МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ 33976— 2025

СОЕДИНЕНИЯ СВАРНЫЕ В СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Требования к проектированию, выполнению и контролю качества

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ») при участии Ассоциации «Объединение производителей железнодорожной техники» (ОПЖТ)

2 ВНЕСЕН Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 524 «Железнодорожный транспорт»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 29 августа 2025 г. № 188-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узбекское агентство по техническому регулированию

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 сентября 2025 г. № 1079-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 33976—2025 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 марта 2026 г. с правом досрочного применения

5 ВЗАМЕН ГОСТ 33976—2016

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 3
4 Общие положения 4
5 Требования к проектированию сварных соединений в конструкциях подвижного состава 4
5.1 Общие требования 4
5.2 Требования к материалам для сварных конструкций 5
5.3 Требования к сварным соединениям в сварных узлах с поперечными нагрузками на сварные швы 6
5.4 Требования к сварным соединениям в сварных узлах с продольными нагрузками на сварные швы 7
5.5 Требования к сварным соединениям в узлах сопряжения элементов сварных конструкций 8
5.6 Требования к сварным соединениям с дополнительными деталями и усиливающими элементами 9
5.7 Требования к сварным соединениям котлов вагонов-цистерн 10
5.8 Требования к расчету размеров сварных швов и назначению конструктивных элементов подготовки кромок свариваемых деталей 10
5.9 Требования к назначению категорий качества сварных соединений 17
6 Требования к выполнению сварных соединений 19
6.1 Требования к подготовке металла и изготовлению деталей 19
6.2 Требования к сборке под сварку 20
6.3 Требования к сварке 22
6.3.1 Требования к технологической документации и сварочному оборудованию 22
6.3.2 Требования к дуговой сварке 22
6.3.3 Требования к контактной сварке 24
7 Требования к координации в сварке 24
8 Контроль качества сварных соединений 25
9 Исправление дефектов сварных соединений 26
10 Требования безопасности и охраны труда 27
Приложение А (рекомендуемое) Сварочные материалы для дуговой сварки углеродистых, нелегированных и легированных сталей 28
Приложение Б (рекомендуемое) Сварочные материалы для дуговой сварки коррозионно-стойких и разнородных сталей 29
Приложение В (справочное) Форма подготовки кромок и эффективная толщина сварных швов 30
Приложение Г (справочное) Способы повышения сопротивления усталости сварных соединений 37
Приложение Д (справочное) Пределы допустимости правки и гибки (по радиусу) стального проката в холодном состоянии 41
Приложение Е (рекомендуемое) Схемы термической правки 42
Приложение Ж (рекомендуемое) Области применения и формы технологических карт сварки 43
Приложение И (обязательное) Правила испытания и аттестации технологий сварки 46
Приложение К (обязательное) Требования к точечной, рельефной и шовной сварке 52
Приложение Л (обязательное) Задачи и обязанности координатора сварки 57
Библиография 60

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

СОЕДИНЕНИЯ СВАРНЫЕ В СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Требования к проектированию, выполнению и контролю качества

Welded joints in steel structures of railway rolling stock.
Requirements for design, production and quality inspection

Дата введения — 2026—03—01
с правом досрочного применения

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на сварные стальные соединения при производстве конструкций железнодорожного подвижного состава и подвижного состава метрополитена (далее — подвижной состав) и устанавливает требования к их проектированию, выполнению и контролю качества.

Настоящий стандарт не предназначен для применения при исправлении дефектов литых деталей и не распространяется на сварные соединения котлов вагонов-цистерн, за исключением 4, 5.2.2, 5.7, 5.8.8, 6.3.1, 6.3.2.4, 8.9, 9.13.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 2.312 Единая система конструкторской документации. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений

ГОСТ 3.1001 Единая система технологической документации. Общие положения[1)]

ГОСТ 12.1.004 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.005 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.1.030 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление

ГОСТ 12.2.003 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.007.0 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.007.8 Система стандартов безопасности труда. Устройства электросварочные и для плазменной обработки. Требования безопасности

