямым или произвольным углом, и сварка проводится по кромкам этих элементов с одной или с обеих сторон. Угловые соединения применяют при сварке различных коробчатых изделий, резервуаров и емкостей.

Угловое соединение без скоса кромок с торцовым швом обычно применяют для сварки тонкого металла. Более толстые соединения могут выполняться, таким образом, только в том случае, если во время эксплуатации они не будут подвергаться значительным нагрузкам или изгибу в корневой части шва. Для получения данного типа соединения не требуется разделки кромок, сборка таких соединений предельно проста.

Угловое соединение без скоса кромок с частичным перекрытием элементов может применяться для металла толщиной до 30 мм. Данное соединение образует разделку и позволяет обеспечить хорошее проплавление в корне шва, а также хороший внешний вид сварного шва. Для получения данного соединения не требуется никакой подготовки кромок, сборка таких соединений предельно проста.

Угловое соединение без скоса кромок без взаимного перекрытия элементов может быть использовано для сварки металла большой толщины. В случае односторонней сварки необходимо обеспечить проплавление корня шва. При двухсторонней сварке такое соединение может выдержать значительные нагрузки. В нем равномерно распределены сварочные напряжения.

Угловое соединение со скосом кромок обладает большой прочностью и применяется для сварки металла толщиной от 3 до 60 мм. При невозможности двухсторонней сварки следует обращать внимание на проплавление корня шва.

Угловое соединение с двумя симметричными скосами одной кромки применяется для конструкций, работающих в тяжелых условиях, для металла толщиной от 8 до 100 мм. Сварка выполняется с двух сторон. Необходимо обеспечить хорошее проплавление корня шва.

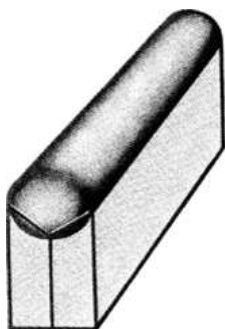


Рис. 2.4. Торцовое соединение

Торцовое соединение — это сварное соединение, в котором боковые поверхности сваренных элементов примыкают друг к другу (рис. 2.4).

Торцовые соединения обычно применяются для металлов, имеющих толщину до 6 мм.

Благодаря незначительным расходам на подготовку, торцовые соединения экономичны и могут использоваться для неответственных конструкций.

Нахлесточное соединение — это сварное соединение, в котором сваренные элементы расположены параллельно и частично перекрывают друг друга (рис. 2.5). Нахлесточные соединения широко применяют при изготовлении различных строительных конструкций — колонн, мачт, ферм и т.п. Один элемент соединения накладывают на другой.

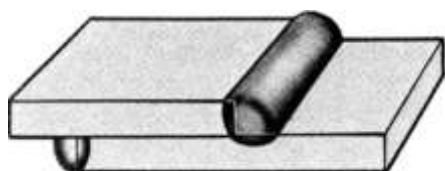


Рис. 2.5. Нахлесточное соединение

При обычных работах применяют нахлесточное соединение с одним угловым швом, хотя оно менее прочно, чем нахлесточное соединение с двумя угловыми швами. В том случае, если корень соединения будет подвергаться изгибу, применять нахлесточное соединение с одним угловым швом не рекомендуется. При сварке угловых швов нахлесточного соединения необходимо обеспечить проплавление корня шва. Нахлесточные соединения, хотя и применяются широко, но при больших нагрузках все же не могут конкурировать со стыковыми соединениями.

Тавровое соединение — это сварное соединение, в котором торец одного элемента примыкает под углом и приварен к боковой поверхности другого элемента (рис. 2.6).

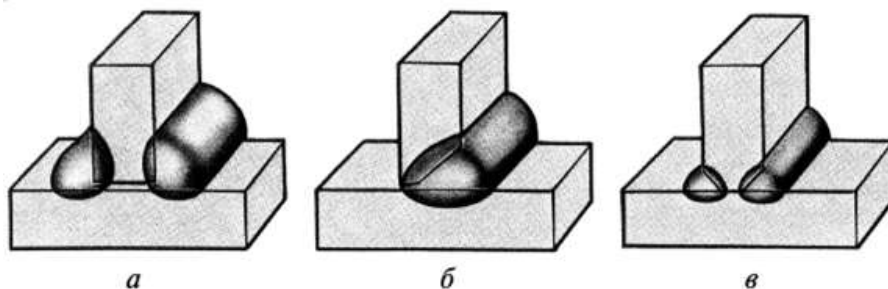


Рис. 2.6. Тавровое соединение: *а* — без скоса кромок; *б* — со скосом одной кромки; *в* — с двумя скосами кромок

Тавровые соединения без скоса кромок (рис. 2.6, *а*) могут применяться при сварке металла толщиной до 40 мм. Эти соединения не требуют какой-либо разделки кромок, их сборка проста и экономична.

Тавровые соединения со скосом одной кромки обладают большей прочностью, чем тавровое соединение без скоса кромок (рис. 2.6, *б*).

Тавровое соединение со скосом кромок используется для сварки металла толщиной от 3 до 60 мм. При невозможности двухсторонней сварки следует обращать внимание на обеспечение полного провара в корневой части шва.

При возможности проведения двухсторонней сварки несущая способность соединения значительно увеличивается. Стоимость подготовки тавровых соединений со скосом кромки выше, чем аналогичный показатель для тавровых соединений без скоса кромки, и сборка таких соединений занимает больше времени, однако стоимость электродов в данном случае будет меньше.

Тавровые соединения с двумя симметричными скосами одной кромки (рис. 2.6, *в*) применяются для конструкций, работающих в тяжелых условиях, для толщины металла от 8 до 100 мм. Сварка выполняется с двух сторон. Необходимо обеспечить хорошее проплавление корня шва.

Тавровые соединения с криволинейным скосом одной кромки используются для наиболее жестких условий эксплуатации, для толщины металла от 15 до 100 мм. При выполнении односторонней сварки следует обращать внимание на обеспечение полного проплавления корневой части шва. При наличии возможности проведения двухсторонней сварки эффективность работы соединения можно существенно повысить за счет наложения второго шва со стороны неразделанной кромки.

Тавровое соединение с двумя симметричными криволинейными скосами одной кромки применяется для металла толщиной от 30 до 120 мм. Данное соединение может выдерживать самые жесткие условия нагружения. Сварщику необходимо обеспечить двухстороннюю сварку соединения. Для получения высоких прочностных характеристик в условиях значительных нагрузок необходимо наличие хорошего проплавления в корневой части шва и сплавления с поверхностью.

Практическое занятие № 2

Практическая работа №2 «Выбор сварочной проволоки и электрода»

Объекты оценивания:

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ПК 1.1 Применять различные методы, способы и приёмы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять техническую подготовку производства сварных конструкций.

У 2 Выбирать рациональный способ сборки и сварки конструкций, оптимальную технологию соединения или обработки конкретной конструкции или материала;

У 5 Рассчитывать нормы расхода основных и сварочных материалов для изготовления сварочного узла или конструкции;

У 6 Читать рабочие чертежи сварочных конструкций:

Форма контроля: выполнение лабораторной работы (фронтальная форма организации работы).

Задание: Провести выбор сварочной проволоки и электрода

Условия выполнения задания:

Сварочные электроды и проволока — специальные металлические изделия, расходные материалы для различных видов электродуговой сварки. Данные изделия выполняют несколько функций:



- Подача электрического тока непосредственно к месту сварки;
- Источник металла для наплавления и образования шва;
- Защита металла от негативных факторов окружающей среды (воздуха, газов, грязи);
- Предотвращение изменения состава металла соединяемых изделий при расплавлении;
- Частично — обеспечение быстрого поджига и стабильного горения дуги.

В настоящее время применяется три ключевых технологии соединения металлов с помощью электрической дуги. Для каждой из них предусмотрены свои типы расходных материалов:

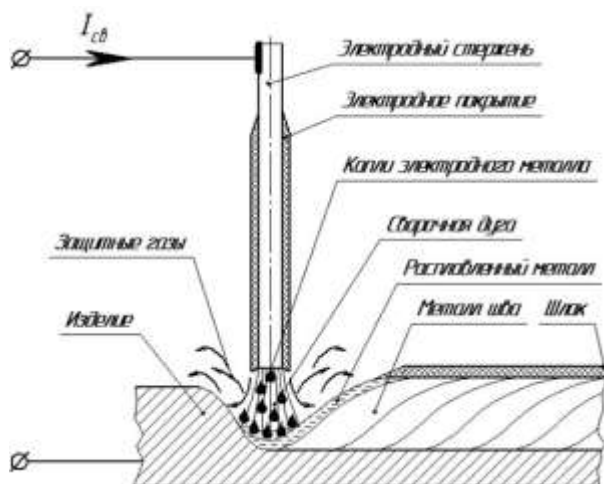
- Штучные плавящиеся электроды с покрытием для ручной сварки ММА;
- Металлическая проволока для полуавтоматической сварки в среде защитных газов MIG/MAG;
- Неплавящиеся штучные электроды вольфрамовые, угольные или графитовые для аргонодуговой сварки TIG.

Каждый из типов расходников имеет свои особенности, классификацию и применимость.

Покрытые плавящиеся электроды

Конструктивно штучный электрод с покрытием представляет собой отрезок проволоки, опрессованный тонким слоем порошкового покрытия. Задняя часть электрода зачищена на длину 20, 25 или 30 мм, она служит для присоединения к держателю. Зачищенным остается передний торец для поджига дуги.

Покрытие обеспечивает защиту зоны сварки, стабилизацию дуги, удаление излишков кислорода из расплавленного металла (раскисление) и улучшение физико-химических свойств шва путем внесения легирующих добавок в расплавленный металл. В зависимости от качеств и химсостава покрытия делятся на несколько групп — кислое (тип А), основное (Б), рутиловое (на основе оксида титана, тип Р), целлюлозное (Ц), смешанное и прочих видов (тип П).



Обычные электроды с покрытиями согласно действующим стандартам делятся на ряд категорий по применимости:

- Соединение изделий из углеродистых и низколегированных сталей (тип У);
- Соединение деталей из легированных сталей повышенной прочности (Л);
- Соединение изделий из теплоустойчивых легированных сталей (Т);
- Соединение изделий из высоколегированных сортов сталей с особыми свойствами (тип В, для коррозионностойких, кислотостойких, жаростойких, хромистых, на никелевой основе и т.д.);
- Соединение изделий из разнородных по составу сплавов;
- Наплавка сталей (тип Н);
- Соединение изделий из чугуна и наплавка тонкого слоя на них;
- Соединение изделий из алюминия и его сплавов;
- Сварка меди и медных сплавов;
- Сварка никеля и его сплавов;
- Резка.

Данные изделия делятся на виды по возможной для них ориентации в пространстве во время работы:

- Для ориентации в любых направлениях (тип 1);
- То же, исключая вертикальное при движении сверху вниз (тип 2);
- Для нижнего, вертикального снизу-вверх и горизонтального на вертикальной плоскости положения (тип 3);
- Только для нижней ориентации (тип 4).

Наконец, электроды делятся на категории по роду рабочего тока (постоянный, переменный, универсальные), по напряжению тока на холостом ходу (50, 70, 90 В), а для изделий, предназначенных для использования с оборудованием на постоянный ток — по полярности подключения (прямая, обратная, универсальные).

Электроды выпускаются диаметром от 1,6 до 12 мм, их полная длина может составлять от 150 до 450 мм.

Особое внимание следует уделить маркировке изделий. Для обозначения этой продукции используется двойная маркировка:

- Краткая — марка электрода, устанавливаемая предприятием-изготовителем;
- Расширенная — маркировка в соответствии с требованиями стандарта.

Например, популярные электроды марки УОНИИ-13/45 диаметром 3 мм относятся к типу Э46А по ГОСТ 9467-75, а их полная маркировка выполняется в две строки:

$$\frac{\text{Э46А - УОНИИ - 13/45 - 3,0 - УД}}{\text{Е 432(5) - Б10}}$$

Здесь все просто: Э46А — тип электрода, УОНИИ-13/45 — марка изделия, 3,0 — его диаметр, У — назначение, Д — толщина слоя покрытия, Е432(5) — специальное обозначение параметров металла шва, Б — тип покрытия, 1 — тип пространственной ориентации, 0 — род тока и тип подключения (постоянный с обратной полярностью).

Параметры и особенности покрытых электродов прописаны в ГОСТ 9466-75, для отдельных видов продукции предусмотрены свои отечественные и

зарубежные стандарты.



Сварочная проволока — это один из специальных видов холоднотянутого проката. Существуют следующие типы данного расходника:

- Стальная низкоуглеродистая;
- Стальная легированная (к данной группе относится и нержавеющая);
- Алюминиевая;
- Медная и из ее сплавов — латунная, бронзовая.

Проволока отличается по структуре:

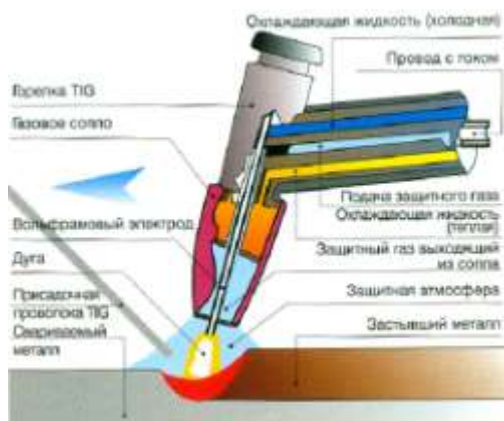
- Стандартная сплошная проволока;
- Стальная проволока омедненная;
- Проволока порошковая/флюсовая для работы на воздухе (то есть, без подачи газа).

Омедненной выпускается исключительно стальная проволока, она обеспечивает лучшую стабильность дуги, а также защищает саму проволоку от коррозии во время хранения и транспортировки. Порошковая проволока имеет в своем составе флюсы (бура, борная кислота, сера и другие) в виде порошка, закатанного внутрь трубки из металла. Такая проволока не нуждается в подаче к месту сварки защитного газа, все необходимые газы образуются при расплавлении флюса.

Проволока выпускается диаметром от 0,3 до 12 мм, поставляется в бухтах или стандартизированных катушках для монтажа в сварочное оборудование.

Характеристики и особенности стальной сварочной проволоки регламентируются ГОСТ 2246-70, а также рядом других стандартов на изделия из различных металлов.

Неплавящиеся электроды



Для сварки TIG в промышленности и в частной практике чаще всего используются неплавящиеся электроды из вольфрама с разнообразными присадками (обычно редкоземельные металлы). Существуют следующие типы изделий:

- Вольфрам без присадок (ЭВЧ, WP, зеленая маркировка) — для работы по алюминию, магнию и их сплавам;
- С окисью лантана (ЭВЛ, WL-15 золотистая маркировка, WL-20 синяя маркировка) — универсальные электроды для работы с большинством марок сталей, алюминия, меди, бронзы постоянным и переменным током;
- С окисью иттрия (ЭВИ-1, ЭВИ-2, ЭВИ-3, WY-20, темно-синяя маркировка) — для изготовления ответственных конструкций из всех типов сталей, меди и т.д. (преимущественно постоянным током);
- С двуокисью тория (ЭВИ-15, WT-20, красная маркировка) — для сварки высоколегированных, нержавеющей сталей, титана и сплавов, меди, бронзы, тугоплавких сплавов;
- С оксидом циркония (WZ-8, белая маркировка) — для работы по алюминию, магнию, никелю и их сплавам;
- С церием (WC-20, серая маркировка) — расходники универсального назначения для работы по всем типам сталей, цветным металлам, титану и проч.

Данный тип электродов предлагается диаметром от 0,5 до 10 мм длиной от 75 до 300 мм. Наиболее часто используются электроды диаметром от 1,6

до 4 мм. Характеристики данных изделий регламентируются стандартами ГОСТ 23949-80 и ISO 6848:2015.

Вопросы подбора сварочных электродов и проволоки

Современный рынок предлагает сотни типов, видов и марок расходников для сварки, поэтому иногда сделать выбор непросто. При их покупке необходимо учитывать несколько факторов:

- Род выполняемых работ — сварка, наплавка слоя металла, резка;
- Тип и марка металлов свариваемых изделий;
- Толщина изделий;
- Пространственное положение изделий во время сварочных работ;
- Род тока сварочного оборудования — постоянный или переменный.

Очень важно определить не только тип и марку электрода, но и его диаметр. В отношении покрытых электродов можно руководствоваться следующим универсальным соотношением характеристик деталей, электрода и рабочего тока:

Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А
0,5	1	До 20
1-2	1,5-2	30-45
3	3	65-100
4-5	3-4	100-160
6-8	4	120-200
9-12	4-5	150-200
13-15	5	160-250
16	6-8	200-350

Для бытового применения, в частной практике, в автомастерских и в иных ситуациях наиболее всего подходят электроды диаметром 3 мм марок МР-3 (с различными индексами), УОНИИ-13/45 или 13/55, а также марок АНО и ОЗС. Для работ по чугуну наиболее распространены электроды МНЧ-2, ЦЧ-4 и другие. Алюминий чаще всего варят различными электродами ОЗАНА, медь и медные сплавы — МН-5, МНЖ-5 и прочими.

При выборе сварочной проволоки в первую очередь необходимо учитывать материал свариваемых изделий. Так, для работы по сталям различных марок следует применять соответствующие марки стальной проволоки — низкоуглеродистую, легированную, нержавеющей и другие. При работе с алюминием нужна проволока из алюминиевых сплавов, с бронзой — бронзовая проволока, и т.д.

Несколько сложнее определить диаметр проволоки. Обычно для сварки изделий толщиной до 1 мм можно использовать проволоку примерно того же диаметра, для сварки изделий толщиной до 3 мм подходит проволока диаметром до 1,6 мм, при толщине металла до 5 мм подходит проволока диаметром до 2 мм, при толщине металла до 16 мм используется проволока диаметром до 5 мм, а 7-миллиметровая проволока может варить листы металла толщиной до 25 мм. Здесь также важна и сила сварочного тока: чем выше диаметр проволоки, тем более высоким током можно варить. Обычно тонкой проволокой (0,6-0,9 мм) можно варить при токе от 40-60 до 150-220 А, а толстой проволокой (до 1,6-2,4 мм) сварка может осуществляться током до 450 А.

При выборе проволоки также нужно учитывать габариты сварочного аппарата и рекомендованные для него размеры катушки.

При правильном подборе сварочных электродов и проволоки вы выполните наиболее надежное и долговечное соединение металлов с минимальными затратами времени и сил.

Практическое занятие № 3

Практическая работа №3 «Расшифровка различных марок сварочной проволоки»

Объекты оценивания:

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ПК 1.1 Применять различные методы, способы и приёмы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять техническую подготовку производства сварных конструкций.

У 2 Выбирать рациональный способ сборки и сварки конструкций, оптимальную технологию соединения или обработки конкретной конструкции или материала;

У 5 Рассчитывать нормы расхода основных и сварочных материалов для изготовления сварочного узла или конструкции;

У 6 Читать рабочие чертежи сварочных конструкций:

Форма контроля: выполнение лабораторной работы (фронтальная форма организации работы).

Задание: Провести определение основных видов соединений и швов

Условия выполнения задания:

Для многих видов сварки плавлением используется специальная проволока, называемая сварочной. Ее используют при изготовлении электродов, при самых распространенных видах сварки — ручной дуговой, газовой и с использованием полуавтоматов и автоматов всех типов.

Содержание

- Классификация
- Порошковая проволока
- Активированная проволока

- Другие виды сварочных проволок



Представляет она собой изделие определенной длины, изготовленное из металла, имеющее небольшое поперечное сечение по отношению к длине. Чтобы правильно сделать выбор марки сварочной проволоки, необходимо знать основные критерии ее подбора. От этого зависит прочность и качество соединения, полученное разными видами сварки.

Классификация

Признаки, по которым классифицируется сварочная проволока, следующие:

- назначению;
- виду поверхности;
- структуре;
- хим. составу.

По назначению изделия бывают общего и специального назначения. Проволока специального назначения предназначается для выполнения специфических работ – подводной сварки, сварки арматуры, ванной сварки и т.д. Такая проволока имеет химический состав, позволяющий упрощать вышеуказанные работы и содействовать получению сварного соединения высочайшего качества.

Проволока общего назначения предназначена для сварки, используется при проведении наплавочных работ и при изготовлении различных типов электродов (в маркировке присутствует буква Э).

По виду поверхности проволока выпускается неомедненной и омедненной (в маркировке присутствует буква О). Омедненная проволока применяется для сварки конструкций и изделий, изготовленных из углеродистой или низколегированной стали. Ее назначение – создать антикоррозионную защиту шву, а также способствовать устойчивости горения дуги. Особенно это актуально при проведении газовой сварки.



По структуре проволока бывает сплошной, порошковой и активированной. Состав стали, из которой изготавливают проволоку, имеет огромное значение при ее выборе для сварки конкретной марки металла и зависит от условного обозначения – маркировки. Обозначение проволоки

Хим. состав марок стали, из которой изготавливают проволоку, оговаривается в ГОСТ 2246-70 и согласно ему существует 6 марок, изготовленных из марок стали с пониженным содержанием углерода, 30 марок – из легированной стали и 41 марка – из высоколегированной стали. Проволока считается низкоуглеродистой, если в ней суммарное содержание легирующих элементов составляет менее 2,5%, легированной, если суммарное содержание этих элементов находится в пределах от 2,5 до 10%, и высоколегированной – более 10%. Проволока имеет условное обозначение, которое говорит о количественном содержании различных элементов в ее составе.

Маркировка состоит из цифр и букв, где цифры это количество элементов, входящих в состав проволоки в %, а буквы — название химического элемента. Сварочная проволока может иметь в своем составе следующие элементы:

- А (N) – азот;
- Б (Nb) – ниобий;
- В (W) — вольфрам;
- Д (Cu)– медь;

- М (Mo) — молибден;
- Н (Ni)– никель;
- С (Si)- кремний;
- Т (Ti) — титан;
- Ю (Al) — алюминий;
- Ф (V) — ванадий;
- Х (Cr)– хром;
- Ц (Zr) – цирконий.

Перед маркировкой обязательно ставится цифра. После нее через дефис пишется Св. Цифра указывает Ø проволоки в мм, а Св говорит о том, что она предназначена для сварки. После Св идут цифры, указывающие на количество углерода (в сотых долях %) .В конце маркировки могут стоять буквы:

- А – в стали уменьшено содержание фосфора (Р) и серы (S);
- АА — проволока изготовлена из металла, у которого Р и S минимальное количество, т.е. металл очищен максимально от этих примесей.

Сера и фосфор негативно влияют на свариваемость, поэтому при сварке ответственных конструкций обязательно выбирают марки проволоки с пониженным их количеством.

Пример условного обозначения самой применяемой марки проволоки при проведении сварочных работ и ее расшифровка:

3-Св08Г2С

где:

- 3 – диаметр в мм;
- Св – проволока сварочная;
- 08 – содержит 0,08 % углерода;
- Г2 – содержит 2% марганца;
- С – содержит до 1 % кремния.

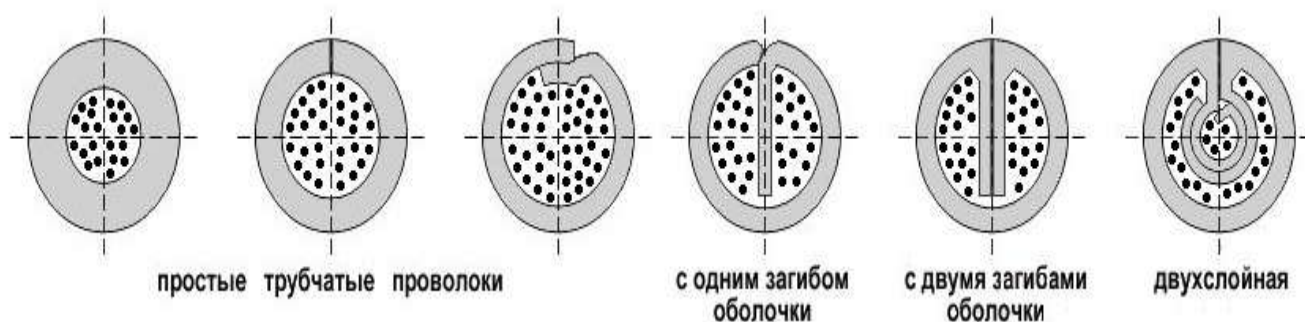
Св08Г2С используется и при ручной дуговой сварке, при выполнении наплавочных работ и при выполнении работ с помощью полуавтоматов и автоматов. Ею сваривают ответственные емкости, работающие под давлением, конструкции из различных сталей, трубопроводы, котлы и т.д. Проволока сплошного диаметра выпускается Ø от 0,3 до 12 мм.

Порошковая проволока

Такая проволока представляет собой полую трубку из металла, заполненную металлическим порошком и флюсом, назначение которых в составе проволоки, состоит в защите:

- шва от вредных газов, выделяющихся при сварке;
- шва от вредного воздействия кислорода;
- органов дыхания сварщика.

Добавление в сварочную проволоку активирующих добавок приводит к облегчению зажигания сварочной дуги, уменьшает разбрызгивание металла и способствует формированию идеального шва. Шов в процессе сваривания с помощью порошковой проволоки не нуждается в дополнительной защите. Именно поэтому ее часто называют еще флюсовой или самозащитной. Дуга горит во флюсовой оболочке, что способствует защите шва от вредного воздействия окружающей среды.



Основные требования к порошковой сварочной проволоке заключаются в следующем:

- должна облегчать возбуждение сварочной дуги;
- дуга должна в процессе сварки гореть стабильно, не обрываясь;
- должна плавиться равномерно;
- не должна допускать разбрызгивания металла;
- способствовать легкому отделению шлака после окончания сварки;
- должна формировать шов, который по прочностным характеристикам не должен уступать прочности свариваемого металла.