ГОСТ 12.2.008 Система стандартов безопасности труда. Оборудование и аппаратура для газопламенной обработки металлов и термического напыления покрытий. Требования безопасности

ГОСТ 12.3.002 Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.003 Система стандартов безопасности труда. Работы электросварочные. Требования безопасности

[1)] В Российской Федерации действует ГОСТ Р 3.001—2023 «Единая система технологической документации. Общие положения»

Издание официальное

ГОСТ 12.3.036 Система стандартов безопасности труда. Газопламенная обработка металлов. Требования безопасности

ГОСТ 14.201 Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования

ГОСТ 15.902 Система разработки и постановки продукции на производство. Железнодорожный подвижной состав. Порядок разработки и постановки на производство

ГОСТ 380 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки

ГОСТ 977 Отливки стальные. Общие технические условия

ГОСТ 1050 Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия

ГОСТ 2246 Проволока стальная сварочная. Технические условия

ГОСТ 2601 Сварка металлов. Термины и определения основных понятий[1)]

ГОСТ 3242 Соединения сварные. Методы контроля качества

ГОСТ 5264 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 5632 Нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки

ГОСТ 6032 (ISO 3651-1:1998, ISO 3651-2:1998) Стали и сплавы коррозионно-стойкие. Методы испытаний на стойкость против межкристаллитной коррозии

ГОСТ 6996 (ИСО 4136—89, ИСО 5173—81, ИСО 5177—81) Сварные соединения. Методы определения механических свойств

ГОСТ 7350 Сталь толстолистовая коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические условия

ГОСТ 7512 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод

ГОСТ 8050 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия

ГОСТ 8713 Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 9087 Флюсы сварочные плавленые. Технические условия

ГОСТ 9466 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия

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

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

ГОСТ 10157 Аргон газообразный и жидкий. Технические условия

ГОСТ 10885 Сталь листовая горячекатаная двухслойная коррозионно-стойкая. Технические условия

ГОСТ 11533 Автоматическая и полуавтоматическая дуговая сварка под флюсом. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 11534 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 14771 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 14776 Дуговая сварка. Соединения сварные точечные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 14792 Детали и заготовки, вырезаемые кислородной и плазменно-дуговой резкой. Точность, качество поверхности реза

ГОСТ 14955 Сталь качественная круглая со специальной отделкой поверхности. Технические условия

ГОСТ 14959 Металлопродукция из рессорно-пружинной нелегированной и легированной стали. Технические условия

ГОСТ 15878 Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 16037 Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 16098 Соединения сварные из двухслойной коррозионностойкой стали. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 17066 Прокат тонколистовой из стали повышенной прочности. Технические условия

[1)] В Российской Федерации действует ГОСТ Р 58904—2020/ISO/TR 25901-1:2016 «Сварка и родственные процессы. Словарь. Часть 1. Общие термины»

ГОСТ 19281 Прокат повышенной прочности. Общие технические условия

ГОСТ 21357 Отливки из хладостойкой и износостойкой стали. Общие технические условия

ГОСТ 22703 Детали литые сцепных и автосцепных устройств железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия

ГОСТ 23518 Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 23949 Электроды вольфрамовые сварочные неплавящиеся. Технические условия

ГОСТ 30242 Дефекты соединений при сварке металлов плавлением. Классификация, обозначение и определения[1)]

ГОСТ 34991 Соединения сварные в стальных конструкциях железнодорожного подвижного состава. Методы ультразвукового контроля

ГОСТ ISO 6848 Дуговая сварка и резка. Электроды неплавящиеся вольфрамовые. Классификация

ГОСТ ISO 9692-1 Сварка и родственные процессы. Типы подготовки соединений. Часть 1. Сварка ручная дуговая плавящимся электродом, сварка дуговая плавящимся электродом в защитном газе, сварка газовая, сварка дуговая вольфрамовым электродом в инертном газе и сварка лучевая сталей

ГОСТ ISO 9692-2 Сварка и родственные процессы. Типы подготовки соединений. Часть 2. Сварка дуговая сталей под флюсом