Сварочная проволока для полуавтомата и автомата выпускается \varnothing от 0,6 до 6 мм и наматывается на кассеты, катушки или каркасы. Это позволяет значительно повысить производительность труда сварщика, снизить себестоимость сварочных работ и улучшить качество формируемого шва. Кроме того, в функцию проволоки сварочной входит защита от появления коррозии в шве в процессе эксплуатации.

Диаметр флюсовой проволоки подбирается с учетом следующих факторов:

- марки свариваемого металла (должна по хим. составу максимально приближаться к марке стали, которая будет свариваться);
- толщины;
- силы сварочного тока;
- положения металла в процессе сварки (нижнее, потолочное, вертикальное, горизонтальное, наклонное);
- разделки кромок перед сваркой.

У порошковой проволоки есть еще одно преимущество – сварочные работы можно проводить на улице при сильном ветре, что позволяет выполнять сварочные работы по месту их проведения.

Технология сварки самозащитной проволокой ничем не отличается от технологии сварки, выполняемой с применением сплошной проволоки.

Активированная проволока

Для сварки в газовой среде применяется специальная проволока, которая называется активированной. Она содержит соли щелочноземельных и щелочных металлов, которые легко ионизируются.

Оболочка проволоки выполнена из стали Св08Г2С, которая имеет большую толщину по сравнению с порошковой проволокой, а внутри находится указанный порошок-наполнитель в количестве, не превышающем 7% от веса оболочки. Это позволяет стабилизировать горение дуги и формировать качественный шов в процессе сварочных работ.

Другие виды сварочных проволок



Для сварки большинства цветных металлов и их сплавов используются сварочные проволоки различного диаметра, изготовленные из алюминия, меди и латуни.

На алюминиевую проволоку и проволоку из алюминиевых сплавов имеется отечественный ГОСТ 7871-75, в котором оговорены ее размеры (от 0,8 до 12,5 мм) и хим. состав. На проволоку из меди и сплавов на медной основе действует ГОСТ 16130-72. Медная проволока выпускается Ø от 0,8 до 8 мм.

Диаметры сварочной проволоки, производимые по ГОСТ в нашей стране, отличаются от зарубежных аналогов. А так как сварочные автоматы и полуавтоматы в большинстве своем зарубежного производства, то возникает необходимость знать аналоги проволоки, выпускаемой за рубежом. Например, аналогом самой применяемой марки Св08Г2С является проволока омедненная ER-70S-6, изготовленная известным производителем компанией FARINA из Китая. Поставляется с рядной намоткой на катушках. Зарубежная проволока имеет маркировку по стандартам AWS.

Сварочная проволока может поставляться:

- в бухтах (Ø 830 ÷ 850 мм, высотой 700 ÷ 1000 мм, весом до 1,3 т);
- мотках (Ø 220 ÷ 730 мм, толщиной 60 ÷ 180 мм, весом 15 ÷ 120 кг) ;
- на кассетах и катушках весом 5, 15 и 18 кг.

Бухты, мотки, кассеты и катушки могут поставляться без упаковки и быть упакованными в полиэтилен или специальные коробки. Если проволока поставляется неупакованной, то перед ее применением она должна подлежать сушке при температуре не менее 200 0С в течение получаса

Практическое занятие № 4

Практическая работа № 4 «Выбор рационального способа сборки и сварки конструкции».

Объекты оценивания:

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ПК 1.1 Применять различные методы, способы и приёмы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять техническую подготовку производства сварных конструкций.

У 2 Выбирать рациональный способ сборки и сварки конструкций, оптимальную технологию соединения или обработки конкретной конструкции или материала;

У 5 Рассчитывать нормы расхода основных и сварочных материалов для изготовления сварочного узла или конструкции;

У 6 Читать рабочие чертежи сварочных конструкций:

Форма контроля: выполнение лабораторной работы (фронтальная форма организации работы).

Задание: Провести выбор рационального способа сборки и сварки конструкции

Условия выполнения задания:

При изготовлении металлических конструкций стержневого типа рекомендуется использовать следующие виды сварки:

Для прихватки при сборке элементов:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами (РДС);
- механизированная (полуавтоматическая) в углекислом газе - УП;
- механизированная (полуавтоматическая) порошковой проволокой в углекислом газе - МПА или самозащитной порошковой проволокой - МПС.

Для сварки элементов, собранных в приспособлениях без прихватки или собранных на прихватках:

-автоматическая сварка под флюсом - АФ, автоматическая сварка в углекислом газе (или смеси газов) проволокой сплошного сечения - АПУ, автоматическая сварка в углекислом газе порошковой проволокой - АППУ, автоматическая сварка самозащитной порошковой проволокой - АПП;
-механизированная (полуавтоматическая) сварка в углекислом газе или смеси газов - УП;
-механизированная (полуавтоматическая) порошковой проволокой в углекислом газе - МПА или самозащитной порошковой проволокой - МПС;
-ручная дуговая сварка покрытыми электродами (РДС).

Выбор вида сварки зависит от:

- назначения технологической операции (сборка или сварка);
- характера (серийности) производства;
- пространственного положения шва.

В условиях единичного и мелкосерийного производства и на монтаже для прихватки целесообразно использование ручной дуговой сварки покрытыми электродами. В условиях средне- и крупносерийного производства в заводских условиях для прихватки собираемых элементов желательно использование механизированных способов сварки: в углекислом газе порошковыми проволоками и проволоками сплошного сечения или самозащитными порошковыми проволоками.

Для сварки элементов в условиях единичного и мелкосерийного производства обычно применяют ручную дуговую сварку или механизированные методы сварки. При среднесерийном и крупносерийном производстве элементов металлических конструкций сварку желательно осуществлять механизированными или автоматизированными методами.

При выборе вида сварки необходимо учитывать, что экономически и технически применение автоматической сварки для выполнения стыковых соединений целесообразно при длине швов более 300 мм, для сварки угловых швов при их длине более 1-1,5 м. Длина швов, выполненных ручной и механизированными методами сварки, неограниченна.

В тех случаях, когда при изготовлении возможно позиционирование («кантовка») изделия лучшее формирование шва обеспечивается при сварке в нижнем положении и в «лодочку». Следует учитывать также, что ручная дуговая и механизированная сварка в углекислом газе возможна во всех пространственных положениях. Механизированная сварка порошковой проволокой может быть применена для сварки в нижнем, наклонном и вертикальном положениях. Автоматическая сварка в углекислом газе и смеси газов и под флюсом применима обычно только для сварки в нижнем положении и вертикальных швов на специализированном оборудовании, обеспечивающем предотвращение вытекания сварочной ванны с помощью специальных формирующих устройств.

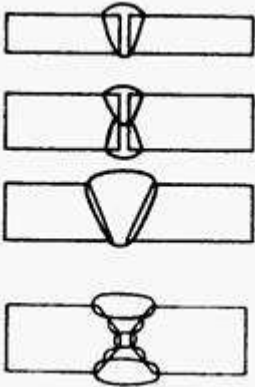
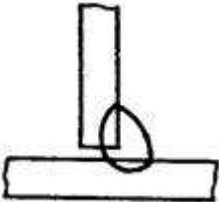

Основные технологические и технико-экономические характеристики ручной дуговой сварки покрытыми электродами, механизированной в

углекислом газе или смеси газов и автоматической сварки под флюсом приведены в табл.5.

Пример заполнения графы 3 технологической карты «Вид сварки (прихватки)» приведен в приложении 3.

Таблица 5 Основные технологические и технико-экономические характеристики видов сварки

Технологические, технико-экономические характеристики	Виды сварки		
ручная дуговая	механизованная в углекислом газе и смеси газов	автоматическая под флюсом	
Доступность сварочного инструмента к месту сварки	Ограничивается длиной и углом наклона электрода	Ограничивается размерами и углом наклона головки шлангового полуавтомата	Ограничивается размерами сварочного трактора или св-й головки
Пространственное положение шва при сварке	Любое	Любое	«Нижнее» и «в лодочку»
Возможность выполнения криволинейных швов	Возможно	Возможно	Затруднительно
Выполняемые типы сварных соединений	Все типы	Все типы	Все типы

<p>Толщина свариваемых в нижнем положении деталей для типов сварных соединений, мм:</p>	<div></div> <div><div><div>○</div><div>...4</div><div>○</div><div>...5</div><div>○</div><div>...60</div><div>○</div><div>...120</div></div><div>1</div><div>2</div><div>3</div><div>8</div></div>	<div><div><div>○</div><div>,8...6</div><div>○</div><div>...12</div><div>○</div><div>...60</div><div>○</div><div>...120</div></div><div>0</div><div>3</div><div>9</div><div>6</div></div>	<div><div><div>○</div><div>...12</div><div>○</div><div>...20</div><div>○</div><div>2...30 (на медной подкладке, на флюсовой подушке)</div><div>○</div><div>8...60</div></div><div>2</div><div>2</div><div>1</div><div>1</div></div>
<p>Катет углового шва, выполняемого в один проход при положении сварного соединения, в угол</p>	<div><div>9,5</div></div>	<div>8</div>	<div>8</div>
<p>в лодочку</p>	<div><div>12</div></div>	<div>12</div>	<div>16</div>
<p>Трудоемкость сварки при выполнении 1м шва для соединений,</p>			

чел.-ч/м: стыковых при толщине деталей, мм:			
20	0.8	0,7	0.2
40	2.4	0,8	0,5
тавровых при толщине деталей, мм:			
20	0,8	0,3	0,2
40	3	1,2	0,6
Потери сварочного материала	Наибольшие из- за наличия огарков	Высокие из-за разбрызгивания*	Наименьшие
Качество сварки	Нестабильное, зависит от квалификации сварщика	Зависит от квалификации сварщика	Стабильное, высокое
Возможнос ть увеличения производител ьности сварки	Путем применения высокопроизводи тельных электродов	--	Путем применения сварки с присадочным порошковым материалом или Двухдуговой сварки
Капитальн ые затраты	Наименьшие	Средние	Высокие

* Разбрызгивание может быть существенно снижено за счет применения смеси газов Ar-75%+CO₂-25%.

Практическое занятие № 5

Практическая работа № 5 Определение доли основного металла в металле шва при различных способах сварки.

Объекты оценивания:

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ПК 1.1 Применять различные методы, способы и приёмы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять техническую подготовку производства сварных конструкций.

У 2 Выбирать рациональный способ сборки и сварки конструкций, оптимальную технологию соединения или обработки конкретной конструкции или материала;

У 5 Рассчитывать нормы расхода основных и сварочных материалов для изготовления сварочного узла или конструкции;

У 6 Читать рабочие чертежи сварочных конструкций:

Форма контроля: выполнение лабораторной работы (фронтальная форма организации работы).

Задание: Провести определение доли основного металла в металле шва при различных способах сварки

Условия выполнения задания:

Независимо от типа и способа выполнения, сварной шов состоит из определенной доли основного и электродного металла. Количественное содержание того или иного металла в шве будет зависеть от вида сварки, величины сварочного тока, напряжения на сварочной дуге, формы подготовки кромок и т. д.

Остановимся подробнее на рассмотрении вопроса о влиянии режима ручной дуговой сварки на долю основного металла в металле шва и на его размеры. В понятие режима ручной дуговой сварки входит сварочный ток,

напряжение на дуге, диаметр электрода, скорость сварки, угол наклона электрода и т. д.

Рассмотрим влияние некоторых из величин на долю основного металла в шве и его форму.

Сварочный ток.

Увеличение сварочного тока приводит к увеличению эффективной тепловой мощности сварочной дуги q , вследствие чего увеличиваются высота и ширина валика, глубина проплавления, $a_{\text{п}}$ (коэффициент плавления), $a_{\text{н}}$ (коэффициент наплавки), скорость плавления электрода. В результате этого доля основного металла в металле сварного шва увеличивается. Доля основного металла в металле сварного шва — это отношение площади проплавленного металла к сумме площадей проплавленного и наплавленного металла, т.е.

$$\gamma = \frac{F_{\text{пр}}}{F_{\text{пр}} + F_{\text{н}}}$$

Напряжение на сварочной дуге.

Повышение напряжения на дуге приводит к уменьшению глубины провара, так как с увеличением напряжения увеличиваются потери тепла на лучеиспускание, угар и разбрызгивание. Вследствие увеличения длины сварочной дуги увеличивается площадь нагрева изделия, т. е. увеличивается ширина валика, следовательно, уменьшается его высота, так как на величину коэффициентов $a_{\text{п}}$, $a_{\text{н}}$ напряжение не влияет. Доля же основного металла в металле сварного шва при ручной электродуговой сварке с увеличением напряжения практически не изменяется.

Диаметр электрода.

Увеличение диаметра электрода (при сварочном токе той же величины) приводит к уменьшению плотности сварочного тока, понижению температуры дуги, что влечет за собой уменьшение глубины провара, увеличение ширины валика, уменьшение доли основного металла в металле сварного шва.

Погонная энергия.

Погонная энергия (q_n) — это отношение эффективной тепловой мощности сварочной дуги, расходуемой на нагрев изделия (q), к скорости перемещения дуги (v_d) и определяет количество тепла, введенное дугой в элемент длины сварного шва, т. е.

$$q_n = \frac{q}{v_d} = \frac{0,24 I_{\text{св}} U \eta}{v_d}$$

Следовательно, увеличение погонной энергии приводит к увеличению площади сечения сварного шва, т. е. к изменению доли участия основного металла в металле шва и формы валика. Скорость перемещения сварочной дуги при однопроводной сварке равна скорости сварки.

Присадочный (дополнительный) металл обычно требуется для получения шва с необходимыми геометрическими размерами, так как в большинстве случаев расплавление только кромок основного металла не обеспечивает получение выпуклости шва и заполнение зазора и разделки кромок (если она есть). Если дополнительный металл в процессе сварки расплавляется в виде сварочной (электродной) проволоки, стержней и т.д., включенных в сварочную цепь, он обычно называется электродным, а если он не включен в сварочную цепь, — присадочным.

Закристаллизовавшийся металл шва состоит из смешанных в жидком состоянии (в сварочной ванне) расплавленных основного и присадочного металлов. Поэтому доли их участия определяют по исходной конфигурации кромок до расплавления и конечным геометрическим размерам шва.

Площадь поперечного сечения шва

$$F_{\text{ш}} = F_{\text{пр}} + F_{\text{н}},$$

где $F_{\text{пр}}$ и $F_{\text{н}}$ — соответственно площади поперечного сечения расплавленных основного и дополнительного металлов, см^2 ; $F_{\text{н}}$ обычно называют площадью поперечного сечения наплавленного металла.

Доля основного металла в этих случаях снижается до 10 %, а при трех - или четырехслойной наплавке - до нуля в верхнем слое. При этом увеличивается на 20 - 40 % коэффициент наплавки и производительность процесса.

Доля основного металла в наплавленном в зависимости от количества слоев: а - при наплавке; б - при сварке с разделкой кромок шва.

Доля основного металла, а следовательно, и различие в составе слоев шва при разных составах наплавленного и основного металлов наиболее сильно изменяется от слоя к слою в случае наплавки на плоскость. У стыковых швов, особенно при сварке в узких, глубоких разделках, это изменение является значительно меньшим.

Доля основного металла в металле одностороннего шва (одностороннего наплавленного валика) зависит от способа сварки, режима сварки (например, при дуговой сварке плавящимся электродом - от U_d , I и U_{se}), теплофизических свойств свариваемого металла, формы и размеров разделки кромок под сварку.

Доля основного металла, а следовательно, и различие в составе слоев шва при разных составах основного и наплавленного металлов, наиболее сильно изменяется от слоя к слою в случае наплавки на плоскость.

Изменение *доли основного металла* в различных слоях наплавов и стыковых швов при различных разделках для случая ручной сварки аустенитных сталей аустенитными электродами иного состава приведено на фиг.

Как определяется *доля основного металла* в металле шва.

В результате *доля основного металла* в металле шва снижается.

Для снижения *доли основного металла* в металле шва дуговую сварку среднеуглеродистых сталей, как правило, ведут с разделкой кромок на режимах, обеспечивающих минимальное проплавление основного металла и максимальное значение коэффициента формы шва. Для иллюстрации сказанного на рис. 9 - 12 показаны угловые швы, сваренные под флюсом на режимах, типичных для сварки низкоуглеродистой (а) и среднеуглеродистой (б) стали.

Для уменьшения *доли основного металла* в металле шва и снижения величины сварочных остаточных напряжений процесс сварки ведут на очень малых режимах (сила тока 90 - 120 А при диаметре электрода 3 мм), короткими валиками (40 - 50 мм), с охлаждением детали после наложения каждого валика до температуры 60 - 70° С. Часто валики проковывают непосредственно после обрыва дуги. Такая техника сварки обуславливает низкую производительность процесса.

Для снижения *доли основного металла* в наплавленном уменьшают шаг наплавки. Наиболее качественную наплавку получают при шаге 0,4 - 0,75 ширины наплавленного валика.

Для уменьшения *доли основного металла* в наплавленном металле рекомендуется наплавку толстопокрытыми электродами выполнять с малой погонной энергией в 2 - 3 слоя.

Практическое занятие № 6

Практическая работа № 6 Исследование горения дуги и формирования металла шва при сварке в среде углекислого газа.

Объекты оценивания:

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ПК 1.1 Применять различные методы, способы и приёмы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять техническую подготовку производства сварных конструкций.

У 2 Выбирать рациональный способ сборки и сварки конструкций, оптимальную технологию соединения или обработки конкретной конструкции или материала;

У 5 Рассчитывать нормы расхода основных и сварочных материалов для изготовления сварочного узла или конструкции;

У 6 Читать рабочие чертежи сварочных конструкций:

Форма контроля: выполнение лабораторной работы (фронтальная форма организации работы).

Задание: Провести исследование горения дуги и формирования металла шва при сварке в среде углекислого газа.

Условия выполнения задания:

Дуга образуется между концом голой проволоки, являющейся плавящимся электродом, и свариваемым изделием; горение дуги происходит в атмосфере углекислого газа, который подается в зону сварки по наружному мундштуку и защищает расплавленный металл от кислорода и азота окружающего воздуха.

Преимущество сварки в среде углекислого газа перед сваркой под флюсом состоит в том, что сварщик может наблюдать за ходом сварки и горением дуги, так как ока не закрыта флюсом; отсутствие флюса делает ненужными приспособления для его подачи и отсоса, усложняющие

сварочное оборудование; отпадает необходимость в последующей очистке швов от шлака и остатков флюса, особенно при многослойной сварке.

Коэффициент наплавки при сварке в среде углекислого газа выше, чем при сварке под флюсом. При сварке током прямой полярности этот коэффициент в 1,5—1,8 раза выше, чем при сварке током обратной полярности. Процесс сварки отличается высокой производительностью, достигающей 18 кг/час наплавленного металла. Скорость сварки достигает 60 м/час. Производительность сварки в среде углекислого газа в 2,5—4 раза выше, чем производительность ручной сварки покрытыми электродами, и в 1,5 раза выше, чем при сварке под флюсом.

Стоимость наплавки 1 кг металла при сварке в среде углекислого газа в 2—2,5 раза меньше, чем при ручной сварке, и на 10—20% меньше, чем при автоматической сварке под флюсом.

Сварка в защитной среде углекислого газа сейчас широко применяется в промышленности и во многих случаях успешно вытесняет не только ручную, но даже полуавтоматическую и автоматическую дуговую сварку под флюсом.

Наибольшее применение сварка в среде углекислого газа нашла в судостроении, машиностроении, при сварке трубопроводов, в том числе магистральных, при выполнении монтажных работ, изготовлении котлов и аппаратуры из теплоустойчивых и легированных сталей, заварке дефектов стального литья и прочих областях производства и строительства.

Главным достоинством процесса сварки в защитной среде углекислого газа являются:

1. Высокая степень использования тепла сварочной дуги, вследствие чего обеспечивается и высокая производительность сварку.
2. Высокое качество сварных швов.
3. Возможность сварки в различных пространственных положениях и на монтаже с применением аппаратуры для полуавтоматической и автоматической сварки.
4. Низкая стоимость защитного газа.
5. Возможность сварки металла малых толщин и сварки электрозаклепками.
6. Возможность сварки на весу без подкладок.

Металлургические процессы при сварке в среде углекислого газа имеют свои особенности, состоящие в следующем.

При высокой температуре дуги молекулы углекислого газа расщепляются (диссоциируют) на СО и О по уравнению $\text{CO} \rightleftharpoons \text{C} + \text{O}$. Образующаяся СО в свою очередь диссоциирует на С и О по уравнению $\text{CO} \rightleftharpoons \text{C} + \text{O}$. Атомарный кислород О обладает высокой химической активностью и способен окислять все элементы, входящие в состав проволоки и основного металла.

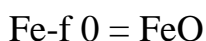
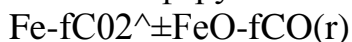
Исследования показали, что температура капель жидкого металла в зоне дуги составляет 2150—2350°С, а температура газа 2900°. Температуры же в сварочной ванне ниже и составляют: металла 1700° и газа 2300°. Как

известно, чем выше температура, тем реакции окисления идут интенсивнее.

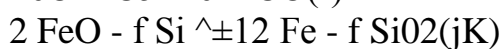
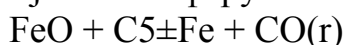
Поэтому при сварке в среде углекислого газа в большей степени происходит выгорание (окисление) элементов, содержащихся в электродной проволоке и в меньшей степени — элементов основного металла. При указанном распределении температур большая часть углекислого газа (60%) расщепляется на окись углерода и кислород в зоне дуги и меньшая (15%) — в месте контакта с ванной.

В зоне сварки при указанных условиях протекают следующие реакции окисления элементов и восстановления их из окислов:

^ в атмосферу



■ji в атмосферу



|f в шлак



jfB шлак

Выделение газообразной окиси углерода (CO) из жидкого металла вызывает «кипение» сварочной ванны и приводит к образованию пор. При сварке в среде углекислого газа пористость шва может возникнуть в результате: 1) недостаточного содержания элементов — раскислителей (кремния, марганца и др.) в проволоке; 2) присутствия ржавчины и окалина, попадающих с кромок металла и с проволоки в ванну; 3) повышенного содержания влаги в углекислом газе; 4) попадания в зону сварки азота из воздуха при недостаточной защите дуги углекислым газом.

С целью восполнения марганца и кремния в металле шва, уменьшающихся в результате угара, и для подавления реакции окисления углерода при сварке в среде углекислого газа применяют электродную проволоку с повышенным содержанием марганца и кремния. При сварке мало - и среднеуглеродистых сталей присутствие в металле шва кремния более 0,2% и марганца более 0,4% предупреждает образование пор.

На степень окисления углерода, кремния и марганца при сварке в среде углекислого газа сильно влияют напряжение и величина сварочного тока, а также диаметр электродной проволоки. С повышением напряжения окисление увеличивается, а при возрастании сварочного тока и уменьшении диаметра проволоки (повышении плотности тока)—уменьшается. Сварка на постоянном токе обратной полярности дает меньшее окисление, чем на токе прямой полярности. При сварке проволокой диаметром 0,5—1,2 мм происходит значительно меньшее окисление элементов, чем при сварке проволокой диаметром 1,6—2 мм. Поэтому более тонкая проволока, имеющая низкое содержание кремния и марганца, обеспечивает получение плотных беспористых швов. Плотность тока при сварке в среде

углекислого газа должна быть не ниже 80 а/мм². При этом потери металла на разбрызгивание не превышают 10—15%.

В качестве электрода применяется проволока различных марок по ГОСТ 2246—60 в соответствии с маркой основного металла. Диаметр проволоки может колебаться в пределах 0,5—2,5 мм в зависимости от толщины свариваемого металла и типа сварочного полуавтомата. Поверхность проволоки должна быть чистой, не загрязненной смазкой, органическими антикоррозийными веществами, ржавчиной, окалиной и пр., повышающими разбрызгивание и пористость швов. Иногда проволоку подвергают травлению в 20%-ном растворе серной кислоты с последующей прокалкой в печи при 250—280° в течение 2—2,5 час. Это обеспечивает получение плотного наплавленного металла с минимальным содержанием водорода. Хорошие результаты дает сварка омедненной (покрытой слоем меди) проволокой.

Практическое занятие № 7

Практическая работа № 7 Выбор оптимального способа сборки и технологии сварки конструкций из низко- и среднелегированных сталей.

Объекты оценивания:

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ПК 1.1 Применять различные методы, способы и приёмы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять техническую подготовку производства сварных конструкций.

У 2 Выбирать рациональный способ сборки и сварки конструкций, оптимальную технологию соединения или обработки конкретной конструкции или материала;

У 5 Рассчитывать нормы расхода основных и сварочных материалов для изготовления сварочного узла или конструкции;

У 6 Читать рабочие чертежи сварочных конструкций:

Форма контроля: выполнение лабораторной работы (фронтальная форма организации работы).

Задание: Провести выбор оптимального способа сборки и технологии сварки конструкций из низко- и среднелегированных сталей.

Условия выполнения задания:

Сварочные материалы. Электроды для ручной электродуговой сварки имеют низководородное фтористо-кальциевое покрытие. Широко применяют электроды типа Э70 по ГОСТ 9467-75. Сварку выполняют постоянным током при обратной полярности. Металл, наплавленный электродами, должен соответствовать следующему химическому составу, %: С до 0,10; Mn 0,8 ... 1,2; Si 0,2 ... 0,4; Cr 0,6 ... 1,0; Mo 0,2 ... 0,4; Ni 1,3 ... 1,8; S до 0,03; P до 0,03.

Проволока для сварки в углекислом газе и смесях аргона с углекислым газом. При сварке в углекислом газе применяют проволоку марок Св-08Г2С, Св-10ХГ2СМА, Св-08ХН2Г2СМЮ (ГОСТ 2246-70) или порошковую проволоку.

Проволока марки Св-10ХГ2СМА обеспечивает прочность металла шва до 680 МПа и ударную вязкость до 25 Дж/см² при температуре -60 °С. Металл шва, выполненного проволокой марки Св-08ХН2Г2СМЮ, имеет показатели прочности до 850 МПа и КСЧ до 40 Дж/см² при температуре -70 °С. Благоприятное сочетание показателей механических свойств металла швов при сварке сталей с прочностью 580 ... 700 МПа позволяют получать порошковые проволоки с сердечником рутилфлюоритного типа.

При сварке высокопрочных сталей в смесях на базе аргона (78 % Ar + 22 % CO₂ или 75 % Ar + 20 % CO₂ + 5 % O₂) используют проволоку марки Св-08ХН2ГМЮ, которая обеспечивает высокий уровень механических свойств и хладостойкость металла швов при сварке сталей с прочностью до 700 МПа.

Проволоки указанных марок рекомендуются и для сварки угловых швов с катетом свыше 15 мм. Для угловых швов с меньшим катетом в большинстве случаев используют проволоку марки Св-08Г2С. Эту проволоку применяют также при сварке низкоуглеродистых бейнитно — мартенситных сталей с низколегированными сталями повышенной прочности 09Г2, 10Г2С1, 14Г2, 10ХСНД и 15ХСНД.

Флюсы и сварочные проволоки. При автоматической сварке бейнитно — мартенситных сталей применяют низкремнистые окислительные флюсы. Сварку выполняют проволоками Св-08ХН2ГМЮ или Св-08ХН2Г2СМЮ на постоянном токе обратной или прямой полярности. Это позволяет получать наплавленный металл с достаточно низким содержанием диффузионного водорода, неметаллических включений, серы и фосфора.

Сварка покрытыми электродами. Сварочный ток выбирают в зависимости от марки и диаметра электрода; при этом учитывают положение шва в пространстве, вид соединения и толщину свариваемого металла. При выполнении многослойных швов особое внимание уделяют качественному выполнению первого слоя в корне шва.

Разделки кромок заполняют в зависимости от толщины металла любым из известных способов наложения швов. Последовательное наложение швов применяют при сварке металла толщиной до 25 мм. Каскад и горку используют при сварке металла большей толщины. Выбор схемы заполнения разделки кромок определяется необходимостью сохранить температуру подогрева металла в процессе сварки.

Сварку технологических участков следует производить без перерывов, не допуская охлаждения сварного соединения ниже температуры предварительного подогрева и нагрева его перед выполнением следующего прохода выше 200 °С. При многопроходной сварке предварительный подогрев может использоваться только при выполнении первых проходов.

Сварка в защитных газах. Диаметр проволок сплошного сечения при сварке в углекислом газе и смесях газов выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла и пространственного положения шва. Проволоками диаметром 1,0 ... 1,4 мм сваривают соединения толщиной 3 ... 8 мм, швы в различных пространственных положениях, а также корневые слои многослойных соединений. В остальных случаях используют проволоку диаметром 1,6 мм.

Сварку в смесях на основе аргона выполняют проволокой марки Св-08ХН2ГМЮ, при этом практически отсутствует разбрызгивание, швы имеют хороший внешний вид.

Сварка под флюсом. Сварку под флюсом выполняют на постоянном токе обратной полярности. Сила сварочного тока не превышает 800 А, напряжение дуги до 40 В, скорость сварки изменяют в диапазоне 13 ... 30 м/ч. Одностороннюю одностороннюю сварку применяют для соединений толщиной до 8 мм и выполняют на остающейся стальной подкладке или флюсовой подушке.

Максимальная толщина соединений без разделки кромок, свариваемых двусторонними швами, не должна превышать 20 мм. Для стыковых соединений без скоса кромок (односторонних и двусторонних) используют проволоку марки Св-08ХН2М. Применять более легированные проволоки для таких соединений нецелесообразно, поскольку в этом случае швы имеют излишне высокую прочность.

Наиболее часто стыковые соединения подготавливают со скосом кромок. Сварку корневых швов стыковых соединений высокопрочных сталей с V- или X-образной разделкой кромок обычно выполняют проволоками марок Св-08ГА или Св-10Г2. Заполнение разделок кромок осуществляется проволоками марок Св-08ХН2ГМЮ или Св-08ХН2ГСМЮ последовательным наложением слоев.

Электрошлаковая сварка. При электрошлаковой сварке низкоуглеродистых легированных сталей применяют технологические приемы, позволяющие повысить скорость охлаждения сварного соединения, например сопутствующее дополнительное охлаждение зоны сварки. При этом ниже ползуна устанавливается специальное устройство, которое охлаждает водой шов и зону термического влияния, что обеспечивает получение требуемой структуры и механических свойств этого участка сварного соединения.

Для обеспечения эксплуатационной надежности сварных соединений необходимо при выборе сварочных материалов стремиться к получению швов такого химического состава, при котором их механические свойства имели бы требуемые значения. Характер изменения этих свойств зависит от доли участия основного металла в формировании металла шва. Поэтому, как правило, следует выбирать такие сварочные материалы, которые содержат легирующих элементов меньше, чем основной металл.

Легирование металла шва за счет основного металла позволяет повысить свойства шва до необходимого уровня. Однако следует помнить, что доля участия основного металла в металле шва, а значит, и степень легирования зависят от способа сварки, применяемого режима и других технологических приемов. Для обеспечения технологической прочности сварных швов, выполненных низколегированными сварочными материалами, содержание углерода в них не должно превышать 0,15 %, так как дальнейшее увеличение содержания углерода резко повышает склонность металла швов к образованию горячих трещин, а также существенно снижает пластичность и особенно ударную вязкость металла шва в эксплуатационных условиях. Необходимых прочностных характеристик металла шва достигают легированием его элементами, которые, повышая прочность, не снижают существенно его деформационную способность и ударную вязкость.

Высокую технологическую прочность и работоспособность можно получить, если содержание легирующих элементов в металле шва не превысит (в %): 0,15 C; 0,5 Si; 1,5 Mn; 1,5 Cr; 2,5 Ni; 0,5 V; 1,0 Mo; 0,5 Nb. Комбинируя различные легирующие элементы в указанных пределах, можно получить швы с временным сопротивлением до 600 ... 700 МПа в исходном после сварки состоянии и 850 ... 1450 МПа после соответствующей термообработки.

При сварке среднелегированных глубоко прокаливающихся высокопрочных сталей необходимо выбирать такие сварочные материалы, которые обеспечат получение швов, обладающих высокой деформационной способностью при минимально возможном количестве водорода в сварочной ванне. Это может быть достигнуто применением низколегированных сварочных электродов, не содержащих в покрытии органических веществ и подвергнутых высокотемпературной прокатке (низководородистые электроды). Одновременно при выполнении сварки необходимо исключить другие источники насыщения сварочной ванны водородом (влаги, ржавчины, органических загрязнений на кромках и др.).

Наиболее широко для сварки этих сталей применяют аустенитные сварочные материалы. В большинстве случаев в шве стремятся получить высоколегированную аустенитную хромоникелевую или хромоникелемарганцовистую сталь. Такой металл обладает высокой пластичностью и не претерпевает полиморфных превращений, т.е. сохраняет аустенитную структуру во всем диапазоне температур, вследствие этого растворимость водорода в шве с понижением температуры изменяется незначительно, а проницаемость его мала. Для механизированной сварки и изготовления стержней электродов в ГОСТ 2246-70 предусмотрены проволоки марок Св-08Х20Н9Г7Т и Св-08Х21Н10Г6, а в ГОСТ 10052-75 электроды типа ЭА-1Г6 и др. Электродные покрытия применяются вида Ф, а для механизированной сварки — основные флюсы.

Ручная дуговая сварка покрытыми электродами.

Конструктивные элементы подготовки кромок для ручной дуговой сварки покрытыми электродами такие же, как и для сварки углеродистых сталей в соответствии с рекомендациями ГОСТ 5264-80.

Для сварки среднелегированных высокопрочных сталей используют электроды типов Э-08Х21Н10Г6, Э-13Х25Н18, Э-10Х16Н25АМ6 и др. по ГОСТ 10052-75 и ГОСТ 9467-75 (табл. 1).

Если сталь перед сваркой подвергают термообработке на высокую прочность (нормализация или закалка с отпуском), а после сварки — отпуску для снятия напряжений и выравнивания механических свойств сварного соединения с целью обеспечения его равнопрочности с основным металлом, то критерием определения температуры предварительного подогрева будет скорость охлаждения, при которой происходит частичная закалка околошовной зоны, но гарантируется отсутствие трещин в процессе сварки и до проведения последующей термообработки.

Если сталь перед сваркой подвергают термообработке, но после сварки отпуск невозможен из-за крупных размеров конструкции, то сталь данной марки можно использовать для изготовления такой конструкции только в том случае, если нет жестких требований к равнопрочности сварного соединения и основного металла в условиях статического нагружения. Для обеспечения свойств сварного соединения, гарантирующих требуемую его работоспособность, критерием для выбора необходимой температуры подогрева является диапазон скоростей охлаждения, обеспечивающий необходимый уровень механических свойств в околошовной зоне. Аустенитными электродами обычно сваривают без предварительного подогрева, но при этом регламентируется время с момента окончания сварки до проведения термообработки изделия. При сварке среднелегированных сталей с невысоким содержанием углерода (0,12 ... 0,17 %) последующую термообработку проводят в исключительно редких случаях.

Табл. 1 Электроды для дуговой сварки конструкционных сталей и механические свойства металла шва

Марка стали	Термическая обработка	Тип электрода	Механические свойства, не менее	
			σ_B , МПа	KCU , Дж/см ²
25ХГСА	Закалка и отпуск	Э70	700	60
30ХГСА	после сварки на σ_B	Э85	800	50
25ХГСА	< 900 МПа Закалка	Э85	800	50
30ХГСА	и отпуск после	Э-10Х20Н9Г6С	600	90
25ХГСА	сварки на σ_B > 900	Э-	600	90

30ХГСА	МПа Сварка в упрочненном состоянии без последующей термической обработки	11Х15Н25М6АГ2		
12Х2НВФА 23Х2НВФА 12Х2НВФА 23Х2НВФА	Закалка и отпуск после сварки на $\sigma_{\text{в}} > 1000$ МПа Сварка в упрочненном состоянии без последующей термической обработки	Э85	0,90 $\sigma_{\text{в}}$	60
		Э100 Э-	основного	50
		10Х20Н9Г6С,	металла	60
		Э-11Х15Н25М6АГ2	900 600	90
30ХГСНА 30ХГСНА	Закалка и отпуск после сварки на $\sigma_{\text{в}} = 1600 \dots 1800$ МПа Сварка в упрочненном состоянии без последующей термической обработки	Э85, Э100	900	50
		Э150	1400	40
		Э-10Х20Н9Г6С,	600	90
		Э-ПХ15Н25М6АГ2 Э-06Х19Н11Г2М2		

Разделку заполняют каскадом или горкой. Температура охлаждения зоны термического влияния в процессе сварки допускается не ниже $T_{\text{в}} = 150 \dots 200$ °С. Когда термообработка сварного изделия не может быть выполнена (например, из-за крупных размеров), на кромки детали, подлежащие сварке, наплавляют аустенитными или низкоуглеродистыми (низководородистыми) электродами незакаливающийся слой металла такой толщины, при которой температура стали под слоем в процессе выполнения сварки не превысит температуру отпуска при термообработке деталей с наплавленными кромками. Детали с наплавленными кромками сваривают аустенитными или низкоуглеродистыми и низководородистыми электродами без подогрева и последующей термообработки. Режимы сварки принимают в соответствии с рекомендациями для аустенитных электродов.

Сварка в защитных газах. Высокое качество сварных соединений толщиной 3 ... 5 мм достигается при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом. При выборе присадочного материала (электродной проволоки) для дуговой сварки в среде защитных газов следует руководствоваться табл. 2. Первый слой выполняют без присадки с полным проваром кромок стыка и

обратным валиком, второй — с поперечными низкочастотными колебаниями электрода и механической подачей присадочной проволоки. Возможен и третий слой с поперечными колебаниями электрода без присадочной проволоки со стороны обратного формирования на небольшом режиме для обеспечения плавного перехода от шва к основному металлу.

Для увеличения проплавляющей способности дуги при аргонодуговой сварке сталей применяют активирующие флюсы (АФ). Применение АФ повышает проплавляющую способность дуги, что обеспечивает возможность исключения разделки кромок при толщинах 8 ... 10 мм. Для сварки сталей применяют флюс, представляющий собой смесь компонентов (SiO₂, NaF, TiO₂, Ti, Cr₂O₃). Сварка с АФ эффективна при механизированных способах для получения равномерной глубины проплавления. Неплавящийся электрод при сварке с АФ выбирают из наиболее стойких в эксплуатации марок активированного вольфрама. Сочетают применение АФ с поперечными низкочастотными колебаниями электрода при выполнении поверхностных слоев шва для обеспечения плавного перехода от шва к основному металлу. После сварки, не позднее чем через 30 мин, сварные соединения с ферритными швами подвергают высокому отпуску при 600 ... 650 °С в течение 2 ч. Затем производится окончательная термическая обработка по режиму основного металла.

Табл. 2 Присадочные материалы и механические свойства сварных соединений при дуговой сварке плавящимся электродом в защитных газах

Марка стали	Термическая обработка	Марка проволоки при сварке в среде	σв, МПа	KCU, Дж/см ²
		инертных газов	углекислого газа	не менее
25ХГСА	Закалка и отпуск после сварки	Св-18ХМА, Св-18ХГС	Св-18ХМА,	0,9 σв
30ХГСА			СВ-18ХГС,	основного
			Св-08ГСМТ	о металла

12Х2НВФА	Сварка в	СВ-18ХМА			
	термически	СВ-18ХМА			
	обработано	СВ-	СВ-08ГСМТ		
	м состоянии	8Х21Н10Г6,	СВ-	0,9 σв	
23Х2НВФА	без		08ГСМТ	основног	40
23Х2НВФА	последующе	СВ-	СВ-	о металла	90
	й	8Х20Н9Г7Т,	08Х20Н9Г7	600	
	термической	СВ-	Т		
	обработки	10Х16Н25АМ			
		6			
12Х2НВФА	Закалка +			0,9 σв	
	отпуск после	СВ-18ХМА	СВ-08ГСМТ	основног	60 40
	сварки			о металла	
30Х2ГСНВМ	Закалка +				
	отпуск после	СВ-		0,9 σв	
	сварки: на σв	20Х2ГСНВМ	—	основног	—
	= 1700 ±100			о	
А	МПа				
42Х2ГСНМА		СВ-		(0,9-	
	на σв = 2000	20ХСНВФАВ	—	0,95) σв	—
	± 100 МПа	Д		основног	

Сварка плавящимся электродом в среде защитных газов находит широкое применение при изготовлении конструкций из среднелегированных высокопрочных сталей средней и большой толщины. Конструктивные элементы подготовки кромок под сварку в среде защитных газов следует выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 14771-76 (в ред. 1989 г.). В зависимости от разновидности способа сварки в защитных газах подготовка кромок должна быть различной.

При сварке в инертных газах в сварочной ванне могут протекать металлургические процессы, связанные с наличием в ней растворенных газов и легирующих элементов, внесенных из основного или присадочного металла. При использовании смесей инертных газов с активными возникают металлургические взаимодействия между элементами, содержащимися в расплавленном металле, и активными примесями в инертном газе.

Если в сварочной ванне содержится некоторое количество кислорода, то при высоких концентрациях углерода будет протекать реакция окисления его. Если концентрация углерода в сварочной ванне в период кристаллизации будет достаточно высокой, то при отсутствии или недостатке других раскислителей реакция образования СО будет продолжаться, что может вызвать порообразование. Возникновению пор способствует также и водород, содержание которого при малой степени окисленности ванны может быть достаточно высоким.

Для подавления реакции окисления углерода в период кристаллизации металла шва в сварочной ванне должно содержаться достаточное количество раскислителей, например кремния или марганца. Наряду с этим устранение пор при отсутствии раскислителей при сварке с защитой аргоном может быть достигнуто некоторым повышением степени окисленности ванны за счет добавки к аргону кислорода (до 5 %) или углекислого газа (до 25 %) в смеси с кислородом (до 5 %). При этом интенсифицируется окисление углерода в зоне высоких температур (в головной части сварочной ванны), усиливается его выгорание, вследствие чего концентрация углерода и содержание кислорода в сварочной ванне к моменту начала кристаллизации уменьшаются и тем самым прекращается образование СО.

При сварке среднелегированных высокопрочных сталей в защитных газах (в большинстве случаев инертных или их смесях с активными) используют низкоуглеродистые легированные и аустенитные высоколегированные проволоки, например Св-10ХГСН2МТ, Св-03ХГНЗМД, Св-08Х20Н9Г7Т, Св-10Х16Н25-АМ6, Св-08Х21Н10Г6 (табл. 2). Однако равнопрочности металла шва и свариваемой стали получить не удастся. Обеспечить равнопрочность сварного соединения и основного металла можно за счет эффекта контактного упрочнения мягкого металла шва. В этом случае работоспособность сварного соединения при данном соотношении свойств

мягкой прослойки — шва и основного металла определяется относительной толщиной мягкой прослойки.

В наиболее полной степени эффект контактного упрочнения может быть реализован при применении так называемой щелевой разделки, представляющей собой стыковые соединения с относительно узким зазором. Отсутствие толстой шлаковой корки на поверхности шва позволяет выполнять полуавтоматическую сварку в защитных газах короткими и средней длины участками (каскадом, горкой), сократить до минимума перерыв между наложением слоев многослойного шва. Возможно применять автоматическую двух- или многодуговую сварку дугами, горящими в различных плавильных пространствах таким образом, чтобы тепловое воздействие от выполнения последующего слоя на околошовную зону предыдущего происходило при необходимой температуре. Все это позволяет регулировать термический цикл и получать наиболее благоприятные структуры в околошовной зоне.

Сварка под флюсом. Конструктивные элементы подготовки кромок под автоматическую и полуавтоматическую сварку под флюсом выполняют такими же, как и при сварке углеродистых и низколегированных незакаливающихся конструкционных сталей, т.е. в соответствии с рекомендациями ГОСТ 8713-79 (в ред. 1990 г.). Однако в диапазоне толщин, для которого допускается сварка без разделки и со скосом кромок последней следует отдать предпочтение.

Наряду с затруднениями, связанными с образованием холодных трещин в околошовной зоне, при механизированной сварке под флюсом швы имеют повышенную склонность к образованию горячих трещин. Это связано с тем, что при данном способе сварки доля основного металла в металле шва достаточно велика. В связи с этим в шов с расплавленным основным металлом поступают легирующие элементы, содержащиеся в свариваемой стали, в том числе и углерод, концентрация которого в сталях этой группы достаточно высока.

Влияние содержания углерода, серы и марганца в шве на склонность к образованию горячих трещин схематически представлено на рис. 1. Линия 1 служит границей раздела составов с низким содержанием углерода [C]1, при которых образуются или не образуются горячие трещины. При повышенном содержании углерода [C]3 такой границей будет линия 3, в этом случае даже при низком содержании серы и большой концентрации марганца в шве могут возникнуть горячие трещины. При механизированной сварке под флюсом необходимы подготовка кромок, техника и режимы сварки, при которых доля основного металла в шве будет минимальной.

На рис. 2 показано влияние сварочного тока и скорости сварки на долю участия основного металла в образовании шва. Доля участия γ_0 растет с увеличением тока и скорости сварки. Для уменьшения γ_0 сварку следует проводить на минимально возможных силах тока и скоростях сварки, обеспечивающих получение швов заданных размеров и формы. Кроме того,

для уменьшения γ_0 следует отдавать предпочтение разделке кромок под сварку. При использовании для сварки низкоуглеродистых проволок в полной мере можно реализовать преимущество сварки под флюсом; получать швы с глубоким проплавлением, повышая при однопроводной сварке стыковых соединений без разделки кромок сварочный ток и скорость сварки. Необходимый состав металла шва будет обеспечиваться повышением доли основного металла в шве.

Флюс выбирают в зависимости от марки электродной проволоки. При использовании низкоуглеродистой проволоки или низколегированной, не содержащей достаточного количества элементов — раскислителей, сварку выполняют под кислыми высоко- или среднемарганцовистыми флюсами (в зависимости от состава свариваемой стали). При использовании низколегированных проволок, содержащих элементы — раскислители в достаточном количестве, лучшие результаты (по механическим свойствам металла шва) обеспечивает применение низкокремнистых, низкомарганцовистых флюсов. Сварку среднелегированных высокопрочных сталей аустенитной сварочной проволокой марок Св-08Х21Н10Г6 или Св-08Х20Н9Г7Т выполняют только под слабо окислительными или безокислительными основными флюсами, предназначенными для сварки высоколегированных хромоникелевых сталей. При этом режимы сварки должны обеспечивать требуемые размеры и форму швов и минимально возможное проплавление основного металла. С этой целью в некоторых случаях применяют сварку трехфазной дугой под плавными или керамическими основными флюсами.

Подкладные кольца и замковые соединения для сталей, например 30ХГСА, не применяют, так как они снижают надежность изделия в эксплуатации. Вместо подкладных колец первые слои целесообразно выполнять аргонодуговой сваркой.

Проволоку и флюс для сварки конструкционных сталей выбирают согласно табл. 3. Для предотвращения пористости и наводороживания швов флюсы перед сваркой необходимо прокалить, чтобы их влажность не превышала 0,1 % для стекловидных флюсов и 0,05 % для пемзовидных. Это достигается нагревом стекловидных флюсов до 350 ... 400 °С, а пемзовидных до 400 ... 500 °С с выдержкой 2 ... 3 ч. Максимальная температура нагрева под прокалку применяемых флюсов не должна превышать 650 ... 700 °С во избежание окисления компонентов флюса и его спекания.

Табл. 3 Сварочные материалы при сварке под флюсом и механические свойства сварных соединений

Марка стали	Термическая обработка	Марка электродной проволоки	Марка флюса	σв, МПа	KCU, Дж/см ²
				не менее	
25ХГСА,	Закалка и	Св-18ХГС, Св-	АН-15	0,9 σв	50

30ХГСА	отпуск после сварки σв <1200 ±100МПа	18ХМА	АН-15М	основного металла		
25ХГСА 30ХГСА	То же, до сварки	Св-08Х21Н10Г6, Св-08Х20Н9Г7Т, Св-10Х16Н25АМ6	АН-22 АН-22М	600	90	
12Х2НВФА 23Х2НВФА	Сварка в упрочненном состоянии при σв < 1150 МПа без последующей термической обработки	Св-18ХМА	АН-15	0,9 σв основного металла	60	
30ХГСНА	Закалка и отпуск на σв = 1600 ... 1800 МПа после сварки	Св-0Х4МА	АН-15 АН-15М	1200 1355	40 65	
30ХГНСА	То же	Св-18ХМА	АН-15	900	60	
30ХГСНА	То же, до сварки	Св-08Х21Н10Г6, Св-08Х20Н9Г7Т, Св-10Х16Н25АМ6	АН-22 АН-22М	600	90	

В случае сварки жестких узлов большой толщины ферритными проволоками применяют подогрев $150 \dots 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Непосредственно после сварки ферритными проволоками во всех случаях необходим общий или местный отпуск при $600 \dots 650 \text{ }^{\circ}\text{C}$ для предупреждения образования холодных трещин.

Сварку аустенитными материалами производят без предварительного подогрева и последующей термообработки соединений.

Электрошлаковая сварка. Применение электрошлаковой сварки среднелегированных глубокопрокаливающихся сталей наиболее рационально для соединения толстолистовых конструкций. Основные типы и конструктивные элементы сварных соединений и швов, выполняемых

электрошлаковой сваркой, должны соответствовать требованиям ГОСТ 15164-78 (в ред. 1989 г.), который регламентирует основные типы соединений, выполняемых при всех разновидностях электрошлаковой сварки.

При выборе электродной проволоки для электрошлаковой сварки следует исходить из требований к составу металла шва. Флюс практически не влияет на состав металла шва вследствие малого его количества. Поэтому только в случае необходимости легирования шва элементами, обладающими большим сродством к кислороду (например Ti, Al), следует применять флюсы на основе фторидов или системы $\text{CaF}_2\text{-CaO-Al}_2\text{O}_3$.

Электродные проволоки при сварке проволочными электродами и плавящимся мундштуком в зависимости от состава свариваемой стали и требований, предъявляемых к шву, выбирают из числа групп легированных или высоколегированных проволок по ГОСТ 2246-70.

Пластины при сварке плавящимся мундштуком и пластинчатыми электродами изготовляют из аналогичных сталей. Для предупреждения горячих трещин в шве необходимо выполнять сварку на режимах, обеспечивающих получение относительно неглубокой и широкой металлической ванны.

Для предупреждения трещин в околошовной зоне при сварке жестко закрепленных элементов необходимо применять предварительный подогрев до температуры 150 ... 200 °С.

Низкие скорости охлаждения околошовной зоны при электрошлаковой сварке приводят к длительному пребыванию ее в области высоких температур, вызывающих рост зерна и охрупчивание металла. Поэтому после электрошлаковой сварки среднелегированных высокопрочных сталей необходима высокотемпературная термообработка сварных изделий для восстановления механических свойств до необходимого уровня. Время с момента окончания сварки до проведения термообработки должно быть регламентировано.

Сварка жаропрочных перлитных сталей

Основными способами сварки жаропрочных перлитных сталей являются дуговая покрытыми электродами, в защитных газах и под флюсом. Подготовку кромок деталей под сварку производят механической обработкой. Допускается применение кислородной или плазменно-дуговой резки с последующим удалением слоя поврежденного металла толщиной не менее 2 мм.

Дуговую сварку производят при температуре окружающего воздуха не ниже 0 °С с предварительным и сопутствующим местным или общим подогревом.