ГОСТ ISO 17635 Неразрушающий контроль сварных соединений. Общие правила для металлических материалов

ГОСТ ISO 17636-1 Неразрушающий контроль сварных соединений. Радиографический контроль. Часть 1. Способы рентгено- и гаммаграфического контроля с применением пленки

ГОСТ ISO 17636-2 Неразрушающий контроль сварных соединений. Радиографический контроль. Часть 2. Способы рентгено- и гаммаграфического контроля с применением цифровых детекторов

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (gost.e-ecolog.ru о указателям национальных стандартов, издаваемым в государствах, указанных в предисловии, или на официальных сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации. Если на документ дана недатированная ссылка, то следует использовать документ, действующий на текущий момент, с учетом всех внесенных в него изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то следует использовать указанную версию этого документа. Если после принятия настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение применяется без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 2601, ГОСТ 30242, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **аттестация технологии сварки:** Подтверждение результатами испытаний соответствия контрольного сварного соединения, выполненного в соответствии с проектом технологической карты сварки, требованиям настоящего стандарта и конструкторской документации.

3.2 **испытание технологии сварки:** Изготовление контрольного сварного соединения в соответствии с проектом технологической карты сварки и его испытание с целью аттестации технологии сварки.

3.3 **изготовитель:** Предприятие (организация, объединение), осуществляющее выпуск продукции. [ГОСТ 15.902—2014, пункт 3.15]

3.4 **квалифицированный персонал:** Персонал, способность/умения и знания которого получены в результате образования, обучения и/или соответствующего практического опыта.

Примечание — Подтверждение квалификации может потребоваться для того, чтобы установить/доказать уровень способности/умения и профессиональных знаний.

3.5 **персонал по координации в сварке, координатор сварки:** Специалист или группа специалистов, выполняющих определенные задачи по координации в сварке.

3.6 **координация в сварке:** Координация производственных операций всех сварочных и связанных со сваркой работ.

Примечание — Координация в сварке может быть поручена одному специалисту или группе.

[1)] В Российской Федерации действует ГОСТ Р ИСО 6520-1—2012 «Сварка и родственные процессы. Классификация дефектов геометрии и сплошности в металлических материалах. Часть 1. Сварка плавлением»

3.7 **отчет об аттестации технологии сварки:** Документ, содержащий результаты испытаний и выводы о соответствии технологической карты сварки требованиям настоящего стандарта и конструкторской документации.

3.8 **проект технологической карты сварки:** Документальное изложение технологии выполнения сварного шва контрольного сварного соединения, подлежащей аттестации.

3.9 **сварщик-оператор:** Лицо, которое контролирует или регулирует любые сварочные параметры при полностью механизированной или автоматической сварке.

3.10 **технологическая карта сварки:** Документальное изложение аттестованной технологии выполнения сварного шва, обеспечивающее повторяемость ее выполнения в производстве продукции.

3.11 **технология сварки:** Установленный порядок действий для выполнения сварного шва, включая указания на процессы сварки, основные и сварочные материалы, подготовку под сварку, предварительный нагрев (при необходимости), параметры режима сварки, технику исполнения, необходимое оборудование.

3.12 **уровень качества:** Описание качества сварного шва, основанное на типе, размере и количестве выявленных дефектов.

[ГОСТ ISO 17635—2018, пункт 3.5]

3.13 **категория безопасности:** Определяет последствия разрушения конкретного сварного соединения по уровню воздействия на людей, объекты и окружающую среду.

4 Общие положения

4.1 Процессы сварки относятся к категории специальных процессов, качество которых ввиду ограниченных возможностей его проверки на готовом изделии должно быть обеспечено на всех стадиях проектирования, разработки технологии, изготовления, контроля и приемки готовой продукции.