Пределы изменения температуры подогрева в зависимости от марки стали и толщины свариваемого изделия приведены в табл. 4

Большинство сварных конструкций из жаропрочных перлитных сталей подвергают термической обработке для устранения структурной неоднородности, остаточных сварочных напряжений и обеспечения

эксплуатационной надежности. Исключение составляют сварные соединения из хромомолибденовых и хромомолибденованадиевых сталей толщиной менее 6 мм.

Табл. 4 Температура предварительного и сопутствующего подогрева

Марка стали	Толщина свариваемых деталей, мм	Температура подогрева, °С
12МХ, 12ХМ, 15ХМ	<10 10 ...30 >30	— 150 ...300 200... 350
2ХМЛ, 12Х1МФ	<6 6...30 >30	— 200... 350 250 ...400
15Х1М1Ф, 20ХМФЛ, 15Х1М1ФЛ	<6 6...30 Свыше 30	— 250 ...400 300 ...450

Примечания: 1. При многопроходной автоматической сварке под флюсом допускается снижение минимальной температуры подогрева на 50 °С. Аргонодуговую сварку корневого слоя труб допускается выполнять без подогрева.

При термообработке конструкций из жаропрочных перлитных сталей используют обычно отпуск, он может применяться также как местная термическая обработка. Отпуск стабилизирует структуру (твердость) сварного соединения и снижает остаточные напряжения. С увеличением содержания хрома, молибдена, ванадия и других элементов, повышающих релаксационную стойкость сталей, температура отпуска и время выдержки должны увеличиваться. Недостатком отпуска является невозможность полного выравнивания структуры, в частности устранения разупрочненной прослойки в зоне термического влияния сварки, что может быть достигнуто только при печной термической обработке всей конструкции (табл. 5).

Табл. 5 Режимы отпуска сварных соединений, выполненных дуговой сваркой

Марка стали	Толщина свариваемых деталей, мм	Минимальная продолжительность выдержки, ч
Отпуск, T, °С = 715± 15		
12ХМ 12ХМ 15ХМ 20ХМЛ	10 10 ... 20 20 ...40 40... 80 >80	— 1 2 3 4
Отпуск, T, °С = 735±15		
12Х1МФ 20ХМФЛ	<6 6 ... 10 10 ... 20 20 ... 40 40 ... 80 >80	— 1 2 3 4 5

Отпуск, $T, ^\circ\text{C} = 745 \pm 15$

15X1M1Ф	<6 6 ... 10 10 ... 20 20	— 1 2 3 5 7
15X1M1ФЛ	... 40 40 ... 80 >80	
12X2MФСР		

Примечание. Скорость нагрева сварных соединений из хромомолибденованадиевых сталей в интервале 500 ... 700 °C должна быть не менее 60 °C/ч.

Ручную дуговую сварку жаропрочных перлитных сталей выполняют электродами с основным (фтористо-кальциевым) покрытием и стержнем из малоуглеродистой сварочной проволоки с введением легирующих элементов через покрытие. Для сварки хромомолибденовых сталей 12МХ, 15ХМ и 20ХМЛ используются электроды типа Э-09Х1М (ГОСТ 9467-75), а для сварки хромомолибденованадиевых сталей 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 20ХМФЛ и 15Х1М1ФЛ — электроды типа Э-09Х1МФ. Когда применение подогрева свариваемых изделий и последующей термической обработки сварных соединений невозможно или необходима сварка перлитных жаропрочных сталей с аустенитными, допускается использование электродов на никелевой основе.

Сварка в защитных газах при изготовлении сварных конструкций из жаропрочных перлитных сталей может быть двух видов: дуговая сварка плавящимся электродом в углекислом газе и аргонодуговая сварка вольфрамовым электродом. При сварке молибденовых, хромомолибденовых и хромомолибденованадиевых сталей следует использовать одну из марок проволок, содержащих молибден, хром и молибден или хром, молибден и ванадий (Св-08МХ, Св-08ХМ, Св-08ХМФА и др.), в зависимости от состава свариваемой стали.

При сварке в углекислом газе — активном окислителе ванны — в составе проволоки обязательно кроме других легирующих элементов должны присутствовать раскислители — кремний и марганец (иногда титан). Поэтому для сварки в углекислом газе можно использовать только те проволоки, в составе которых содержатся эти элементы, в маркировке обозначенные «Г» и «С», например, Св-08Г2С, Св-08ГСМТ, Св-08ХГСМА, Св-08ХГСМФА и др. в зависимости от состава свариваемой стали и требований к механическим свойствам металла шва. Так, при сварке хромомолибденовых сталей применяется сварочная проволока Св-08ХГСМА, а при сварке хромомолибденованадиевых сталей — проволока Св-08ХГСМФА. Сварку осуществляют на постоянном токе обратной полярности. Для проволоки диаметром 1,6 мм сварочный ток составляет 140 ... 200 А при напряжении на дуге 20 ... 22 В, а для проволоки диаметром 2 мм ток сварки 280 ... 340 А и напряжение 26 ... 28 В.

Аргонодуговую сварку применяют для выполнения корневого слоя при многопроходной сварке стыков труб паропроводов, поверхностей нагрева

котлов и других изделий. При сварке в среде аргона хромомолибденовых сталей используют сварочные проволоки Св-08ХМ, Св-08ХГСМА, а при сварке хромомолибденованадиевых сталей — проволоки Св-08ХМФА и Св-08ХГСМФА. Проволоки Св-08ХМ и Св-08ХМФА допускается применять только при содержании кремния в металле проволоки не менее 0,22 %.

Сварку под слоем флюса используют для изготовления корпусов аппаратов нефтехимической промышленности и других изделий с толщиной стенки 20 мм и более. Применяют низко активные по кремнию и марганцу флюсы для достижения в металле шва низкого содержания дисперсных оксидных включений (продуктов кремнемарганцевосстановительного процесса), а также стабильности содержания Si и Mn в многослойных швах. Сварку осуществляют на постоянном токе обратной полярности.

Для уменьшения разупрочнения хромомолибденованадиевых сталей в околошовной зоне рекомендуют режимы с малой погонной энергией, поэтому используют проволоки диаметром 3 мм при токе 350 ... 400 А и напряжении дуги 30 ... 32 В и повышенные скорости сварки (40 ... 50 м/ч). Хромомолибденовые стали можно сваривать проволоками диаметром 4 и 5 мм при силе тока 520 ... 650 А и напряжении 30 ... 34 В. Для сварки хромомолибденовых сталей используют проволоку марок Св-08МХ и Св-08ХМ, а для сварки хромомолибденованадиевых сталей -Св-08ХМФА.

Практическое занятие № 8

Практическая работа № 8 Выбор оптимального способа сборки и технологии сварки конструкций из высоколегированных сталей.

Объекты оценивания:

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ПК 1.1 Применять различные методы, способы и приёмы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять техническую подготовку производства сварных конструкций.

У 2 Выбирать рациональный способ сборки и сварки конструкций, оптимальную технологию соединения или обработки конкретной конструкции или материала;

У 5 Рассчитывать нормы расхода основных и сварочных материалов для изготовления сварочного узла или конструкции;

У 6 Читать рабочие чертежи сварочных конструкций:

Форма контроля: выполнение лабораторной работы (фронтальная форма организации работы).

Задание: Провести выбор оптимального способа сборки и технологии сварки конструкций из высоколегированных сталей.

Условия выполнения задания:

Легированная сталь — это разновидность стали, в состав которой принудительно добавляют особые примеси, изменяющие физико-химические свойства такого металла. Такие примеси называют легирующими, отсюда и название — легированная сталь. Существуют свои особенности сварки легированных сталей и зависят они от степени легированности: бывает низко-, средне- и высоколегированная сталь.



Тема нашей статьи — сварка высоколегированной стали. То есть, стали с высоким содержанием легирующих примесей. Мы кратко расскажем, как настроить режим сварки, какие электроды, защитные газы и флюсы использовать, чтобы добиться хорошего результата.

РЕЖИМ СВАРКИ

Соединение высоколегированных сталей и сплавов требует правильной настройки режима сварки. От этого во многом зависит качество готового шва. Мы рекомендуем устанавливать небольшую величину сварочного тока и формировать узкие швы. Этого можно добиться, используя сварочную проволоку или электроды диаметром 2-3 миллиметра. Также рекомендуем уменьшить вылет электрода в 2 раза больше обычного. Так вы упростите себе сварку. Ведь сварка высоколегированной стали во многом затруднена благодаря большому электросопротивлению и пониженной электропроводности. А уменьшив вылет электрода вы нивелируете эти недостатки.

ВЫБОР ЭЛЕКТРОДОВ

При сварке высоколегированных сталей рекомендуется использовать электроды с основным покрытием, в составе которого должны быть защитно-легирующие элементы. Сам стержень должен тоже быть высоколегированным. Схожие по составу электроды и металл будут работать в связке друг с другом, формируя качественный шов.

Если вам нужно сварить высоколегированную аустенитную сталь, то рекомендуем использовать электроды марки ЦТ-15. Они отлично подходят

для стали марки Э-08Х19Н10Г2Б, поскольку содержат до 5% ферритной фазы. А это очень хорошо.

Популярные электроды для сварки

Также рекомендуем использовать электроды марки ЦТ-15 в сочетании с электродами марки ЦТ-15-1. Сначала сделайте первый слой шва с помощью электродов ЦТ-15-1, а затем сделайте второй слой электродами ЦТ-15. Так вы еще больше увеличите содержание ферритной фазы, улучшив качество шва, если того требует работа.



Следите, чтобы в составе электродов был ниобий. Он выступает как стабилизатор, защищая титан (который тоже есть в составе электродов) от излишнего окисления. Смотрите, чтобы в составе не было много кальцита. Особенно, если вы собираетесь варить сталь с низким содержанием углерода. Дело в том, что электроды с избытком кальцита при горении выделяют углекислый газ, который увеличивает количество углерода в металле в сварочной ванне. А это плохо сказывается на качестве шва.

Если вам все же не удалось найти электроды без кальцита, то можете выбрать стержни с окислительным покрытием, в составе которого будет немного кремния. Так у металла в сварочной ванне не будет увеличиваться показатель углеродности. Также можно купить электроды, у которых покрытие рутил-карбонатно-фтористое. Это электроды марки ОЗЛ-14, широко известной и продающейся в каждом специализированном магазине.

Избегайте диоксида кремния в составе электродов, если собираетесь варить высоколегированную аустенитную сталь. Рекомендуем электроды марки ЦТ-22, их состав оптимален. Но есть недостаток — самое покрытие очень хрупкое и часто осыпается, так что позаботьтесь о грамотной транспортировке и хранении электродов.

ВЫБОР ФЛЮСОВ

Сварка легированных и углеродистых металлов может выполняться и с помощью флюса. Но здесь, как и в случае с электродами, нужно использовать особые флюсы и правильно сочетать их со сварочной проволокой. Сами флюсы должны быть фторидными, а проволока должна быть высоколегированной, как и металл. Мы рекомендуем флюс АНФ-5, он хорошо справляется со своей защитной функцией и улучшает качество шва, если выполняется сварка высоколегированной стали.

Благодаря использованию флюса АНФ-5 шов не будет подвержен образованию пор, трещин и прочих дефектов сварных швов. По этой причине такой флюс часто используют не только в домашней сварке, но и на крупном сварочном производстве. Кстати, вы можете использовать и другие флюсы на основе оксидов. Их свойства не будут сильно отличаться от АНФ-5.



В качестве альтернативы предлагаем использовать флюс марки АН-26. Он тоже изготовлен на основе оксидов и в его составе мало кремния, так что шов будет формироваться качественно и быстро. Но обратите внимание, что велика вероятность сильного окисления титана и алюминия, и даже хорошо подобранная проволока не поможет, кремний будет активно переходить в шов. Из-за этого наверняка могут появиться горячие трещины и поры, да и в целом шов будет хрупким. Так что используйте данный флюс на менее ответственных объектах.

Также обратите внимание флюс марки АН-292. Он изготовлен на основе высокоустойчивых оксидов и хорошо зарекомендовал себя в работе. Но нужно следить за количеством водорода, если его будет слишком много, шов может оказаться пористым после окончания сварки.

ВЫБОР ЗАЩИТНОГО ГАЗА

Также можно использовать защитный газ. Зачастую применяется гелий, аргон и углекислота. А в некоторых случаях применяется смесь из этих газов. Технология сварки высоколегированных сталей с применением защитных газов хорошо зарекомендовала себя. Но помимо газа нужно будет приобрести еще электроды. Мы рекомендуем неплавящиеся вольфрамовые. Сварку нужно проводить на постоянном токе, установив обратную полярность. Если в составе стали много алюминия, то можно варить на прямой полярности, чтобы быстрее разрушить оксидную пленку, мешающую формированию шва.

Иногда при сварке аустенитных сталей с применением защитных газов наблюдается нестабильное горение дуги. Чтобы исправить эту проблему можно смешать аргон и кислород или аргон и углекислоту. Так дуга будет гореть стабильно и шов не будет пористым.



Что касается углекислого газа, то он обладает множеством положительных свойств. Благодаря ему вероятность образования пор минимальна. А в сочетании с аргоном углекислота показывает наилучшие результаты. Так что если у вас есть возможность использовать смесь двух этих газов, то обязательно испытайте ее в своей практике.

Но есть и недостаток. При сварке в углекислоте металл разбрызгивается намного сильнее, а это ухудшает антикоррозийные свойства стали. Да и технология сварки легированных сталей с применением углекислоты связана еще с одной неприятностью — это активное формирование оксидной пленки на поверхности металла, которую тяжело удалить. И если при односторонней сварке этот недостаток не так существенен, то при сварке многослойной оксидная пленка просто не дает шву сформироваться.

В целом, применение защитных газов при сварке высокоуглеродистых сталей зарекомендовало себя, как вполне эффективное. Не нужно мучиться с подбором электродов и их покрытий, не нужно подбираться состав флюса. Ведь газ отлично защищает сварочную ванну и позволяет сформировать качественный прочный шов. Если вы, конечно, соблюдаете технологию сварки.

Практическое занятие № 9

Практическая работа № 9 Выбор оптимального способа сборки и технологии сварки конструкций из алюминиевых сплавов.

Объекты оценивания:

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ПК 1.1 Применять различные методы, способы и приёмы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять техническую подготовку производства сварных конструкций.

У 2 Выбирать рациональный способ сборки и сварки конструкций, оптимальную технологию соединения или обработки конкретной конструкции или материала;

У 5 Рассчитывать нормы расхода основных и сварочных материалов для изготовления сварочного узла или конструкции;

У 6 Читать рабочие чертежи сварочных конструкций:

Форма контроля: выполнение лабораторной работы (фронтальная форма организации работы).

Задание: Провести выбор оптимального способа сборки и технологии сварки конструкций из алюминиевых сплавов.

Условия выполнения задания:

Алюминий – удивительный металл, обладающий высокой электрической и тепловой проводимостью, обладающий малым весом, легко поддающийся литью и механической обработке, при этом достаточно прочный, стойкий к коррозии. Благодаря такому списку достоинств этот металл используется во

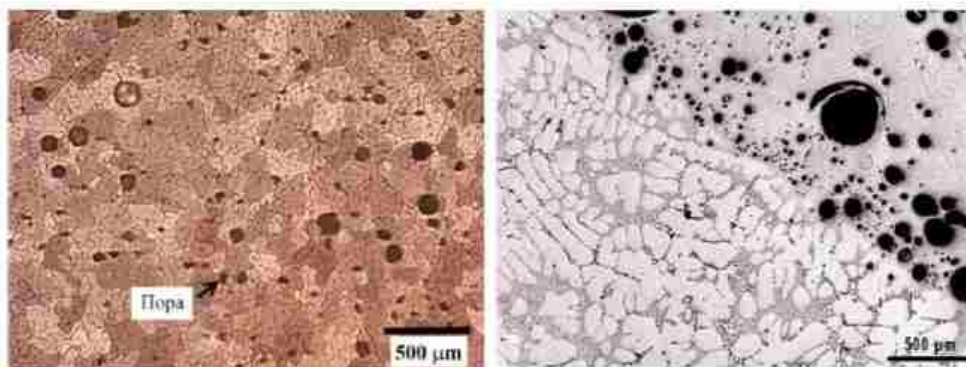
многих сферах, например в металлургии, для изготовления украшений, в пищевой промышленности, в военной сфере и многих других областях. Увы, не все так гладко, один из наиболее неприятных недостатков металла – трудная свариваемость изделий.



Особенности сварки алюминия

Все же почему алюминий так трудно варить? Существует целый ряд особенностей этого металла, которые в той или иной степени препятствуют его повторной обработке привычными техниками:

- 1.Окисная пленка. Подобный слой присутствует на множестве металлов, однако окислы алюминия обладают очень высокой температурой плавления. Если в нормальных условиях подобный сплав начинает плавиться при 560°C (некоторые сплавы по ГОСТу при 660°C), то окислы выдерживают до 2000°C и только при такой высокой температуре поддаются плавлению;
- 2.Легкая окисляемость. Металл настолько активно вступает в реакцию с воздухом, что даже капли расплавленного металла способны окислиться и препятствовать полноценному смешиванию сплава;
3. Высокая теплопроводность. Отличное свойство, которое при сварке подразумевает использование рабочих токов выше на 1.5 раза в сравнении со сталями ;
4. Высокая теплопроводность. Отличное свойство, которое при сварке подразумевает использование рабочих токов выше на 1.5 раза в сравнении со сталями ;
5. Высокая степень усадки. Приводит к тому, что при остывании обрабатываемый участок может в значительной мере деформироваться
6. Образование трещин и пор. Металл и его сплавы, имеет ряд технологических особенностей приводящих к дефектам, которых можно избежать в условиях производства и очень трудно избежать при сварке. К примеру, содержащийся водород провоцирует образование пор, что ослабляет шов.



Итого имеем металл, шву которого при сваривании чрезвычайно сложно придать хотя бы исходных характеристик металла, не говоря об их улучшении. На практике получаем, что сварной шов на алюминии всегда хуже, чем сам сплав. Плюс к описанным недостаткам добавляются еще и особенности тех или иных сплавов, которые в ряде случаев невозможно обработать без должной технической подготовки. Однако для справедливости стоит сказать, что если вам попался сплав отличающийся от ГОСТа с высоким электрическим сопротивлением, то его обработка будет немного легче.

Подготовка деталей под сварку.

Первый – химическая обработка. Прежде всего это обезжиривание растворителем. Следом идет травление, с применением щелочи в концентрированном виде. Норма вещества – 50 г/л NaOH, время воздействия до 2-х минут. После металл промывается холодной водой. Последним идет пассивирование HNO_3 , для этого на изделие воздействуют 30% раствором также в течение 2-х минут. Следом снова идет промывка холодной водой и наконец сушка. Сварка дюралюминия нередко включает предварительную химическую обработку.

2. Второй – механическая чистка. Для этого способа подходит шлифовальная машина с щеткой из стальной проволоки. После такой чистки поверхность обезжиривается растворителем или ацетоном.

Способы сварки алюминиевых сплавов

Варить алюминий и его сплавы можно различными методами, среди которых самыми распространенными являются следующие:

Аргонодуговая сварка неплавящимся электродом (TIG-сварка);

Полуавтоматическая в среде инертного газа аргона (MIG -сварка);

Ручная дуговая с использованием специальных плавящихся электродов с защитным покрытием; Контактная;

Плазменная ;

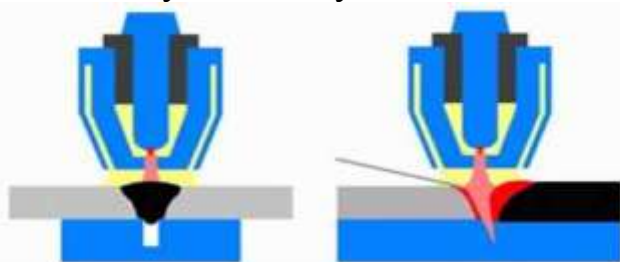
Газовая.

Разнообразие методов и технологий позволяет сделать оптимальный выбор техники и режимов сварки, которые определяются размерами заготовок, маркой сплава, толщиной изделий, пространственным положением деталей,

типов швов и других факторов. Сварка в среде аргона является самым востребованным методом в соединении этого металла. Процесс сварки с помощью электродов по алюминию имеет много нюансов, и его использование оправдано в редких случаях. Проблемы использования дуговых технологий связаны они с некоторыми ограничениями использования электрической дуги и особенностями алюминия. Среди них можно отметить: низкая производительность при сварке толстого металла; высокие требования к подготовке основного и присадочного материала; повышенная дефектность сварных швов. Образование горячих трещин, включений оксидной пленки. характеристики сварочного шва уступают по прочности основному металлу. трудоемкость изготовления объемных конструкций, где предполагается сварка в различных пространственных положениях. Если какие-либо из этих пунктов вызывают определенные неудобства или недостаточное качество сварочного шва, возможно применение иных технологий, о которых мы поговорим ниже.

Плазменная сварка алюминия

Первый способ сваривания, который помогает обходить или игнорировать большую часть недостатков алюминиевых сплавов – плазменная сварка алюминия. Существует два вида данной технологии – автоматическая и ручная. Автоматическая сварка с подачей присадочной проволоки проводится для изделий толщиной до 8 мм, в некоторых случаях использование высокотехнологичных современных устройств позволяет увеличить толщину до 16 мм. Плазма позволяет сваривать изделие при температуре 30 тысяч градусов Цельсия, позволяя избежать окислов, трещин и других дефектов. С другой стороны металл может подвергаться перегреву, именно поэтому используются специальные теплоотводящие пластины.



Из недостатков стоит отметить наличие канавки в месте шва, которая в ряде случаев убирается путем наплавки. Необходимость избавиться от канавки может быть вызвана эстетическими соображениями, тогда накладывается простой валик. С другой стороны данный дефект удаляется для ответственных конструкций, где подобная особенность является изъяном в прочности конструкции. Ручная плазменная сварка эффективно используется для изготовления конструкций из алюминиевых сплавов, а также для ремонта ряда изделий бытового назначения и механизмов и устройств небольших промышленных объектов. Качество работ и область применения полученной технологии напрямую зависит от выбранного аппарата.



Аппарат для сварки алюминия или плазмотрон из премиум категории способен обработать изделия толщиной до 16 мм. Не менее важным является и другие технологические особенности, вроде предварительной подготовки металла, соответствия электросети сварочному аппарату и так далее. Но при должном подходе на выходе получаем изделие с бездефектными швами, качества которых не уступает основному металлу.

Практическое занятие № 10

Практическая работа № 10 Выбор оптимального способа сборки и технологии сварки конструкций из титана и его сплавов.

Объекты оценивания:

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ПК 1.1 Применять различные методы, способы и приёмы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять техническую подготовку производства сварных конструкций.

У 2 Выбирать рациональный способ сборки и сварки конструкций, оптимальную технологию соединения или обработки конкретной конструкции или материала;

У 5 Рассчитывать нормы расхода основных и сварочных материалов для изготовления сварочного узла или конструкции;

У 6 Читать рабочие чертежи сварочных конструкций:

Форма контроля: выполнение лабораторной работы (фронтальная форма организации работы).

Задание: Провести определение и выбор оптимального способа сборки и технологии сварки конструкций из титана и его сплавов.

Условия выполнения задания:

Титан – это нержавеющий металл, сплавы которого активно применяются в различных отраслях промышленности. При воздействии температур до 500°C металл сохраняет прочность, а температура плавления его сплавов находится в диапазоне 1470-1825°C градусов. Этот металл обладает высокой коррозионной устойчивостью к воздействию воды и агрессивных сред.



В промышленности в основном используются различные сплавы титана с марганцем, хромом и молибденом. Для придания пластичных свойств в титан добавляется алюминий, хром, цирконий и другие элементы.

Плотность титановых сплавов в среднем составляет 4500 кг/м³, что на 40% меньше плотности стали. Таким образом, применение этого металла позволяет облегчить ответственные конструкции.

Существуют две фазы состояния кристаллической решетки титана:

1. Фаза α – при температуре окружающей среды. Структура металла в этой фазе мелкозернистая, не изменяющаяся при плавном перепаде температур. Сплавы такой фазы (группы ВТ-1 — ВТ5.1) обладают пластичностью, хорошо свариваются, но не поддаются термообработке.

2. Фаза β – металл при температуре выше 880°C. Увеличивается размер зерен, появляются поры, повышается чувствительность к скорости охлаждения. У сплавов, выполненных на основе этой фазы (группы ВТ15 — ВТ22), ухудшенные показатели свариваемости и пластичности, но их можно подвергать термообработке для повышения прочности.

Существуют также промежуточные сплавы ВТ-4 – ВТ8, которые изготавливаются для



Стандарт ГОСТ Р ИСО 5817-2009 регламентирует требования к выбору определенной технологии соединения металлов, контроль качества и допустимый уровень отклонений от заданных параметров.конкретных технологических потребностей.

Предварительная подготовка металла

Титан легко вступает в химические реакции газами, содержащимися в воздухе (H_2 , O_2 , N_2), а образующиеся соединения ухудшают его характеристики. Когда титан нагревается свыше $400^{\circ}C$, происходит образование оксидно-нитридной пленке на его поверхности. Для предотвращения появления этой пленки должна быть обеспечена защита от воздуха всей поверхности в зоне сварочных работ, которая подвергается нагреву до этой температуры.

Перед началом сварки поверхность кромок обрабатывается с целью устранения масло-жировых отложений:

- В условиях мастерской очистка производится ацетоном или техническим спиртом.
- При промышленной сварке проводится травление металла водным раствором соляной кислоты, в который добавлен фторид натрия. Процедура выполняется в не более 10 минут при температуре около $60^{\circ}C$.
- Кромки и примыкающая к сварному шву поверхность очищаются при помощи металлической щетки, наждачной бумаги, шиберов или зачистных кругов на УШМ.

В таблице ниже представлены варианты обработки кромок соединяемых деталей.

Таблица. Формы и размеры разделки кромок титана					
Толщина стенки, мм	Форма разделки кромок	Число прохода	Размеры разделки кромок		
			Зазор в вершине разделки b , мм	Притупле- ние кромки d , мм	Угол θ , градусов
0.5		1	—	0.5	—
		1	—	—	—
0.8		1	—	0.8	—
		1	—	—	—
1.5		1	—	1	—
		1	—	1.5	—
3.0		2	—	1.5	45~60
		1	—	3	
5.0		3	0~2	1.5	45~90
		2	—	5	
10.0		Лицев. сторона 2 Обрат. сторона 2	0~2	1.5	60~90

Технологии

Сплавы титана могут соединяться несколькими способами, выбор которых зависит от назначения свариваемого соединения, сложности и стоимости работы. Оптимальная скорость сварки равна 12-15 см в минуту, поскольку при данной скорости шов имеет наилучшую прочность.

Для защиты внутренней части шва применяются накладки с пазами для подачи отверстиями для выхода защитного газа, которые выполняются из меди или стали. При сварке титановых труб требуется закачать газ внутри трубопровода.

Дуговая сварка в среде инертных газов

Для вытеснения воздуха из области сварного соединения применяется аргон или аргоно-гелиевая смесь. Газ поступает на сварочный шов через насадки,

установленные на горелке, которые концентрируют направление газового потока и уменьшают площадь нагрева поверхности.

Для сварочных работ применяются герметичные камеры, в которые закачивается газ. Камеры могут быть разного размера, от небольших накладок, примыкающих непосредственно к месту сварки, до помещений объемом 300-350 м³, в которых свариваются большие конструкции (детали ракет и космических кораблей, глубоководных аппаратов). Из таких герметичных ангаров откачивают воздух, их заполняют аргоном, а сварщики работают в скафандрах.

Для соединения труб используются специальные фартуки, загнутые по диаметру трубы. Такие приспособления прижимаются к трубе, обеспечивая герметичность во время работы.

Для сварочных работ применяется плавящийся либо неплавящийся электрод, изготовленный из вольфрама. Для упрочнения шва применяются различные присадки в виде прутков из титановой проволоки. При использовании присадок требуется, чтобы они не выступали за край газового защитного облака, поскольку это приводит к окислению шва.

Табл. Режимы Аргонодуговой сварки титана											
Толщина стали, мм	Число проходов	Размеры разделки кромок			Диаметр электрода, мм	Средний ток, А	Диаметр присадочной проволоки, мм	Расход аргона, л/мин			Диаметр шва, мм
		Дуга в кромке разделки А, мм	Передняя кромка А, мм	Угол β, град				Горелка	Вспомогательный ш	Общая сторона	
0.5	1	—	0.5	—	0.8	20—30	0.8	6—8	15—18	20—30	6.4
	1	—	—	—	0.8	25—35	—	8—12	15—18	20—30	*
0.8	1	—	0.8	—	0.8	30—40	0.8	8—12	16—20	20—30	8.0
	1	—	—	—	1.2	30—40	—	8—12	16—18	20—30	*
1.5	1	—	1	—	1.6	50—60	1.6	11—15	20—25	20—35	9.6
	1	—	1.5	—	1.6	50—60	1.6	11—15	20—25	20—35	*
3.0	2	—	1.5	45—60	2.4	70—100	2.4	11—15	25—35	30—40	*
	1	—	3	—	2.4	90—120	2.4	11—15	25—35	30—40	*
5.0	3	0—2	1.5	45—90	3.2	100—130	2.4	12—16	25—35	30—40	*
	2	—	5	—	3.2	110—140	2.4	12—16	25—35	30—40	*
10.0	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0—2	1.5	60—90	3.2	120—150	2.4	12—16	25—35	30—40	*

Ручная дуговая

Ручной вид сварки применяется в мелкосерийном производстве, в условиях мастерских, для выполнения работ высокой сложности.

Газовое облако образуется за счет горения флюсов — порошков, которыми посыпается сварной шов. Флюс позволяет предотвратить увеличение зернистости металла.

Сварка титановых сплавов выполняется с помощью бескислородных флюсов на основе фтора. Выбор марки присадки зависит от толщины металла:

- АН-11 – при толщине до 2 мм;
- АНТ-1,3 – для толщины от 2 до 8 мм;
- АНТ-7 – для более толстого металла.

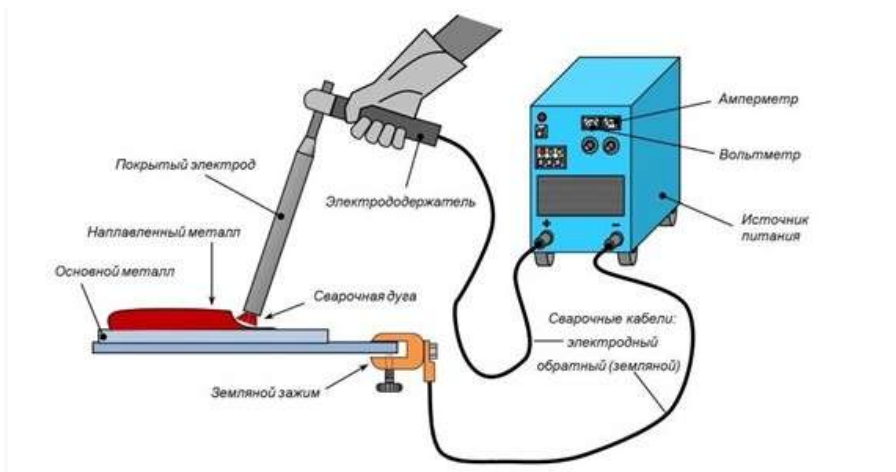


Для качественной сварки требуется выполнить ряд требований:

- Длина дуги должна быть минимальна.
- Сила тока дуги зависит от толщины металла: до 2 мм – требуется ток силой 90А, 3-4мм – 130А, 6-10мм – от 150 до 200А.
- Электрический ток должен быть постоянным, обратной полярности.
- Напряжение при сварке титана любой толщины равно 10-15 В.
- Требуется избегать колебаний присадки и электродов.
- Электрод наклоняется в сторону, обратную направлению шва.
- Подача присадки и газа в шов осуществляется непрерывно, при этом газ должен подаваться в течении 1-2 минут после прекращения сварки. Это позволяет обеспечить процесс равномерного охлаждения.

Для сварки на ручном аппарате применяются вольфрамовые электроды диаметром 2-5 мм, которые могут быть как плавящимися, так и неплавящимися. Для полуавтоматов применяется сварочная титановая проволока диаметром 1,2-2 мм.

Данный вид сварки имеет свои особенности, влияющие на технологический процесс. Такой способ проводится быстрее, чем сварка в защитной среде, но это приводит к снижению прочности сварного шва. Поэтому, чтобы снизить тепловые потери, при данном способе допускается не выполнять механическую зачистку и фрезерование кромок соединения.



Цвет шва позволяет определить его качество: качественный шов обладает желтым оттенком, а шов, подвергшийся окислению – серо-черного цвета с синими оттенками.

Титан с помощью аргонодуговой сварки может соединяться со сталью. В этом случае применяются соединительные вставки из тантала или бронзы, либо из бронзы и ниобия. При нагреве такие вставки обеспечивают пластичность шву за счет проникновения в структуру обоих металлов. Температурный режим и материалы подбираются таким образом, чтобы избежать образования хрупких соединений FeTi и Fe_2Ti .

Практическая работа № 11

Практическая работа № 11 Выбор вида и параметров режима термической обработки сварных конструкций из чугуна.

Объекты оценивания:

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ПК 1.1 Применять различные методы, способы и приёмы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять техническую подготовку производства сварных конструкций.

У 2 Выбирать рациональный способ сборки и сварки конструкций, оптимальную технологию соединения или обработки конкретной конструкции или материала;

У 5 Рассчитывать нормы расхода основных и сварочных материалов для изготовления сварочного узла или конструкции;

У 6 Читать рабочие чертежи сварочных конструкций:

Форма контроля: выполнение лабораторной работы (фронтальная форма организации работы).

Задание: Провести выбор вида и параметров режима термической обработки сварных конструкций из чугуна.

Условия выполнения задания:

В машиностроении применяют отливки из серого, ковкого и высокопрочного чугуна. Эти чугуны отличаются от белого чугуна тем, что у них весь углерод или большая его часть находится в свободном состоянии в виде графита (а у белого чугуна весь углерод находится в виде цементита).

Структура указанных чугунов состоит из металлической основы аналогично стали (перлит, феррит) и неметаллических включений — графита.

Серый, ковкий и высокопрочный чугуны отличаются друг от друга в основном формой графитовых включений. Это и определяет различие механических свойств указанных чугунов.

У **серого чугуна** графит (при рассмотрении под микроскопом) имеет форму пластинок.

Графит обладает низкими механическими свойствами. Он нарушает сплошность металлической основы и действует как надрез или мелкая трещина. Чем крупнее и прямолинейнее формы графитовых включений, тем хуже механические свойства серого чугуна.

Основное отличие **высокопрочного чугуна** заключается в том, что графит в нем имеет шаровидную (округленную) форму. Такая форма графита лучше пластинчатой, так как при этом значительно меньше нарушается сплошность металлической основы.

Ковкий чугун получают длительным отжигом отливок из белого чугуна, в результате которого образуется графит хлопьевидной формы — углерод отжига.

Механические свойства рассматриваемых чугунов можно улучшить термической обработкой. При этом необходимо помнить, что в чугунах создаются значительные внутренние напряжения, поэтому нагревать чугунные отливки при термической обработке следует медленно, чтобы избежать образования трещин.

Отливки из чугуна подвергают следующим видам термической обработки.

Низкотемпературный отжиг. Чтобы снять внутренние напряжения и стабилизировать размеры чугунных отливок из серого чугуна, применяют естественное старение или низкотемпературный отжиг.

Более старым способом является **естественное старение**, при котором отливка после полного охлаждения претерпевает длительное вылеживание — от 3—5 месяцев до нескольких лет. Естественное старение применяют в том случае, когда нет требуемого оборудования для отжига. Этот способ в настоящее время почти не применяют; производят главным образом низкотемпературный отжиг. Для этого отливки после полного затвердевания укладывают в холодную печь (или печь с температурой 100—200° С) и вместе с ней медленно, со скоростью 75—100° С в час нагревают до 500—550° С, при этой температуре их выдерживают 2—5 часов и охлаждают до 200° С со скоростью 30—50° в час, а затем на воздухе.

Графитизирующий отжиг.

При отливке изделий возможен частичный отбел серого чугуна с поверхности или даже по всему сечению. Чтобы устранить отбел и улучшить обрабатываемость чугуна, производится высокотемпературный графитизирующий отжиг с выдержкой при температуре 900—950° С в течение 1—4 часов и охлаждением изделий до 250—300° С вместе с печью, а затем на воздухе. При таком отжиге в отбеленных участках цементит Fe_3C распадается на феррит и графит, вследствие чего белый или половинчатый чугун переходит в серый.

Нормализация.

Нормализации подвергают отливки простой формы и небольших сечений. Нормализация проводится при $850\text{—}900^\circ\text{C}$ с выдержкой 1—3 часа и последующим охлаждением отливок на воздухе. При таком нагреве часть углерода-графита растворяется в аустените; после охлаждения на воздухе металлическая основа получает структуру трооститовидного перлита с более высокой твердостью и лучшей сопротивляемостью износу. Для серого чугуна нормализацию применяют сравнительно редко, более широко применяют закалку с отпуском.

Закалка.

Повысить прочность серого чугуна можно его закалкой. Она производится с нагревом до $850\text{—}900^\circ\text{C}$ и охлаждением в воде. Закалке можно подвергать как перлитные, так и ферритные чугуны. Твердость чугуна после закалки достигает HB 450—500. В структуре закаленного чугуна имеются мартенсит со значительным количеством остаточного аустенита и выделения графита. Эффективным методом повышения прочности и износоустойчивости серого чугуна является изотермическая закалка, которая производится аналогично закалке стали.

Высокопрочные чугуны с шаровидным графитом можно подвергать пламенной или высокочастотной поверхностной закалке. Чугунные детали после такой обработки имеют высокую поверхностную твердость, вязкую сердцевину и хорошо сопротивляются ударным нагрузкам и истиранию.

Легированные серые чугуны и высокопрочные магниевые чугуны иногда подвергают азотированию. Поверхностная твердость азотированных чугунных изделий достигает HV600—800° C; такие детали имеют высокую износоустойчивость. Хорошие результаты дает сульфидирование чугуна; так, например, сульфидированные поршневые кольца быстро прирабатываются, хорошо сопротивляются истиранию, и срок их службы повышается в несколько раз.

Отпуск.

Чтобы снять закалочные напряжения, после закалки производят отпуск. Детали, предназначенные для работы на истирание, проходят низкий отпуск при температуре $200\text{—}250^\circ\text{C}$. Чугунные отливки, не работающие на истирание, подвергаются высокому отпуску при $500\text{—}600^\circ\text{C}$. При отпуске закаленных чугунов твердость понижается значительно меньше, чем при отпуске стали. Это объясняется тем, что в структуре закаленного чугуна большое количество остаточного аустенита, а также тем, что в нем содержится большое количество кремния, который повышает отпускоустойчивость мартенсита.

Для отжига на ковкий чугун применяют белый чугун примерно следующего химического состава: 2,5—3,2% С; 0,6—0,9% Si; 0,3—0,4% Mn; 0,1—0,2% Р и 0,06—0,1% S.

Существуют два способа отжига на ковкий чугун:

графитизирующий отжиг в нейтральной среде, основанный на разложении цементита на феррит и углерод отжига;

обезуглероживающий отжиг в окислительной среде, основанный на выжигании углерода.

Отжиг на ковкий чугун по второму способу занимает 5—6 суток, поэтому в настоящее время ковкий чугун получают главным образом графитизацией. Отливки, очищенные от песка и литников, упаковывают в металлические ящики либо укладывают на поддоне, а затем подвергают отжигу в методических, камерных и других отжигательных печах.

Процесс отжига состоит из двух стадий графитизации. Первая стадия заключается в равномерном нагреве отливок до 950—1000° С с выдержкой 10—25 часов; затем температуру понижают до 750—720° С при скорости охлаждения 70—100° С в час. На второй стадии при температуре 750—720° С дается выдержка 15—30 часов, затем отливки охлаждаются вместе с печью до 500—400° С и при этой температуре извлекаются на воздух, где охлаждаются с произвольной скоростью. При таком ступенчатом отжиге в области температур 950—1000° С идет распад (графитизация) цементита. В результате отжига по такому режиму структура ковкого чугуна представляет собой зерна феррита с включениями гнезд углерода отжига графита.

Перлитный ковкий чугун получается в результате неполного отжига: после графитизации при 950—1000° С чугун охлаждается вместе с печью. Структура перлитного ковкого чугуна состоит из перлита и углерода отжига. Чтобы повысить вязкость, перлитный ковкий чугун подвергают сфероидизации при температуре 700—750° С, что создает структуру зернистого перлита.

Чтобы ускорить процесс отжига на ковкий чугун, изделия из белого чугуна подвергают закалке, затем проводят графитизацию при 1000—1100° С. Ускорение графитизации закаленных чугунов при отжиге объясняется наличием большого количества центров графитизации, образовавшихся при закалке. Это дает возможность сократить время отжига закаленных отливок до 15—7 часов.

Термическая обработка ковкого чугуна.

Чтобы повысить прочность и износостойчивость, ковкие чугуны подвергают нормализации или закалке с отпуском. Нормализация ковкого чугуна производится при 850—900° С с выдержкой при этой температуре 1—1,5 часа и охлаждением на воздухе. Если заготовки имеют повышенную твердость, их следует подвергать высокому отпуску при 650—680° С с выдержкой 1—2 часа.

Иногда ковкий чугун подвергают закалке, чтобы получить более высокую прочность и износоустойчивость за счет снижения пластичности. Температура нагрева под закалку, та же, что и при нормализации; охлаждение в воде или масле, а отпуск — в зависимости от требуемой твердости, обычно при температуре 650—680° С. Быстрое охлаждение может производиться непосредственно после первой стадии графитизации при достижении температуры 850—880° С с последующим высоким отпуском. Для ковкого чугуна применяют закалку токами высокой частоты или кислородо-ацетиленовым пламенем; при этом может быть достигнута высокая твердость поверхностного слоя при достаточной пластичности основной массы. Метод такой закалки тормозных колодок из ферритного ковкого чугуна заключается в нагреве деталей токами высокой частоты до 1000—1100° С с выдержкой 1—2 минуты и последующим быстрым охлаждением.

Структура закаленного слоя состоит из мартенсита и углерода отжига HRC56—60.

Ковкий чугун по сравнению со сталью более дешевый материал; он обладает хорошими механическими свойствами и высокой коррозионной стойкостью (таблица). Поэтому детали из ковкого чугуна широко применяются в сельскохозяйственном машиностроении, автотракторной промышленности, станкостроении (для изготовления зубчатых колес, звеньев цепей, задних мостов, кронштейнов, тормозных колодок и пр.) и в других отраслях народного хозяйства.

Таблица

Механические свойства отливок из ковкого чугуна

Группы чугуна	Марка чугуна	Механические свойства		
		σ_b кГ/мм ² [Мн/мм ²] не менее	δ % (образец диаметром 16 мм), не менее	твердость HB
Ферритные (черносердечные) чугуны	КЧ 37—12	37 [370]	12	149
	КЧ 35-10	35 [350]	10	149
	КЧ 33-8	33 [330]	8	149
	КЧ 30-6	30 [300]	6	163
Перлитные (белосердечные) чугуны	КЧ 40—3	40 [400]	3	201
	КЧ 35—4	35 [350]	4	201
	КЧ 30—3	30 [300]	3	201

Примечание. КЧ - означает ковкий чугун, первые две цифры — предел прочности при растяжении, вторые — относительное удлинение.

Практическая работа № 12

Практическая работа № 12 Выбор вида и режимов сварки двутавровых балок. Выбор сборочно-сварочных приспособлений для сборки и сварки двутавровых балок.

Объекты оценивания:

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ПК 1.1 Применять различные методы, способы и приёмы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять техническую подготовку производства сварных конструкций.

У 2 Выбирать рациональный способ сборки и сварки конструкций, оптимальную технологию соединения или обработки конкретной конструкции или материала;

У 5 Рассчитывать нормы расхода основных и сварочных материалов для изготовления сварочного узла или конструкции;

У 6 Читать рабочие чертежи сварочных конструкций:

Форма контроля: выполнение лабораторной работы (фронтальная форма организации работы).

Задание: Провести выбор вида и режимов сварки двутавровых балок.

Выбор сборочно-сварочных приспособлений для сборки и сварки двутавровых балок.

Условия выполнения задания:

Обычно сварной двутавр состоит из трех основных листовых элементов: стенки и двух полок. Сборка балки (рисунок 1) должна обеспечить симметрию и взаимную перпендикулярность полок и стенки, прижатие их друг к другу и закрепление прихватками.

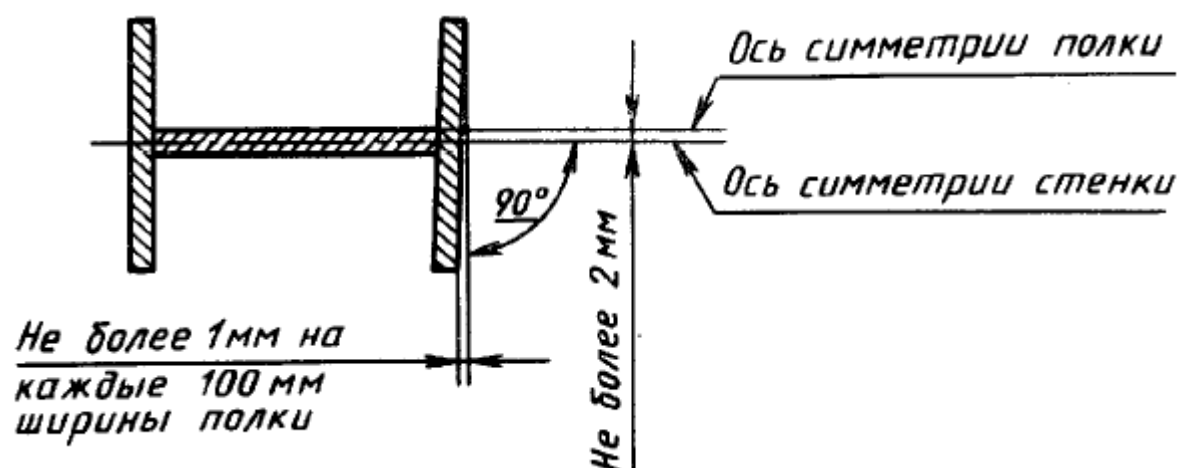


Рисунок 1 – Допуски на сборку двутавровой балки

При использовании сборочных кондукторов (рисунок 2) это достигается соответствующим расположением баз и прижимов по всей длине балки с последующей постановкой прихваток.

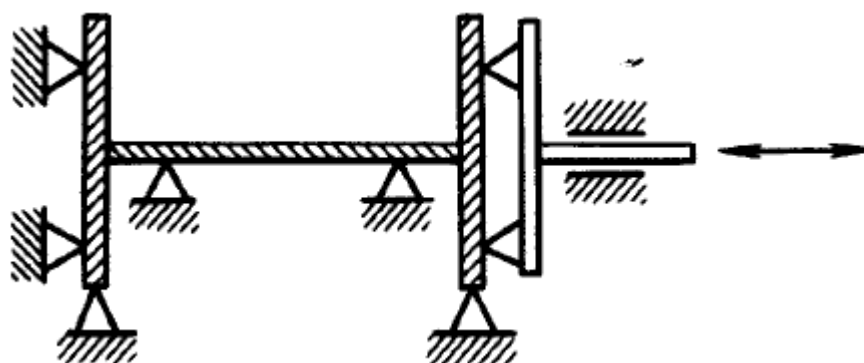


Рисунок 2 – Схема кондуктора для сборки двутавровых балок

На установках с самоходным порталом (рисунок 3) зажатие и прихватку осуществляют последовательно от сечения к сечению.

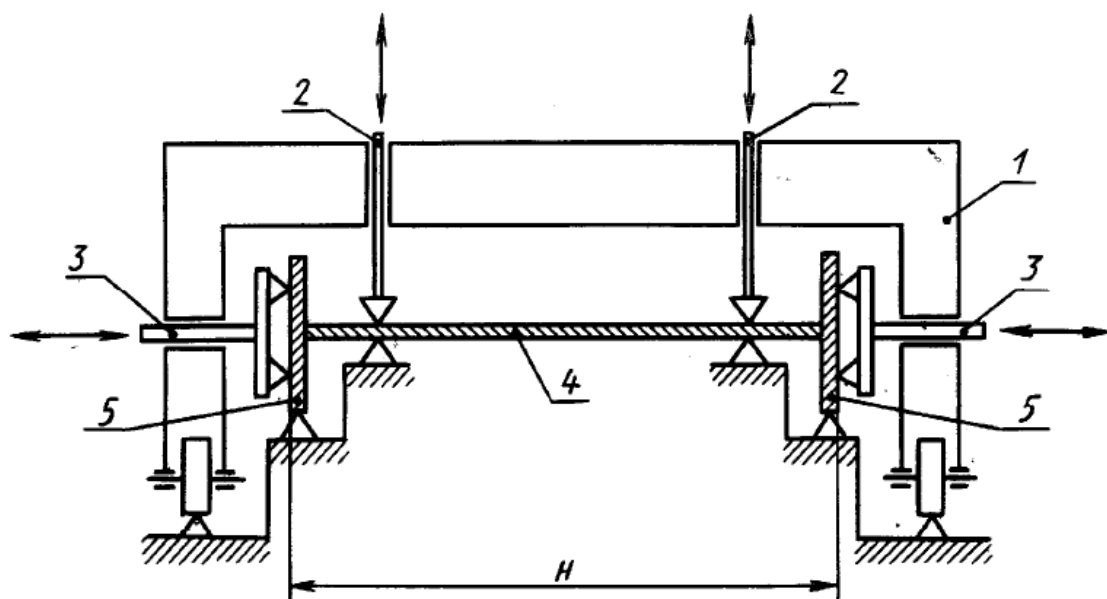


Рисунок 3 – Схема самоходного портала для сборки двутавровых балок

Для этого портал 1 подводят к месту начала сборки (обычно это середина балки), включением вертикальных 2 и горизонтальных 3 пневмоприжимов прижимают лист стенки 4 к стеллажу, а пояса 5 – к стенке балки, после чего в собранном сечении ставят прихватки. Затем прижимы выключают, портал перемещают вдоль балки на шаг прихватки, и операция повторяется. Наличие у портала вертикальных прижимов позволяет собирать балки значительной высоты H , не опасаясь потери устойчивости стенки от усилий горизонтальных прижимов.

На рисунке 4 показан универсальный сборочный кондуктор для сборки балок.

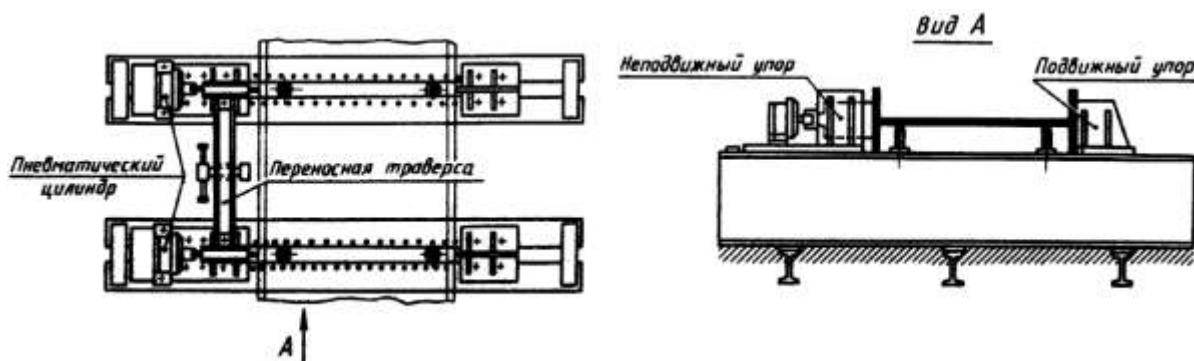


Рисунок 4 – Универсальный сборочный кондуктор с пневматическими прижимами

Сборочное устройство с самоходным порталом показано на рисунке 5.