4.2 Для выполнения сварных соединений конструкций подвижного состава изготовитель должен располагать:

- необходимыми производственными мощностями (отапливаемыми цехами, технологическим, подъемно-транспортным и испытательным оборудованием, средствами измерений и механизации, оснасткой);
- аттестованными сварщиками и сварщиками-операторами;
- специалистами по разработке технологий сварки и надзору за их выполнением;
- аттестованными технологиями сварки;
- обученным персоналом службы технического контроля;
- квалифицированными специалистами по неразрушающим методам контроля;
- конструкторской и технологической документацией на изготавливаемое изделие.

4.3 Изготовитель должен в соответствии с требованиями национальных стандартов и нормативных документов, действующих на территории государства, принявшего стандарт, обеспечить координацию всех относящихся к сварке действий при производстве изделий с установлением перечня должностей и обязанностей участвующего в ней персонала.

4.4 Сварочные работы должны выполнять сварщики или сварщики-операторы, прошедшие аттестационные испытания. Нормативные документы изготовителя, регулирующие процедуру аттестационных испытаний сварщиков и сварщиков-операторов дуговой, плазменной сварки, и прочих процессов сварки должны быть разработаны на основе правил [1] или требований национальных стандартов и нормативных документов, действующих на территории государства, принявшего стандарт.

4.5 Сборку и сварку конструкций следует производить в закрытых помещениях при относительной влажности воздуха не более 70 % при положительной температуре свариваемых металлических конструкций и окружающего воздуха и исключающих сквозняки и другие причины движения воздуха в местах проведения сварочных работ.

5 Требования к проектированию сварных соединений в конструкциях подвижного состава

5.1 Общие требования

5.1.1 Проектирование сварных соединений и сварных узлов в конструкциях подвижного состава следует проводить в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

5.1.2 При проектировании сварных конструкций необходимо выполнять следующие требования:

- сварные соединения и сварные узлы должны удовлетворять требованиям прочности;

- расположение сварных швов по возможности должно обеспечивать удобство выполнения сварки, обработки и всех предусмотренных конструкторской и технологической документацией видов контроля сварных соединений;

- следует по возможности применять сварные соединения с минимальной концентрацией напряжений, избегая образования объемных напряженных зон;

- в зонах действия высоких напряжений необходимо обеспечивать плавность передачи рабочих нагрузок по возможности без эксцентриситета сопрягаемых элементов;

- при присоединении к несущему элементу конструкции дополнительных деталей форма последних по возможности должна обеспечивать плавность переходов сечений в местах сварных соединений, при этом дополнительные детали по возможности должны присоединяться в наименее нагруженных зонах несущего элемента;

- для уменьшения сварочных деформаций следует располагать сварные швы по возможности симметрично относительно центра тяжести элемента;

- в несущих элементах конструкций не допускается применение прерывистых швов, за исключением приварки обшивки и дополнительных элементов, не являющихся несущими, к несущим элементам;

- в сварных конструкциях необходимо избегать возможного скопления воды и грязи, а элементы замкнутого сечения должны быть герметизированы, или конструкцией предусмотрены отверстия для стока воды и циркуляции воздуха;

- на сопрягаемые поверхности и поверхности деталей замкнутого профиля, изготовляемых из углеродистых, нелегированных и легированных сталей, в сварных соединениях кузовов вагонов и локомотивов, выполняемых сваркой контактной точечной или сваркой дуговой точечной и прерывистыми швами, следует предусматривать нанесение антикоррозионных покрытий. Допускается не наносить антикоррозионные покрытия на сопрягаемые поверхности деталей, располагаемых внутри кузовов локомотивов, пассажирских вагонов, вагонов метрополитена и электропоездов, а также при герметизации таких соединений для предотвращения попадания влаги.

5.1.3 Чертежи сварных сборочных единиц должны предусматривать преимущественное применение частично или полностью механизированной сварки и удовлетворять требованиям технологичности конструкции согласно ГОСТ 14.201, кроме случаев, оговоренных в конструкторской документации.

5.1.4 Чертежи сварных сборочных единиц должны быть оформлены с указанием сварных швов по ГОСТ 2.312 или другим национальным стандартам и нормативным документам, действующим на территории государства, принявшего стандарт[1)].