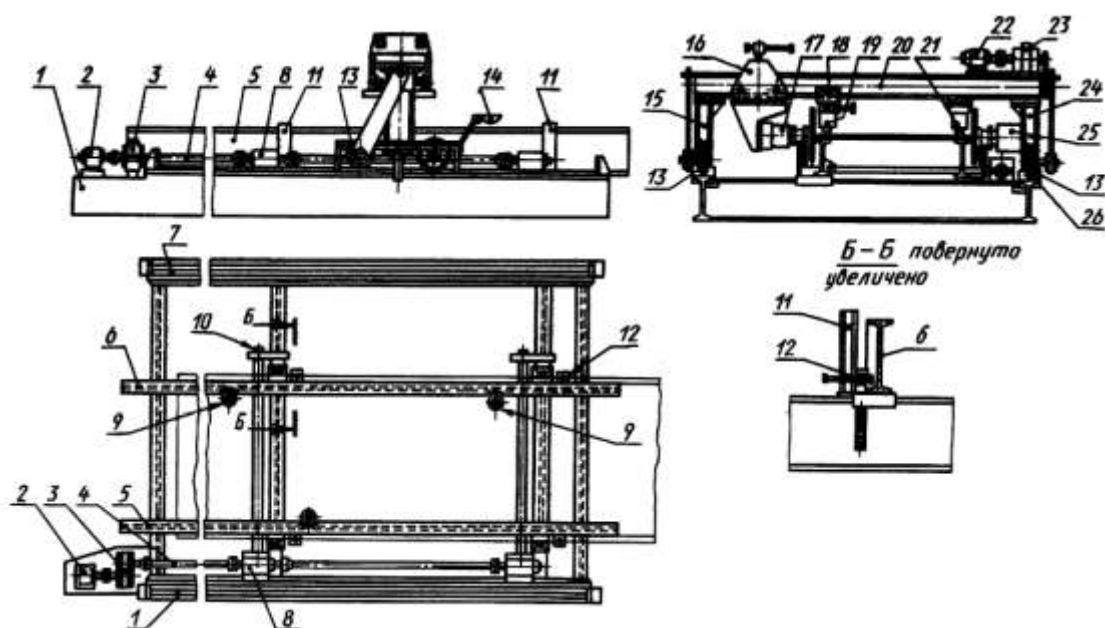


Рисунок 5 – Установка для сборки двутавровых балок с самоходным сборочным порталом

На жесткой раме 1 смонтированы две продольные балки 5 и 6, из которых одна балка 5 закреплена неподвижно, а другая 6 может перемещаться поперек рамы. Настройка такой установки на определенную высоту собираемой балки осуществляется перемещением продольной балки 6 с помощью винтов 10, приводимых во вращение электродвигателем 2 через редукторы 3 и 8 и вал 4. Сборочный портал состоит из ригеля 20 и ног 15 и 24 и имеет два неподвижных пневматических прижима 21 и 25 и два подвижных прижима 17 и 19, установленных на тележках 16 и 18, закрепляемых винтами. Перемещение портала по рельсам 7 осуществляется с помощью приводных колес 13 от электродвигателя 22 через редуктор 23 и цепную передачу. Захваты 26 устраняют опасность подъема портала при включении вертикальных прижимов. Элемент стенки укладывают на балки 5 и 6 полки на поддерживающие винты 12, их установке помогают стойки 11. Сборщик садится на сиденье 14 и подводит портал к месту начала сборки.

Вертикальными прижимами лист вертикальной стенки прижимается к раме установки, горизонтальными прижимами к кромке вертикальной стенки прижимаются пояса, и в собранном сечении ставят прихватки. Затем прижимы выключаются, портал перемещают на 500 ... 700 мм, и операция повторяется. После окончания сборки портал отводят в крайнее положение и пневматическими толкателями 9 собранную балку поднимают над рамой установки. При сборке балок большой высоты (например, при сборке элементов мостовых пролетных строений) может использоваться подобная сборочная установка, но с большим (см.

ударение на О!) числом вертикальных пневматических прижимов (рисунок 6).

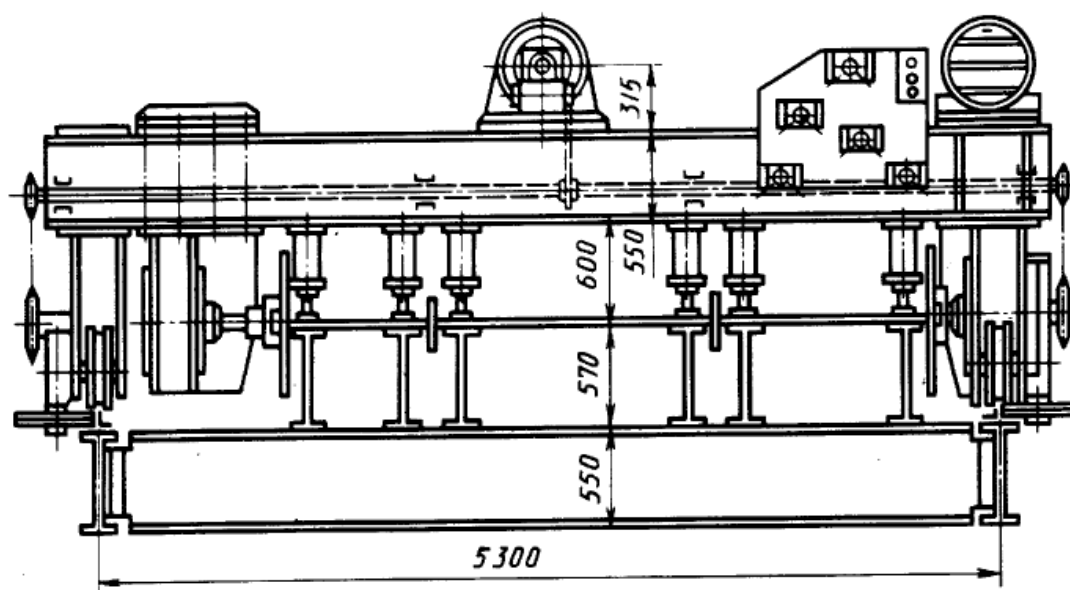


Рисунок 6 – Механизированный универсальный сборочный кондуктор

В неподвижных кондукторах прихватки обычно ставят только с одной стороны балки (рисунок 7, а).

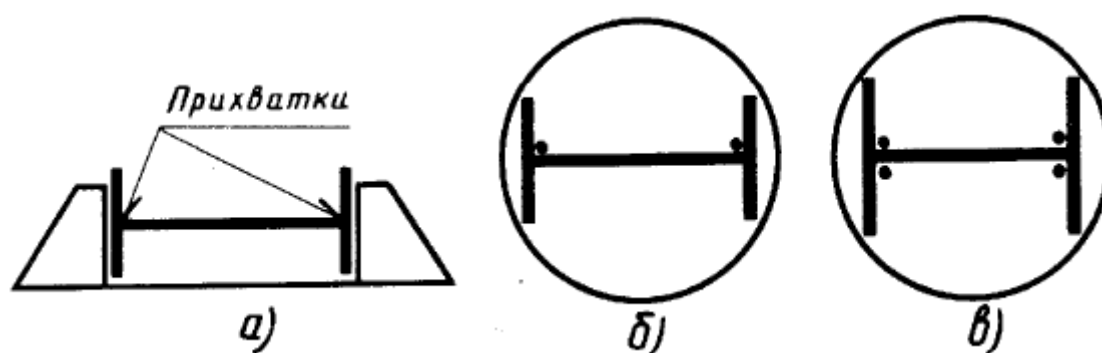


Рисунок 7 – Положение двутавровых элементов в кондукторе

Сборочные поворотные кондукторы сложны, зато в них после поворота можно производить прихватку и с другой стороны (рисунок 7, б, в).

При изготовлении двутавровых балок основной сварочной операцией является выполнение поясных швов, свариваемых обычно автоматами под слоем флюса.

Приемы и последовательность наложения швов могут быть различными. Приемы сварки наклоненным электродом (рисунок 8, а, б) позволяют одновременно сваривать два шва, однако имеется опасность возникновения подреза стенки или полки.

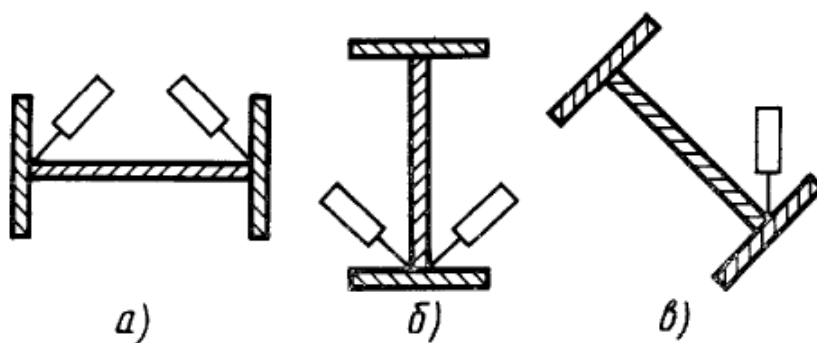


Рисунок 8 – Способы укладки швов

Выполнение швов "в лодочку" (рисунок 8, в) обеспечивает лучшие условия их формирования и проплавления, но поворачивать изделие приходится после сварки каждого шва.

Для поворота используют позиционеры и кантователи.

В некоторых случаях для сварки балок удобны кантователи с кольцами (рисунок 9).

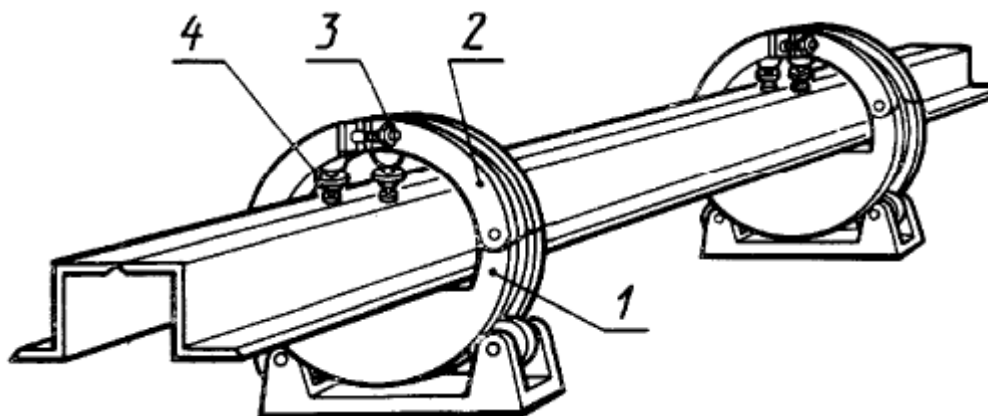


Рисунок 9 – Кантователь с кольцами

Собранная балка укладывается на нижнюю часть 1 кольца, откидная часть 2 замыкается с помощью откидных болтов 3, и балка закрепляется системой зажимов 4. В том случае, если длина балки велика и необходимо предотвратить ее прогиб, можно между опорами расположить опорные разъемные кольца.

На рисунке 10 показан универсальный кантователь такого типа.

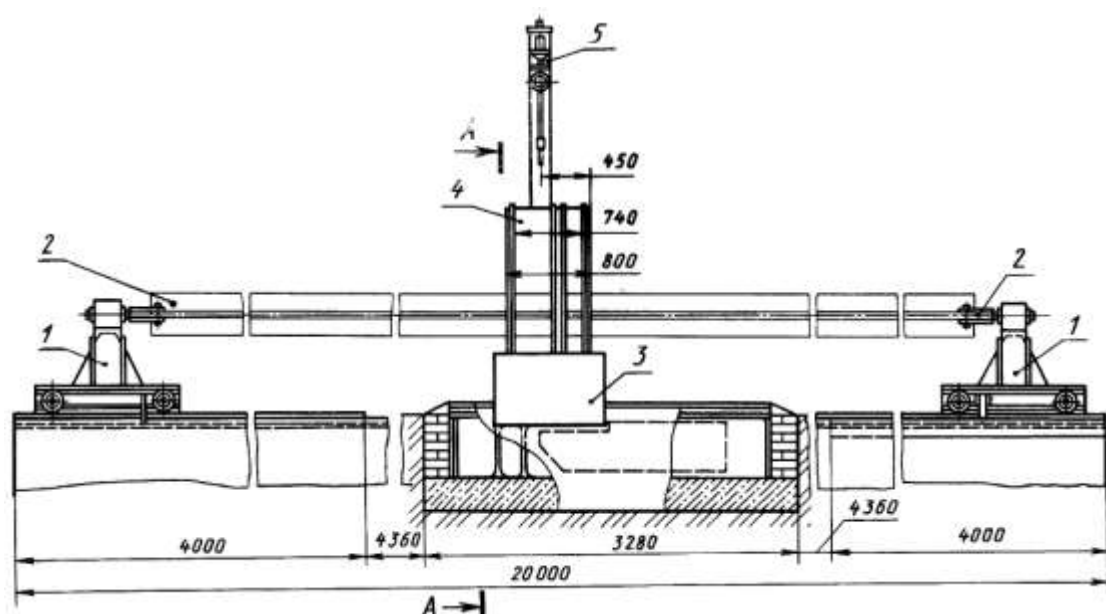
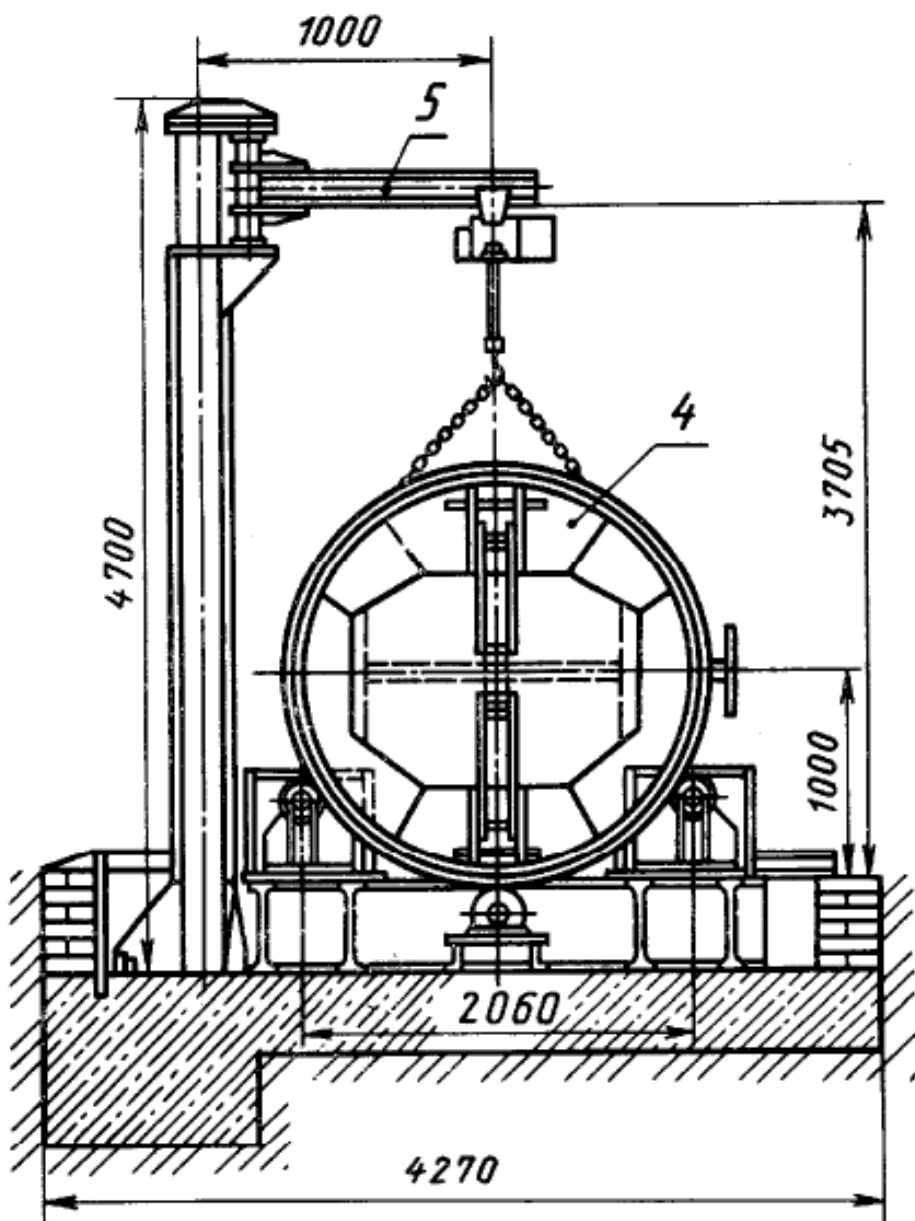


Рисунок 10 –
Универсальный
кантователь: 1 –
подвижная опора; 2 –
зажим; 3 –
приводной
механизм; 4 –
поворотная шайба;
5 – консольный
кран



Для сварки балок малой жесткости используют кантователь (рисунок 11) с жесткой рамой 1, опирающейся на две неподвижные опоры 2 с помощью цапф 3.

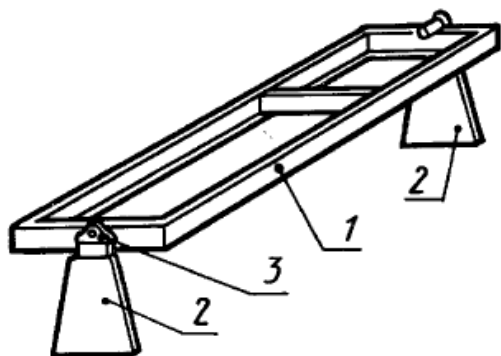


Рисунок 11 – Схема кантователя с жесткой рамой

Цепной кантователь (рисунок 12) состоит из нескольких фасонных рам 5, на каждой из которых смонтированы две цепные звездочки (холостая 1 и ведущая 4) и натяжная звездочка 6.

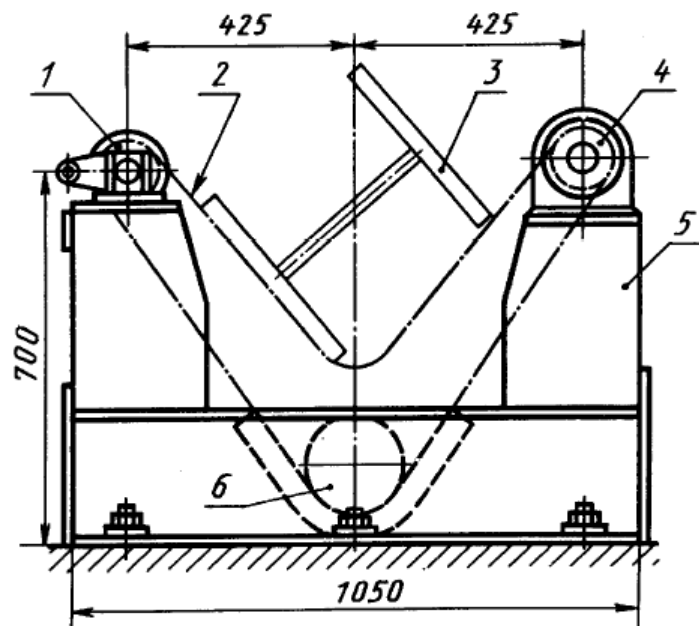


Рисунок 12 – Цепной кантователь

Свариваемую балку 3 укладывают на провисающую цепь 2. Ведущие звездочки 4 и 6 имеют общий приводной вал 1 и обеспечивают поворот балки в требуемое положение.

При сварке двутавровых балок значительной высоты иногда используют простейшие приспособления (рисунок 13), являющиеся составной частью сборочного стеллажа.

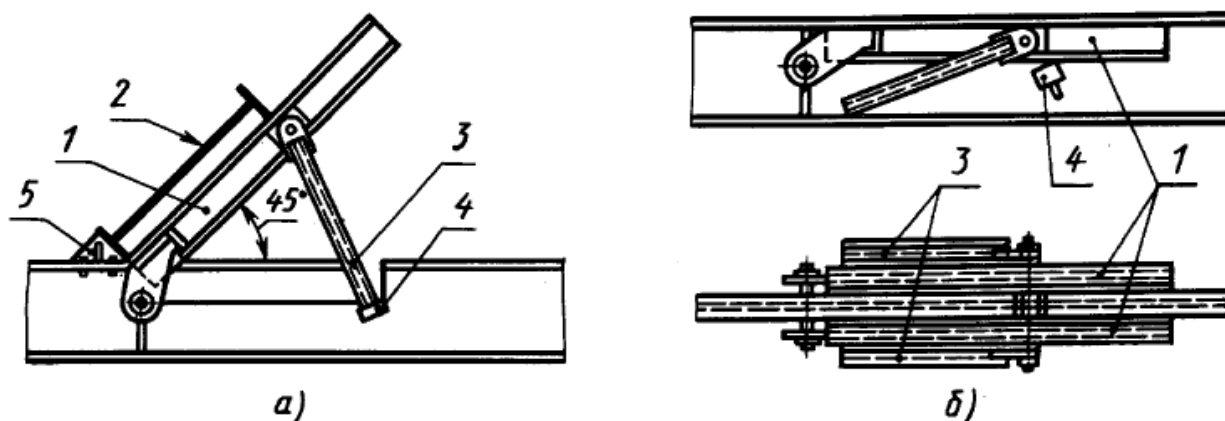


Рисунок 13 – Устройство для установки балок под сварку

В рабочем положении балка 2 (рисунок 13, а) опирается на съемный упор 5 и поддерживается подставкой 1 с помощью стойки 3 и гнезда 4. Нерабочее положение устройства показано на рисунке 13, б.

Более целесообразны полуповоротные кондукторы (рисунок 14) с перекатными порталами для поджатия горизонтальных листов, обеспечивающие послесборку сварку двух поясных швов.

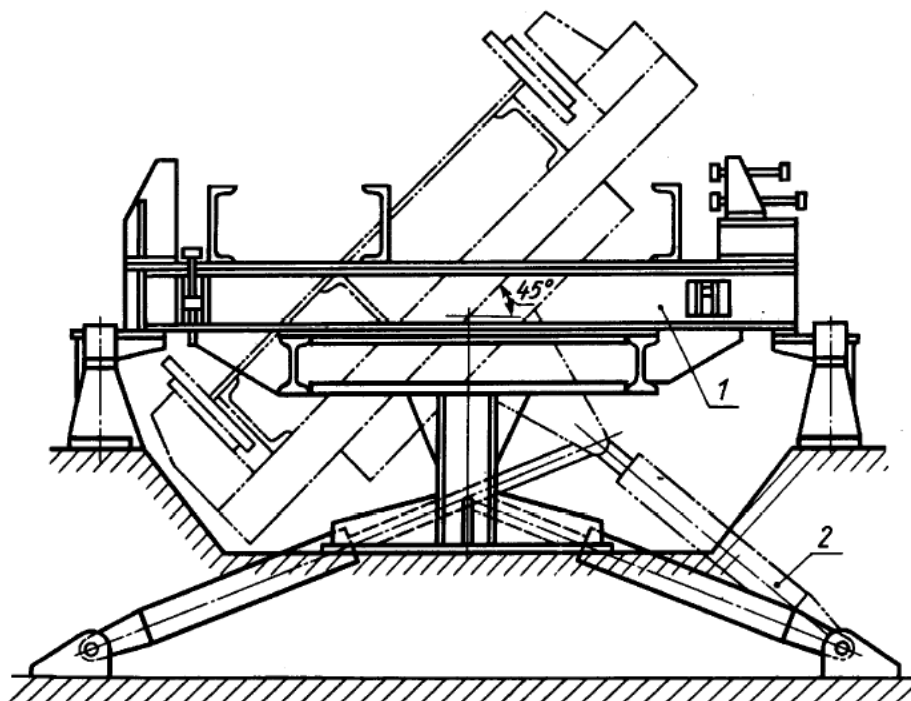


Рисунок 14 – Схема полуповоротного специализированного кондуктора для сборки двутавровых балок

При этом рама 1 кондуктора наклоняется на 45° в ту или иную сторону с помощью гидравлических цилиндров 2.

Однако применение таких кондукторов требует дополнительных приспособлений и транспортных операций для сварки "в лодочку" второй пары поясных швов. Поэтому при изготовлении балок мостов нашли применение поворотные кондукторы для сборки и сварки балок длиной до 34,2 м и высотой от 1,6 до 3,8 м при ширине поясов до 1 м. Мост 2 (рисунок 15, а) кондуктора поворачивается в подшипниках, а в средней части имеет поддерживающее кольцо, состоящее из двух половин 8 (рисунок 15, б) и 11, которое опирается на ролики 1 (рисунок 15, а).