5.1.5 При разработке конструкторской документации на сборочную единицу, изготавливаемую с применением сварки, должны быть указаны точное расположение сварного шва, тип сварного соединения и объем контроля сварных соединений (при наличии требований к контролю).

5.2 Требования к материалам для сварных конструкций

5.2.1 В сварных конструкциях подвижного состава используют:

- листовой, сортовой, трубный, фасонный прокат;
- гнутые (гнутосварные) профили;
- штампованные, кованые и литые детали.

5.2.2 При проектировании сварных конструкций применяют следующие основные материалы:

- для несущих конструкций рам вагонов, кузовов, рам тележек — легированные стали классов прочности от 295 до 390 марок 09Г2, 09Г2Д, 09Г2С, 09Г2СД, 15ХСНД, 10Г2Б, 10Г2БД, 10ХСНД по ГОСТ 19281 категории 13, 14, 15, 17, 18 или 19, а также 12Г2Ф, 12Г2ФД категорий 14, 15 по нормативным документам, действующим на территории государства, принявшего стандарт[2)];

- для литых деталей, являющихся несущими элементами конструкций — конструкционные легированные стали марок 20ФЛ, 20Г1ФЛ, 20ФТЛ, 20ГТЛ, 20ГЛ по ГОСТ 977, ГОСТ 21357, ГОСТ 22703 с ударной вязкостью при минус 60 °С на образцах KCU не менее 25 Дж/см^2 и содержанием марганца не более 1,4 %, углерода в стали марки 20ГЛ не более 0,23 %; для остальных деталей — перечисленные выше легированные стали и конструкционные нелегированные стали марок 15Л, 20Л по ГОСТ 977 с содержанием углерода не более 0,23 %;

[1)] В Российской Федерации действует ГОСТ Р ИСО 2553—2022 «Сварка и родственные процессы. Условные обозначения на чертежах. Сварные соединения».

[2)] В Российской Федерации действуют ТУ 14-1-5391—99 «Прокат фасонный из низколегированной стали для вагоностроения».

- для корпусов котлов вагонов-цистерн — стали, указанные в национальных стандартах, действующих на территории государства, принявшего стандарт[1)];

- для коррозионно-стойких элементов конструкций (детали кузовов пассажирских и бункерных вагонов, баки и др.) — нержавеющие стали марок 12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т, 12Х18Н9, 08Х22Н6Т, 08Х21Н6М2Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х14Г14Н3, 08Х18Г8Н2Т по ГОСТ 5632, ГОСТ 7350 и двухслойные стали марок 12Х18Н10Т+Ст3сп, 06ХН28МДТ+Ст3сп, 10Х17Н13М2Т+20К, 10Х17Н13М3Т+20К, 12Х18Н10Т+09Г2С по ГОСТ 10885;

- для остальных элементов сварных конструкций — перечисленные выше марки легированных сталей категорий 2, 6, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, легированная сталь марки 10ХНДП по ГОСТ 19281 категории не ниже 2, толщиной до 5 мм и по ГОСТ 17066, углеродистые стали марок Ст3сп, Ст3пс по ГОСТ 380, марок 15 и 20 по ГОСТ 1050.

Следует применять стальной прокат с гарантией свариваемости, кроме оговоренных в конструкторской документации случаев.

Допускается изготовление литых приварных деталей локомотивов, моторвагонного подвижного состава и вагонов метрополитена из сталей марок 15Л, 20Л по ГОСТ 977 с содержанием углерода не более 0,23 %.

Допускается применение стали других марок и классов прочности (пределом текучести) при подтверждении достаточного уровня усталостной прочности и хладостойкости нагруженных элементов конструкций в зонах сварных соединений и аттестации технологии сварки. Выбор сварочных материалов производят в зависимости от химического состава стали, ее механических свойств и условий работы конструкции.

5.2.3 Допускается применение соединений элементов из коррозионно-стойких сталей с элементами из углеродистых и легированных сталей, соответствующих 5.2.2.

5.2.4 Марки сварочных материалов, применяемых при выполнении сварных швов, рассчитываемых на прочность, при необходимости могут быть указаны в чертеже сварной сборочной единицы или другой документации.

5.2.5 Рекомендуемые сварочные материалы для сварки стальных конструкций приведены в приложениях А и Б.

Допускается применение других сварочных материалов по результатам аттестации технологии сварки.

5.3 Требования к сварным соединениям в сварных узлах с поперечными нагрузками на сварные швы

5.3.1 Сварные соединения несущих элементов следует выполнять двусторонней сваркой стыковыми швами с полным проплавлением. Допускается односторонняя сварка на подкладке с обеспечением полного проплавления. При невозможности установки подкладки допускается односторонняя сварка без подкладки с контролем 100 % длины сварного шва на отсутствие непроваров и других несплошностей.

5.3.2 При нестандартных стыковых сварных соединениях деталей с разностью толщин более, мм:

1,0 ..... при толщине более тонкой детали до 4 мм включительно;

2,0 ..... при толщине более тонкой детали от 4 до 30 мм включительно;

4,0 ..... при толщине более тонкой детали свыше 30 до 40 мм включительно;

6,0 ..... при толщине более тонкой детали свыше 40 мм должен быть достигнут плавный переход от одной детали к другой путем выполнения скоса на детали большей толщины с одной или двух сторон до толщины более тонкой детали под углом 15° ± 2° к плоскости листа или наклонного расположения поверхности сварного шва, если отношение толщин более толстой детали к более тонкой детали не превышает 1,5 раза. Скос более толстой детали допускается выполнять под меньшим углом в случае, если это предусмотрено конструкторской документацией.

При различии деталей по ширине рекомендуется выполнять аналогичные скосы под углом 15° ± 2° на концах более широкой детали. Скос более широкой детали допускается выполнять под меньшим углом в случае, если это предусмотрено конструкторской документацией.

5.3.3 Поперечные стыковые соединения рекомендуется выполнять прямыми (под углом 90° к продольной оси элемента).

Поперечные стыки по возможности размещают в зонах с наименьшими напряжениями.

[1)] В Российской Федерации действует ГОСТ Р 72029—2025 «Сосуды стальные сварные для вагонов-цистерн. Общие технические условия».

При стыковке балок из горячекатаных профилей рекомендуется стыки полок выполнять прямыми (под углом 90° к продольной оси элемента), а стенок — под углом 45° к продольной оси элемента. Допускается стыковка стенок и полок горячекатаных профилей под прямым углом в специально оговоренных в конструкторской документации случаях.

5.4 Требования к сварным соединениям в сварных узлах с продольными нагрузками на сварные швы

5.4.1 Продольные сварные швы, соединяющие растянутые поясные элементы со стенками балок, должны быть выполнены двусторонней сваркой и иметь полное проплавление, как показано на рисунке 1.