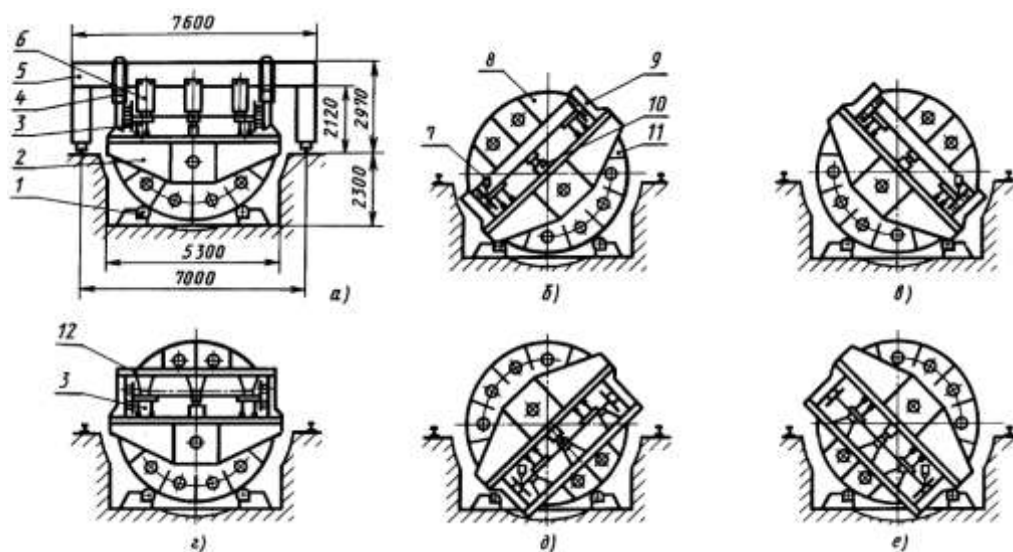


Рисунок 15 – Основные этапы сборки и сварки двутавровых балок в полноповоротных кондукторах

Прижатие горизонтальных листов к вертикальному осуществляют передвижным порталом 5, имеющим боковые 4 и вертикальные 6 прижимы. Кроме того, положение листов фиксируется опорными элементами 3 и 10, прихватками и прижимами упоров 9. По завершении сборки портал 5 уводят за пределы моста кондуктора, устанавливают верхнее полукольцо 8, наклоняют кондуктор и выполняют первый шов с помощью сварочного трактора 7 (рисунок 15, б). После выполнения второго шва (рисунок 15, в) кондуктор переводят в горизонтальное положение (рисунок 15, г), устанавливают поддерживающие балки 12, сдвигают опоры 3 и выполняют третий и четвертый швы в положениях, показанных на рисунках 15, д, е.

Поточная линия изготовления двутавровых балок

Схема расположения оборудования при изготовлении сварных двутавровых балок в поточной линии показана на рисунке 1.

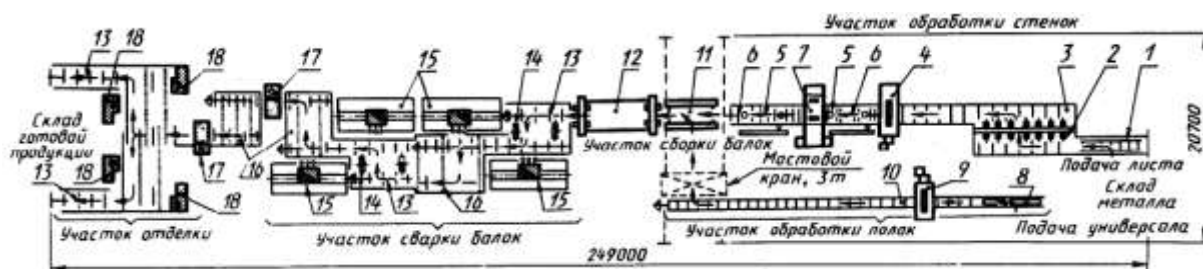


Рисунок 16 – Схема поточной линии производства сварных двутавровых балок

Если стенку двутавра приходится составлять по длине из двух листов, то на позиции 1 осуществляют обрезку кромок и сварку их с одной стороны. Для этого оператор, управляя приводом роликового конвейера, располагает листы 1 и 2 (рисунок 17, а) по обе стороны от упора 3, выдвигаемого над поверхностью роликового конвейера пневмоцилиндром.

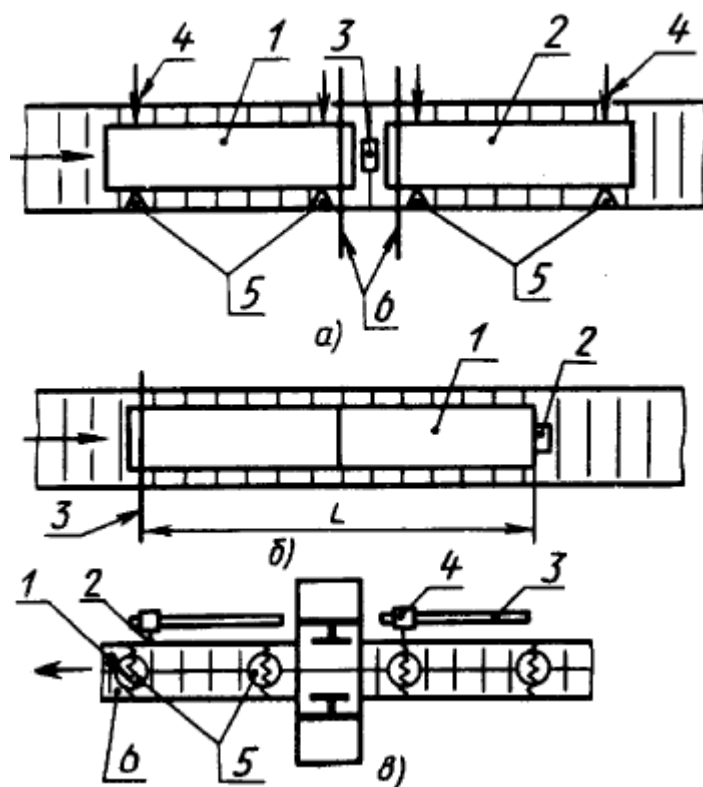


Рисунок 17 – Операции на участке заготовки стенок

Затем включением шлепперного устройства 4 оба листа сдвигаются до упора 5, упор 3 убирается ниже поверхности роликового конвейера, и самоходная тележка с двумя резаками, перемещаясь по направляющим 6, одновременно обрезает кромки листов 1 и 2. С помощью роликового конвейера листы устанавливают стыкуемыми кромками по оси флюсовой

подушки, зажимают и сваривают автоматом под флюсом. Далее сваренную заготовку 1 (рисунок 17, б) подают роликовым конвейером до упора 2 и резаком по направляющим 3 обрезают под размер L по длине. Сваренную с одной стороны заготовку стенки кантователем 2 (рисунок 16) передают с поворотом на 180° на параллельный роликовый конвейер и сваривают стыковой шов с другой стороны. На позиции 4 осуществляют правку волнистости в многоваликовой правильной машине. На позиции 7 ножницы с двумя парами дисковых ножей обрезают продольные кромки под размер высоты стенки. Подъемные столы 5 (рисунок 16 и 17, в), с поперечным перемещением от ходовых винтов 1 (рис. 2, в), приподнимают заготовку стенки над роликами роликового конвейера (рисунок 16 и 17, в), ориентируют ее и устанавливают вдоль оси симметрии ножниц. Прямолинейность обрезаемых кромок обеспечивается захватом заднего конца заготовки пневмозажимом 4 (рисунок 17, в), скользящим по направляющей 3. Такой же пневмозажим 2 захватывает передний конец стенки на выходе из ножниц. Готовая стенка роликовым конвейером подается в питатель 11 (рисунок 16) сборочного участка. Для полок используют полосы универсальной стали длиной, равной длине свариваемой балки. По роликовому конвейеру 8 их подают в многовалковую правильную машину 9, затем с роликового конвейера 10 готовые полки в горизонтальном положении с помощью магнитных захватов, подвешенных к траверсе крана, подают в питатель 11. Сборочный участок имеет два последовательно расположенных рабочих места: питатель 11 и сборочный стан 12.

Задачей питателя является прием трех листовых элементов в горизонтальном положении, поворот полок на 90° и подача всех трех элементов в сборочный стан с помощью роликов 1, 2, 3, расположение которых показано на рисунке 18, а, б.

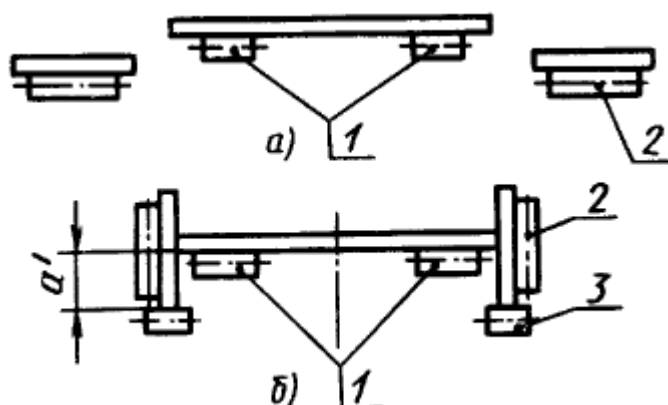


Рисунок 18 – Схема опорных баз питателя

Выдача всех трех элементов из питателя осуществляется приводом опорных роликов 1 и 3. Общая компоновка узлов питателя предусматривает два жестких суппорта, несущих правую и левую группы роликов; их взаимное перемещение (сближение или раздвижка) обеспечивает наладку питателя на различную высоту собираемой балки. В сборочном стане элементы балки принимаются системой роликов, повторяющих расположение роликов питателя (рисунок 19, а), привод движения обеспечивается вращением первой пары прижимных роликов 2.

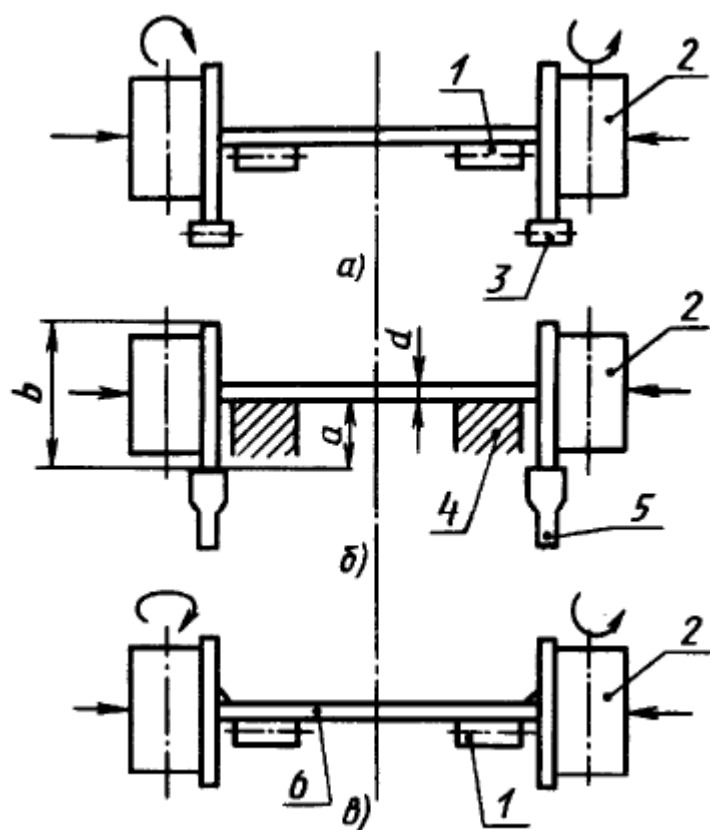


Рисунок 19 – Схемы расположения опорных баз и прижимов сборочного стана

При опускании роликов 1 стенка балки ложится на магнитный стол 4 (рисунок 19, б). Подъемники 5 приподнимают полки над роликами 3, обеспечивая симметрию их расположения относительно стенки. Сборка завершается зажатием элементов по всей длине гидроцилиндрами роликов 2 и постановкой прихваток. После выключения магнитного стола и отхода прижимных роликов 2 ролики 1 приподнимают балку б (рисунок 19, в), и она выдается из стана после поджима и включения вращения крайней пары прижимных роликов 2. Механизмы сборочного стана представлены на рисунке 20.

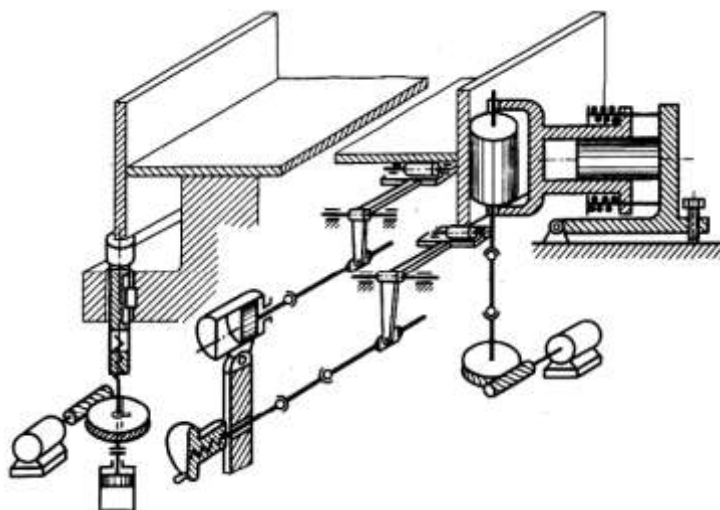


Рисунок 20 – Механизмы сборочного стана

Справа на рисунке 20 показано положение элементов при приемке их из питателя, а слева – положение элементов перед выполнением прихваточного шва. Из сборочного стана 12 (рисунок 16) двутавр поступает на роликовый конвейер 13 сварочного участка, где к двутавру приваривают выводные планки.

Так как в этой поточной линии поясные швы выполняют в положении "в лодочку" и первый из них укладывают со стороны, где нет прихваток, то на сварочном участке балку приходится последовательно устанавливать в положения, показанные на рисунке 21.

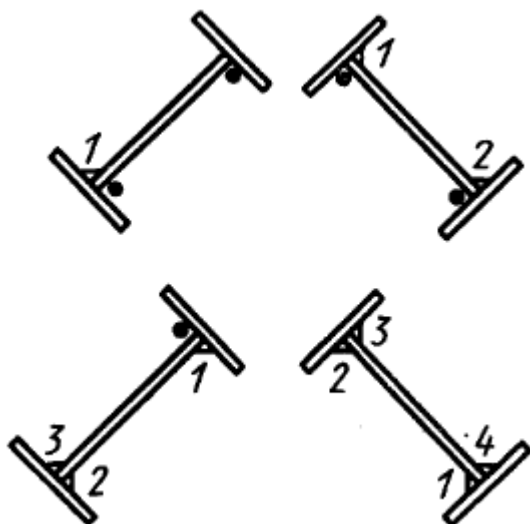


Рисунок 21 – Положения балки на сварочном участке
(последовательность наложения швов)

Кантователь 14 перекладывает балку с роликового конвейера 13 на параллельный роликовый конвейер с поворотом на 180° , подавая ее к первой сварочной установке 15, с последующей подачей ко второй

сварочной установке 15. Затем шлепперным устройством 16 без кантовки балку передают на роликовый конвейер 13, откуда кантователем 14 с поворотом на 180° возвращают на роликовый конвейер к третьей сварочной установке с последующей подачей к четвертой установке.

Схема кантователя для поворота балки на 180° показана на рисунке 22, а, б.

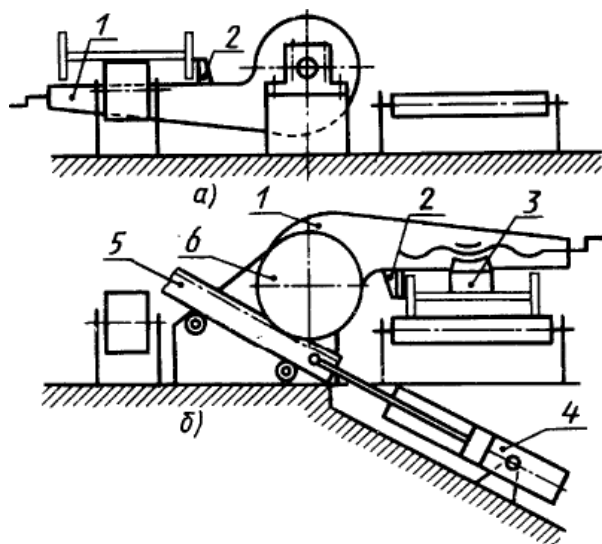


Рисунок 22 – Конструктивная схема магнитного кантователя на 180°

Кантователь имеет общий вал с жестким присоединением к нему трех рычагов 1, на которых расположены упоры 2 и магниты 3, устанавливаемые в зависимости от высоты балки. Поворот балки осуществляется перемещением зубчатой рейки 5 (рисунок 22, б), соединенной с зубчатым колесом 6, закрепленным на валу. По длине вала располагаются две пары "рейка–колесо". Плавность опускания балки на роликовый конвейер после прохождения мертвого положения достигается использованием гидроцилиндров 4 двустороннего действия.

На рисунке 23 показана схема кантователя, обеспечивающего съём балки с роликового конвейера с поворотом на 45° для сварки поясного шва в положении "в лодочку" и возвращение ее на роликовый конвейер после сварки.

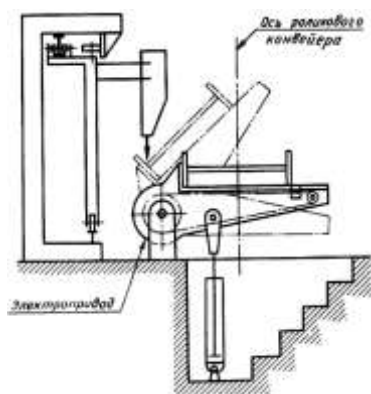


Рисунок 23 – Конструктивная схема кантователя на 45°

После сварочного участка балка попадает на участок отделки, где последовательно проходит через две машины 17 (рисунок 16) для правки грибовидности полок (рисунок 24) и два торцефрезерных станка 18 (рисунок 16) для обработки торцов.

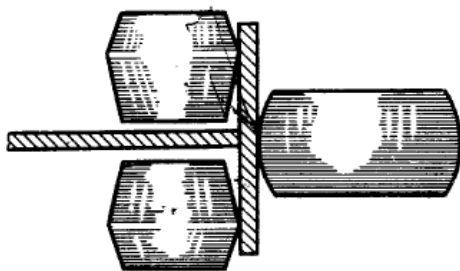


Рисунок 24 – Схема правки грибовидности полок

Непрерывное производство сварных балок

При изготовлении тавровых и двутавровых балок операции сборки и сварки можно совместить во времени. Схема установки, осуществляющей такой процесс, показана на рис. 25.

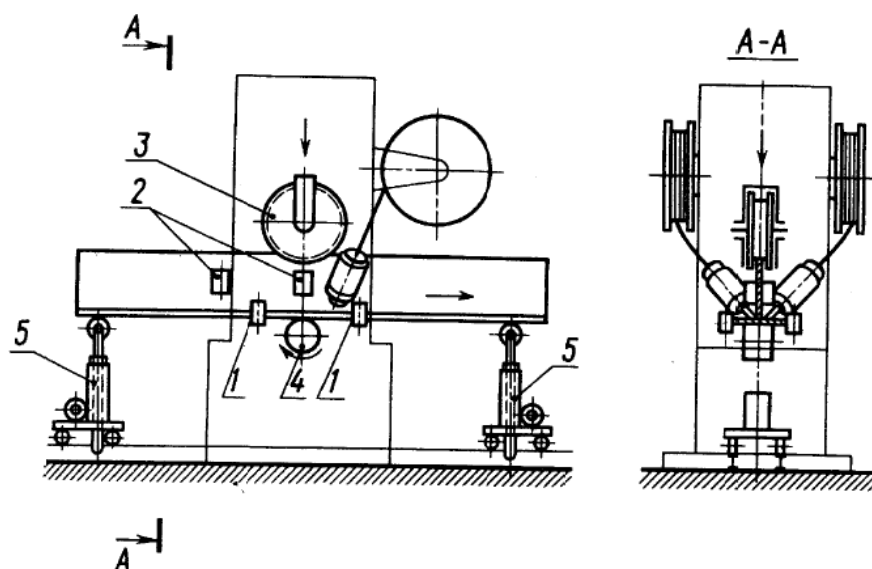


Рисунок 25 – Схема станка для сварки балок таврового сечения

Взаимное центрирование заготовок, перемещение со сварочной скоростью и автоматическая сварка под флюсом обоих швов осуществляются одновременно. Прижатие стенки тавра к поясу обеспечивает пневматический цилиндр через нажимной ролик 3. Центрирование элементов тавра производится четырьмя парами роликов 1 и 2. Каждая пара имеет устройство для регулирования расстояния между роликами в зависимости от ширины пояса и толщины стенки. Движение свариваемого элемента осуществляется приводным роликом 4. Концы балки поддерживаются роликами опорных тележек 5. Второй пояс для получения двутавровых балок может привариваться при повторном пропуске тавра через установку.

Для высокопроизводительного изготовления сварных балок в непрерывных автоматических линиях большое значение приобретает применение сварки токами высокой частоты, обеспечивающей скорость сварки 10 ... 60 м/мин, т.е. на порядок выше, чем при сварке под флюсом.

В 60-х годах в США были выпущены агрегаты WIN производства сварных двутавров из рулонного проката или обычных полос и листов с использованием сварки токами высокой частоты (ТВЧ). Рулонные заготовки для стенки и полок двутавра подают к сварочному агрегату из трех разматывателей 1 (рисунок 26).

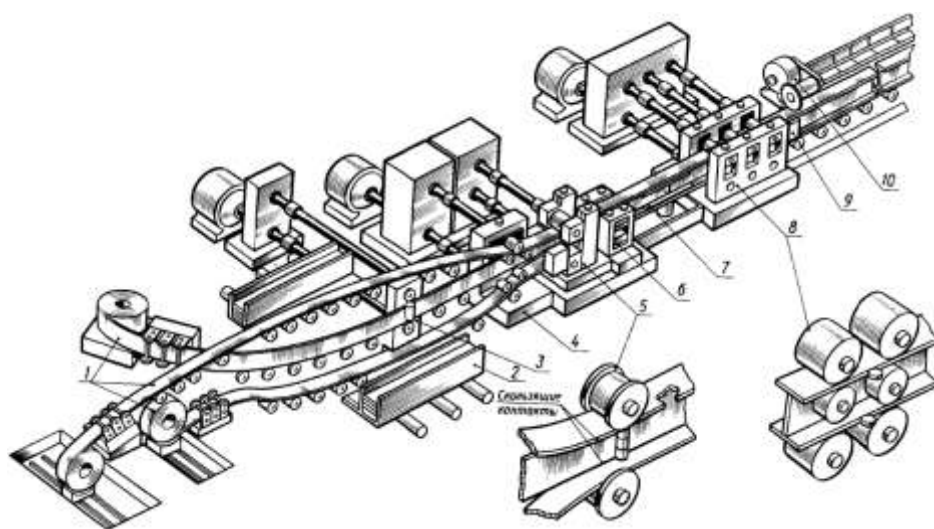


Рисунок 26 – Схема агрегата для изготовления двутавровых профилей сваркой ТВЧ

Гибочное устройство 4 обеспечивает подачу полок в зону сварки под углом $4 \dots 7^\circ$ к кромкам стенки. Скользящие контакты 7 и 2 (рис. 2) подводят ток к одной из полок и отводят от другой, что обеспечивает протекание сварочного тока вдоль поверхности стыкуемых элементов и через место их контакта под обжимными роликами. При непосредственной приварке полки к стенке (рисунок 27, а) сварное соединение приобретает неблагоприятную форму.



Рисунок 27 – Варианты соединения стенки балки с полкой

Холодная высадка кромки стенки с увеличением ее толщины с зачисткой соединения после сварки в горячем состоянии позволяет обеспечить плавный переход от стенки к полке (рисунок 27, б). В соответствии с этим в рассматриваемом агрегате (рисунок 26) кромки проходят предварительную осадку в машине 3 и свариваются с полками в сварочной установке 5. Затем балка проходит огневую зачистку 6, зону охлаждения 7, правку 8, дефектоскопию 9 и на отводящем роликовом конвейере разрезается летучей пилой 10. В случае значительной толщины полок их жесткие заготовки подают не из рулонов, а из питателей 2 поштучно. В процессе сварки эти заготовки проходят сварочный агрегат плотно

прижатые торцами друг к другу, но большого распространения такие установки не получили.

Практическая работа № 13

Практическая работа № 13 «Разработка технологического процесса сварки труб «с козырьком»

Объекты оценивания:

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ПК 1.1 Применять различные методы, способы и приёмы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять техническую подготовку производства сварных конструкций.

У 2 Выбирать рациональный способ сборки и сварки конструкций, оптимальную технологию соединения или обработки конкретной конструкции или материала;

У 5 Рассчитывать нормы расхода основных и сварочных материалов для изготовления сварочного узла или конструкции;

У 6 Читать рабочие чертежи сварочных конструкций:

Форма контроля: выполнение лабораторной работы (фронтальная форма организации работы).

Задание: Провести разработку технологического процесса сварки труб «с козырьком»

Условия выполнения задания:

В зависимости от способа проведения работ технологии сварки трубопроводов относят к механическим, термическим и объединяющим оба варианта. Термическими считаются все виды сваривания плавлением дугой, плазменным, газовым, лазерным и другими способами. Класс термомеханических сварочных процессов объединяет контактную стыковую сварку с выполняемой посредством магнитоуправляемой дуги.

Из механических технологий для соединения труб применяют способы ее проведения взрывом, а также трением. Самое широкое применение получил технологический процесс сварки магистральных трубопроводов дугой,

позволяющий соединять трубы в самых разных пространственных положениях. Причем скорость движения электрода по диаметру стыка достигает 20 м/ч в ручном сваривании и 60 м/ч при автоматизированном режиме. Возможность проведения дугового сварочного процесса под флюсом существует только при способности стыка к вращению.

Способы сварки труб

Использование механизированной сварки целесообразно для монтажа секций, состоящих из двух и больше труб больших диаметров. В случае невозможности выполнения автоматической сварки производится ручная дуговая сварка трубопроводов. В работе с трубами малого диаметра эффективна сварка автоматом с магнитоуправляемой дугой, называемая еще дугоконтактной.

Ее отличие от традиционной контактной стыковой сварки состоит в особом методе нагревания соединяемых кромок. Оно проводится за счет высокоскоростного вращения дуги действием магнитного поля вдоль периметра кромок стыкуемых труб.



К результативным разновидностям сварки технологических трубопроводов относят операции присоединения труб при помощи порошковой проволоки, позволяющий добиваться принудительного образования шва. Защитные функции при этом возлагаются на порошкообразный состав, наполняющий внутреннюю полость металлической электродной проволоки. В ходе выполнения работ сварочная головка с формирующим приспособлением передвигаются во время кристаллизации ванны вдоль окружности стыка трубы снизу вверх.

Для сварки стальных трубопроводов нашел применение лазерный способ, позволяющий развивать скорость процесса до 300 м/ч. А стыковым методом контактной сварки можно производить соединение труб в автоматическом режиме согласно заданному алгоритму программы с

беспрерывным оплавлением. Причем сварка одного трубопроводного стыка среднего диаметра длится в пределах 15 минут.

До проведения работ по монтажу технологической картой сварки трубопроводов предусмотрено прохождение трубами и другими комплектующими элементами контроля на соответствие требуемым параметрам стандартов с техническими условиями. Соединяющие изделия должны подходить по форме к концам труб, а скосы кромок быть выполненными в соответствии с предстоящим процессом сварки определенным способом.



Если установлены несоответствия, необходима специальная механическая обработка свариваемых кромок, что предусмотрено нормами времени на сварку. Малых диаметров трубы обрабатывают шлифмашинками, труборезами, торцевателями либо фаскоснимателями. Трубы значительных габаритов требуют применения фрезерных машин либо резки гидроабразивным способом. В случае необходимости, например, для осуществления захлеста либо врезки катушки, возможна термическая подготовка кромок различными методами, такими как воздушно-плазменная и газокислородная резка, применение особых электродов, не требующих предварительной механической обработки.

Особенности сварочного процесса

Прежде чем начинать сборку труб, их сначала очищают, извлекая из внутренней области грязь, землю и снег. После этого проводят зачистку до блеска металла (более чем на 1 см) примыкающих к кромкам частей трубы с самими кромками, а также деталей для соединения. На такое же расстояние от стыка требуется правилами сварки трубопроводов ошлифовка примыкающего к присоединяемому концу трубы отрезка усиления ее внешнего шва, выполненного на заводе.

Обычно заводские трубы поставляются уже с разделанными кромками под выполнение ручной дуговой сварки. Однако для трубопроводных

магистралей значительных диаметров необходима особая разделка под выполнение внутреннего подварочного шва.

В сборке труб нужно строго соблюдать перпендикулярность трубопроводных осей со стыками с отклонением не более чем в 2 мм. При этом зазор должен быть равномерным на всей протяженности периметра соединения, а возможные смещения кромок и продольности заводских швов соответствовать нормам допускаемых величин, установленных к сварке трубопроводов высокого давления или распределительных магистралей. При отсутствии возможности соответствия нормативным значениям необходим дополнительный контроль полученного соединения на месте стыка с помощью ультразвука.



В регулировании термического процесса сваривания труб немаловажной частью технологии служит предварительный подогрев, существенно влияющий на характеристики и структуру получаемого шва. В слишком быстром охлаждении металлического расплава вероятно образование закалочных структур в нем и холодных трещин в шве, преимущественно это касается сварки нержавеющей трубопроводов, довольно чувствительных к влиянию температурных режимов.

Регулируют скорость остывания участка термообработки, задавая первичную ее температуру посредством предварительного разогревания. Его осуществляют специальными устройствами, равномерно нагревая кромки по всей длине свариваемого периметру на ширину около 7,5 см влево и вправо от шва.

Операция сварки ведется с поперечными колебательными движениями электродов в направлении снизу вверх. Расстоянием, разделяющим стык

частей труб, определяется амплитуда этих колебаний. Работы на оборудовании для сварки полиэтиленовых трубопроводов при помощи газозащитных электродов в ходе обработки корня шва производят без использования колебательных движений. В данном случае электродным краем упираются в кромки привариваемых труб.

Популярная поточно-расчлененная методика сварки труб предполагает обработку одним сварщиком отдельного участка шва. Исходя из количества задействованных рабочих на каждом стыке, определяется расположение с протяженностью швов. Если соединение трубы производят двое, то сварка, выполняемая ими вдоль периметра, должна выполняться снизу вверх от начала в противоположенных направлениях.

Практическая работа № 14

Практическая работа № 14 «Разработка технологического процесса изготовления цилиндрического резервуара заданного объёма способом рулонирования»

Объекты оценивания:

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ПК 1.1 Применять различные методы, способы и приёмы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять техническую подготовку производства сварных конструкций.

У 2 Выбирать рациональный способ сборки и сварки конструкций, оптимальную технологию соединения или обработки конкретной конструкции или материала;

У 5 Рассчитывать нормы расхода основных и сварочных материалов для изготовления сварочного узла или конструкции;

У 6 Читать рабочие чертежи сварочных конструкций:

Форма контроля: выполнение лабораторной работы (фронтальная форма организации работы).

Задание: Провести разработку технологического процесса изготовления цилиндрического резервуара заданного объёма способом рулонирования

Условия выполнения задания:

Входной контроль материалов



Для изготовления качественных резервуарных металлоконструкций необходима комплектация производства высококачественными материалами. С этой целью на ЗМК налажена система входного контроля материалов. Система ВКМ обеспечивает попадание в производство резервуаров РВС только материалов, полностью соответствующих требованиям наших ТУ, государственных нормативных документов, а также подготовку проектной документации на каждое конкретное изделие.

Входной контроль материалов включает в себя проверку качества поверхности металлопроката, его геометрических параметров, химического состава и механических свойств.

Система входного контроля ЗМК позволяет снизить уровень заводского брака при **производстве резервуаров** до уровня более низкого, чем предусматривают отраслевые стандарты. Это обеспечено тем, что наша система ВКМ во многом жестче, чем требования государственных нормативных документов. На нашем сайте можно посмотреть видео-сюжет, посвященный изготовлению резервуаров.

Основные параметры входного контроля материалов для вертикальных резервуаров РВС:

- Качество поверхности проката;
- Геометрические параметры (формы, размеров и предельные отклонения) изделий;
- Химический состав металлопроката;
- Испытания на растяжение;
- Испытания на изгиб;
- Испытания на ударный изгиб.

При хранении и перемещении материалов в рамках производственной площадки необходимо обеспечить их сохранность, в частности защищать от влаги и механических повреждений.

Мы храним материалы для изготовления резервуаров и покупные изделия в сухих складских помещениях. Поступающий на хранение металлопрокат после входного контроля подвергается сортировке и маркировке. Металлопрокат хранится в устойчивых штабелях, отсортированных по маркам и профилям. При этом исключается соприкосновение металлопроката с полом.

Сварочные материалы для производства резервуаров хранятся отдельно по маркам и партиям. Перед подачей в производство электроды и флюс должны быть просушены или прокалены, сварочная проволока – очищена от ржавчины, масла и других загрязнений.

Листовой металлопрокат, используемый для изготовления стенок и днищ вертикальных резервуаров РВС, подлежит правке. Правка металлопроката производится способами, исключающими образование вмятин, забоин и других повреждений. В частности, на ЗМК применяются многовалковые листопрямильные машины со специальным перегибающим устройством. Вследствие перегиба происходит изменение структуры материала листа, повышаются пластические свойства металла.

После правки 100% металлопроката подвергается осмотру на наличие внешних дефектов

Обработка кромок листового проката.



Перед изготовлением рулонизируемого полотнища, а также перед вальцовкой листов стенки вертикального резервуара РВС, собираемого полистовым способом, производится обработка кромок листового металлопроката. Обрабатываются продольные и поперечные кромки.

Обработка кромок обеспечивает устранение неровностей, заусенцев и завалов; плотное прилегание деталей друг к другу (совмещение их кромок), что является ключевым условием качества сварки резервуаров и соблюдения линейных размеров и форм деталей, предусмотренных проектом.

Для обработки кромок мы используем продольно-фрезерные и торцефрезерные станки.

Изготовление металлического каркаса методом рулонирования

Метод **рулонирования** — один из двух промышленных способов изготовления резервуарных металлоконструкций. При таком способе производства стенка, днище и крыша резервуара РВС поставляются на площадку строительства в виде свернутых в рулоны сварных полотнищ.

Преимущества данного метода состоят в сокращении времени монтажа в 3-4 раза за счет минимизации сварочных работ на монтажной площадке в среднем на 80% и обеспечении высокого качества сварных швов за счет использования 2-сторонней автоматической сварки резервуаров в заводских условиях.



Для изготовления полотнищ применяются стальные листы модульных размеров 1500х6000 мм.

Сварные полотнища стенки, днища и, в некоторых случаях, кровли вертикальных резервуаров РВС изготавливаются на специальном стенде (установке) рулонирования посредством автоматической сварки. Установка рулонирования состоит из сборочно-сварочных площадок – верхнего и нижнего ярусов, кантовочного барабана, и сворачивающего устройства.

Установки рулонирования резервуарных металлоконструкций действуют по двум основным схемам (нижнее и верхнее сворачивание). На установках с нижним сворачиванием могут изготавливаться полотнища стенок вертикальных резервуаров РВС толщиной до 18 мм, на установках с верхним сворачиванием – полотнища толщиной до 16 мм.

Длина рулонов достигает 18 м, а вес согласовывается с грузоподъемностью подвижного состава.

Этапы производства резервуарных металлоконструкций методом рулонирования:

1. производство технологического каркаса;
2. компоновка листов согласно чертежей КМД;
3. сварка и рулонирование;
4. подготовка рулонов к транспортировке.

Подготовка технологического каркаса

Перед свариванием полотнищ готовится специальный каркас, на который полотнище будет наматываться. Диаметр каркаса должен быть не менее 2,6 м, а его длина соответствует высоте стенки резервуара.

Для рулонирования стенки вертикальных резервуаров РВС до 2000 м³ в качестве технологического каркаса часто применяют шахтную лестницу, что обеспечивает экономию металла.

Компоновка листов полотнищ



Компоновка полотнища стенки, днища или настила кровли производится на верхней сборочно-сварочной площадке стенда рулонирования.

В процессе компоновки подготовленные листы металла раскладываются на площадке в соответствии с чертежами КМД и фиксируются монтажными приспособлениями.

Рулонируемые полотнища стенок должны иметь технологический припуск по длине, обеспечивающий сборку монтажных стыков.

Сварка и рулонирование полотнищ

Сварка полотнищ является ключевым этапом в производстве резервуаров методом рулонирования. Мы применяем автоматическую двустороннюю сварку поперечных и продольных стыков. Сначала на верхней сборочно-сварочной площадке установки рулонирования проваривается первичный шов. Затем полотнища перематывают через кантовочный барабан и на нижнем ярусе сваривается вторичный шов.

Последовательность сворачивания в один рулон полотнищ различных резервуарных металлоконструкций планируется исходя из обратной последовательности разворачивания этих конструкций при монтаже. Полотнища стенок сворачиваются в рулон с учётом того, что разворачиваться они будут в направлении по часовой стрелке.

Для обеспечения высшего качества сварки резервуаров мы применяем комплекс мероприятий.

Изначально Сварочной лабораторией были разработаны и аттестованы Сварочные процедуры. На их основании на нашем предприятии разработаны Режимы сварки, определяющие требования к выполнению сварных соединений и последовательность выполнения технологических операций исходя из марок и толщин металлопроката, вида сварного шва, типа разделки кромки стального листа и прочих параметров. Соблюдение Режимов сварки обеспечивает соответствие сварных соединений требованиям ГОСТов.

Режимы сварки являются основным рабочим документом, на основании которого работают сварщики, а также производится контроль качества сварных соединений.



В результате глубокой проработки и неукоснительного исполнения Режимов сварки нам удалось при производстве емкостей обеспечить идеальное качество сварных швов. Мы считаем это одним из важнейших преимуществ металлоконструкций нашего производства. Дело в том, что зачастую непроработанная технология сварки и/или ее нарушение при изготовлении резервуаров приводят к ряду серьезных проблем, например:

- несоответствие выпуклости швов требованиям ГОСТ-31385-2008. В результате не обеспечивается плавное сопряжение шва и основного металла;
- образуются подрезы основного металла, наплывы шва на основной металл;
- швы провариваются с дефектами: трещинами, несплавлениями, грубой чешуйчатостью, наружными порами и цепочками пор, прожогами и свищами.

Все это приводит к тому, что прочность сварного соединения не соответствует нормам, а также возникают сварочные деформации, в результате которых на свариваемом полотнище возникают выпучины, вмятины, хлопуны.

Производство крыши резервуара

Технология производства металлоконструкций крыши РВС варьируется исходя из его типа, определенного проектом КМ. В зависимости от типоразмера вертикального резервуара РВС и прочих специфических особенностей применяют стационарные крыши, которые делятся на бескаркасные (самонесущие) и каркасные крыши конической и сферической форм, а также плавающие крыши.

Контроль качества сварки резервуаров

Наша система контроля качества сварных соединений является многоуровневой и предусматривает:

- 100% визуально-измерительный контроль сварных соединений
- контроль сварных соединений физическими методами:
- радиографический контроль (проводится после приемки сварных соединений методом визуального контроля. Радиографическому

контролю подлежат сварные швы стенок резервуаров и стыковые швы окراек в зоне сопряжения со стенкой).

- ультразвуковую дефектоскопию (применяют для выявления внутренних и поверхностных дефектов в сварных швах и околошовной зоне основного металла)
- магнитопорошковый метод;
- цветной (хроматический).

Результаты контроля качества сварных соединений входят в комплект сопроводительной документации металлического резервуара.

Контроль качества сварки резервуаров методом тестового образца.

Данный метод контроля не относится к обязательным. При этом на нашем производстве такому методу контроля подвергается 100% продольных сварных швов рулонизируемых полотнищ.

Метод заключается в следующем: к краю свариваемого полотнища на монтажных прихватках крепится 2 металлические пластины (тестовый образец). Тестовый образец идентичен основным листам свариваемого полотнища по материал и вид разделки кромок. Сварщик, проваривая шов с помощью автомата, проваривает и шов тестового образца. После этого тестовый образец открепляется от основного полотнища и отдается на экспертизу. В рамках экспертизы сварной шов тестового образца подвергается испытаниям на разрыв, изгиб и ударную вязкость.

При изготовлении резервуаров на нашем производстве внедрение такого метода контроля позволило значительно снизить брак в сварных соединениях рулонизируемых полотнищ.

Отдел логистики осуществляет доставку готовой продукции любым удобным для Заказчика транспортом. Выбор способа перевозки резервуаров зависит от конструкции транспортируемого изделия.

Практическая работа № 15

Практическая работа № 15 «Разработка технологического процесса сварки стыков магистральных трубопроводов заданного сортамента труб».

Объекты оценивания:

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ПК 1.1 Применять различные методы, способы и приёмы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами.

ПК 1.2. Выполнять техническую подготовку производства сварных конструкций.

У 2 Выбирать рациональный способ сборки и сварки конструкций, оптимальную технологию соединения или обработки конкретной конструкции или материала;

У 5 Рассчитывать нормы расхода основных и сварочных материалов для изготовления сварочного узла или конструкции;

У 6 Читать рабочие чертежи сварочных конструкций:

Форма контроля: выполнение лабораторной работы (фронтальная форма организации работы).

Задание: Провести разработку технологического процесса сварки стыков магистральных трубопроводов заданного сортамента труб

Условия выполнения задания:

Очень большое значение для развития экономики имеет прокладка различных трубопроводов. Магистральные трубопроводы позволяют транспортировать на очень большие расстояния газообразные и жидкие продукты добычи от месторождения до мест переработки или их потребления. Трубопроводы делят по видам транспортируемых по ним продуктов, например водопроводы, газопроводы, нефтепроводы и др.



Остановимся подробнее на том, как происходит сварка магистральных трубопроводов.

Главным условием бесперебойного функционирования трубопровода является правильный подбор труб, с учетом эксплуатационных особенностей.

Особенности труб.

Трубы бывают бесшовные, изготовленные на специальных станках из заготовок путем специальной прокатки или сварные, сделанные на специальных прессах из листовых заготовок.

Химический состав и геометрическая форма труб имеет большое значение для правильного соединения труб в трубопроводе. Сварка труб является основным технологическим процессом прокладывания трубопровода. Трубопровод обычно сваривают из двух или трех труб, которые соединяют стационарно на специальных трубосварочных станциях.

В строительстве трубопроводов уже непосредственно на месте соединения обычно пользуются различными видами дуговой сварки, такими, например, как ручная дуговая сварка, различные автоматические дуговые сварки под флюсом или в защитных газах, а также контактной стыковой сваркой оплавления.

Для трубопроводов привозят трубы уже с подготовленными для сварки кромками. В зависимости от конструкции трубопровода, кромку делают в различной геометрической формы (под углом или с зазором для стыка) Подготовка кромок включает в себя не только правку приготовленных к свариванию концов, но и очистку от грязи, влаги и шлаков

Основной особенностью сварки трубопроводов является послойная сварка трубы, сначала нижний слой, затем вертикальный, а потом потолочный. Потому что невозможно сварной дугой прогреть сразу всю толщину трубы.

Автоматизированная сварка.

При автоматической сварке дугой подача электрода и перемещение дуги вдоль шва происходит автоматизировано. Автоматическую дуговую сварку под флюсом выполняют автоматически подаваемым электродом, который подается в зону сварки. Флюс призван защищать дугу и сварочную ванну от воздействия окружающей среды, кроме того препятствует разбрызгиванию жидкого металла. Автоматическая сварка под флюсом, несомненно, имеет преимущество перед ручной дуговой сваркой. Она имеет большую производительность, весь процесс механизирован. Но есть и определенные недостатки, например, то, что сварку можно производить только в нижнем положении.

Для всех разновидностей дуговой сварки существует общий недостаток, это низкая производительность, так как мощность дуги приходится ограничивать из-за опасности сквозного расплавления шва.

Более высокую производительность получают при контактной стыковой сварке оплавлением. Где место стыка нагревается электрическим током и сдавливается.

Сооружение трубопроводов.

При сооружении трубопроводов трубы свариваются встык. Сборку труб для сварки делают с помощью специальных приспособлений, которые называют центраторами. Зазор между диаметрами свариваемых труб допускается не больше 1 см.



При сварке происходит образование усиления шва, которое называют гратом. Снаружи он может мешать изоляции, а изнутри проходимости по трубопроводу. Поэтому после сварки удаляют лишнее с помощью специального устройства - гратоснимателя.

Для ускорения прокладки трубопроводов обычно пользуются не отдельными трубами, а сразу секциями, то есть сваренными в цеховых условиях частями трубопровода. Основным способом соединения труб в промышленных условиях является автоматическая сварка под флюсом или же сварка встык оплавлением. Это обеспечивает герметичность и прочность сварных швов.

Особенности сварки магистралей.

Соединение же труб в единую нитку на трассе чаще всего происходит вручную, с помощью дуговой сварки, причем сварка идет послойно, как уже говорилось выше. Первый слой выполняется вручную, а последующие два заваривают автоматической сваркой с флюсом.

Сварку разрешается проводить при температуре не ниже минус 20 градусов, что обеспечивает наиболее качественное соединение.

Все работы, которые направлены на соединение трубопровода, должны выполняться с полным соблюдением проектных чертежей и технологических особенностей, чтобы избежать возникновения напряжения трубопровода и появления трещин.

Сварка магистральных трубопроводов является высокотехнологичным процессом, поэтому должна выполняться сварщиками высокой квалификации, с соблюдением всех технических требований, потому что от этого зависит качество проводимого трубопровода. В нашей статье мы рассказали о особенностях процесса сварки магистральных трубопроводов, знание которых обеспечит качественное соединение секции труб.

Критерии оценки работы по подготовке письменного отчета (ЛР и ПЗ)

№ п/п	Критерии оценки	Метод оценки	Работа выполнена	Работа выполнена не полностью	Работа не выполнена
			Высокий уровень 3 балла	Средний уровень 2 балла	Низкий уровень 1 балл
1	Соответствие материала отчета заданной теме	Наблюдение преподавателя	Содержание отчета полностью соответствует заданной теме	Содержание материала в отчете соответствует заданной теме, но вывод не полный, нет полного описания проделанной работы.	1. Работа обучающимся не сдана вовсе. 2. Отсутствует отчет по заданной теме. 3. Ответы на вопросы не верны, или вовсе не найдены в материалах отчета. 4. В отчетах не используются рисунки, таблицы и схемы по изучаемой теме.
2	Четко организованный отчет. Правильность, лаконичность и четкость ответов на вопросы	Наблюдение преподавателя	Представлен правильно организованный отчет. Имеются все проведенные опыты, ответы правильные, и в отчете излагаются четко и лаконично, без лишнего текста и пояснений.	Представлен отчет без следов организации и проработки. Ответы правильные, но имеются незначительные недочеты.	5. Объяснение терминов, используемых в контрольном материале, вызывает затруднения. 6. Отчет выполнен и оформлен небрежно, без соблюдения установленных требований.
3	Правильность оформления	Проверка работы	Оформление отчета полностью соответствует требованиям.	В оформлении отчета имеются незначительные недочеты и небольшая небрежность.	

Оценка	4-5 баллов «удовлетворительно»	6-7 баллов «хорошо»	8-9 баллов «отлично»
--------	-----------------------------------	------------------------	-------------------------

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение для проведения практических работ

Основные учебные издания

1. Овчинников, В.В. Основы технологии сварки и сварочное оборудование: учебник / Овчинников В.В. — Москва: КноРус, 2021. — 258 с. — ISBN 978-5-406-07985-0. — URL: <https://book.ru/>

2. Черепяхин, А. А. Технология сварочных работ: учебник для среднего профессионального образования / А. А. Черепяхин, В. М. Виноградов, Н. Ф. Шпунькин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 269 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-08456-6. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/>

3. Дедюх, Р. И. Технология сварочных работ: сварка плавлением: учебное пособие для среднего профессионального образования / Р. И. Дедюх. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 169 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-03766-1. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/>

4. Технология сварочных работ: теория и технология контактной сварки: учебное пособие для среднего профессионального образования / Р. Ф. Катаев, В. С. Милютин, М. Г. Близник. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 146 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10927-6. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/>

5. Черепяхин, А.А. Техника и технология ручной дуговой сварки (наплавки) неплавящимся электродом в защитном газе: учебник / Черепяхин А.А., Латыпов Р.А., под ред., Латыпова Г.Р., Андреева Л.П. — Москва: КноРус, 2021. — 197 с. — ISBN 978-5-406-05614-1. — URL: <https://book.ru/>

6. Техника и технология ручной дуговой сварки (наплавки, резки) покрытыми электродами: учебник / Латыпов Р.А., под ред., Черепяхин А.А., Андреева Л.П., Латыпова Г.Р. — Москва: КноРус, 2021. — 197 с. — ISBN 978-5-406-01679-4. — URL: <https://book.ru/>

7. Овчинников, В.В. Оборудование, техника и технология сварки и резки металлов: учебник / Овчинников В.В. — Москва: КноРус, 2021. — 303 с. — ISBN 978-5-406-08583-7. — URL: <https://book.ru/>

8. Овчинников В.В. Технология производства сварных конструкций: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования /В.В. Овчинников.- Москва: Издательский центр "Академия", 2018.- 272с. ISBN 978-5-4468-6470-6

9. Быковский О.Г. Сварочное дело: учеб. пособие /О.Г. Быковский, В.А. Фролов, Г.А. Краснова.- Москва: КНОРУС, 2019.- 272с.- (Среднее профессиональное образование). ISBN 978-5-406-06573-0

Дополнительные учебные издания

10. Ткачева, Г.В. Сварщик ручной дуговой сварки. Основы профессиональной деятельности: учебно-практическое пособие / Ткачева Г.В., Горчаков А.И., Коровин С.В. — Москва: КноРус, 2020. — 128 с. — ISBN 978-5-406-01645-9. — URL: <https://book.ru/>

11. Технология металлов и сплавов: учебное пособие для среднего профессионального образования / ответственный редактор А. П. Кушнир, В. Б. Лившиц. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 310 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-11111-8. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/>

12. Овчинников, В.В. Справочник сварщика: справочник / Овчинников В.В., Овчинников В.В. — Москва: КноРус, 2021. — 271 с. — ISBN 978-5-406-04038-6. — URL: <https://book.ru/>

13. Овчинников, В.В. Подготовительные и сборочные операции перед сваркой: учебник / Овчинников В.В. — Москва: КноРус, 2021. — 170 с. — ISBN 978-5-406-02950-3. — URL: <https://book.ru/>

14. Овчинников, В.В. Термитная сварка: учебник / Овчинников В.В. — Москва: КноРус, 2019. — 133 с. — ISBN 978-5-406-07107-6. — URL: <https://book.ru/>

15. Овчинников, В.В. Газовая сварка (наплавка): учебник / Овчинников В.В. — Москва: КноРус, 2021. — 204 с. — ISBN 978-5-406-08234-8. — URL: <https://book.ru/>

Интернет-ресурсы:

16. www.mirsvarky.ru (Информационный портал ООО "Мир сварки-СиликатПром").

17. www.tehlit.ru (Электронная интернет библиотека «ТехЛит.ру»)

18. www.autowelding.ru (Профессиональный портал «Сварка. Резка. Металлообработка» autoWelding.ru)

19. www.osvarke.info (Информационный сайт для мастеров производственного обучения и преподавателей спецдисциплин «О сварке»)