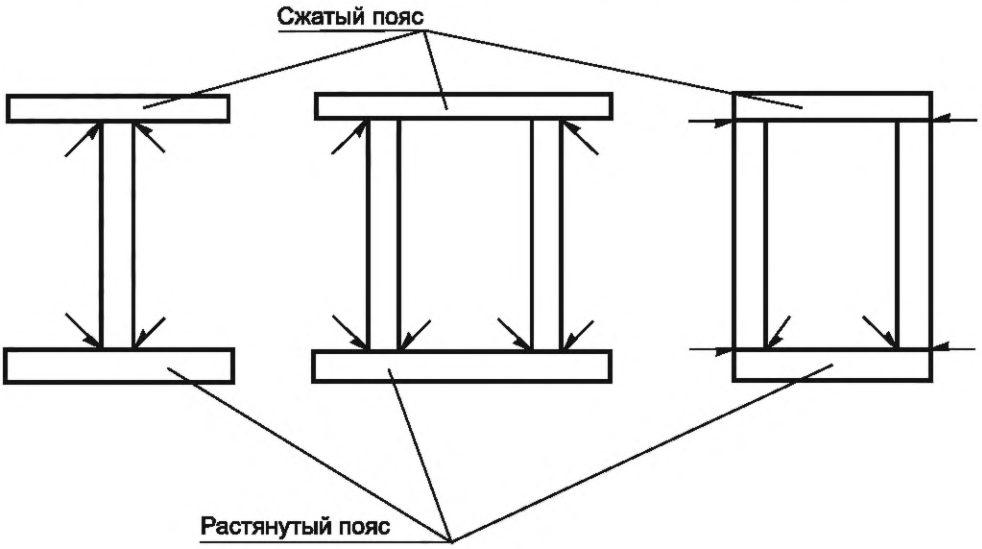


Рисунок 1

При невозможности выполнения двусторонней сварки допустимость применения односторонней сварки швом с частичным проплавлением в соединениях растянутых элементов со стенками балок коробчатого сечения должна быть подтверждена расчетами или испытаниями на сопротивление усталости.

5.4.2 Продольные стыковые швы балок коробчатого сечения, изготовляемых из гнутых (штампованных) или прокатных швеллеров, рекомендуется располагать в плоскости нейтрального слоя поперечного сечения, как показано на рисунке 2. В случае невозможности выполнения этих швов с полным проплавлением (например, с помощью подкладки) в чертеже должна быть указана минимальная толщина проплавления сварного шва, подтвержденная расчетами или испытаниями.

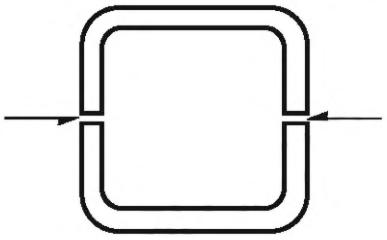


Рисунок 2

5.4.3 При применении в конструкциях хребтовых балок зетового профиля в чертежах следует указывать минимально допустимую толщину проплавления продольного стыкового шва, соединяющего верхние полки профилей.

5.4.4 В тавровых соединениях минимальное расстояние от стенки до края поясного элемента рекомендуется принимать равным сумме толщины поясного элемента и катета сварного шва.

5.5 Требования к сварным соединениям в узлах сопряжения элементов сварных конструкций

5.5.1 Поперечные стыки сопрягаемых несущих элементов сварных балок должны быть взаимно разнесены на расстояние не менее 100 мм согласно рисунку 3.

5.5.2 В местах пересечения сварных швов, на ранее выполненном сварном шве выпуклость должна быть снята.

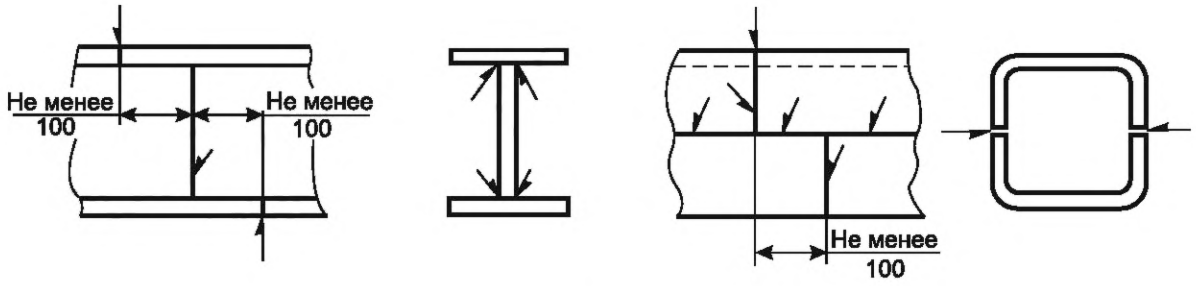


Рисунок 3

5.5.3 Для обеспечения плавной передачи нагрузок между частями конструкций, сопрягаемыми под разными углами, рекомендуется соединение поясных элементов выполнять стыковыми швами с полным проплавлением через промежуточные элементы, косынки или увеличивать длину концевого участка одного из соединяемых элементов. При этом места перехода вместе с концами швов рекомендуется механически обрабатывать по радиусу.

Варианты узлов соединения несущих элементов показаны на рисунке 4.

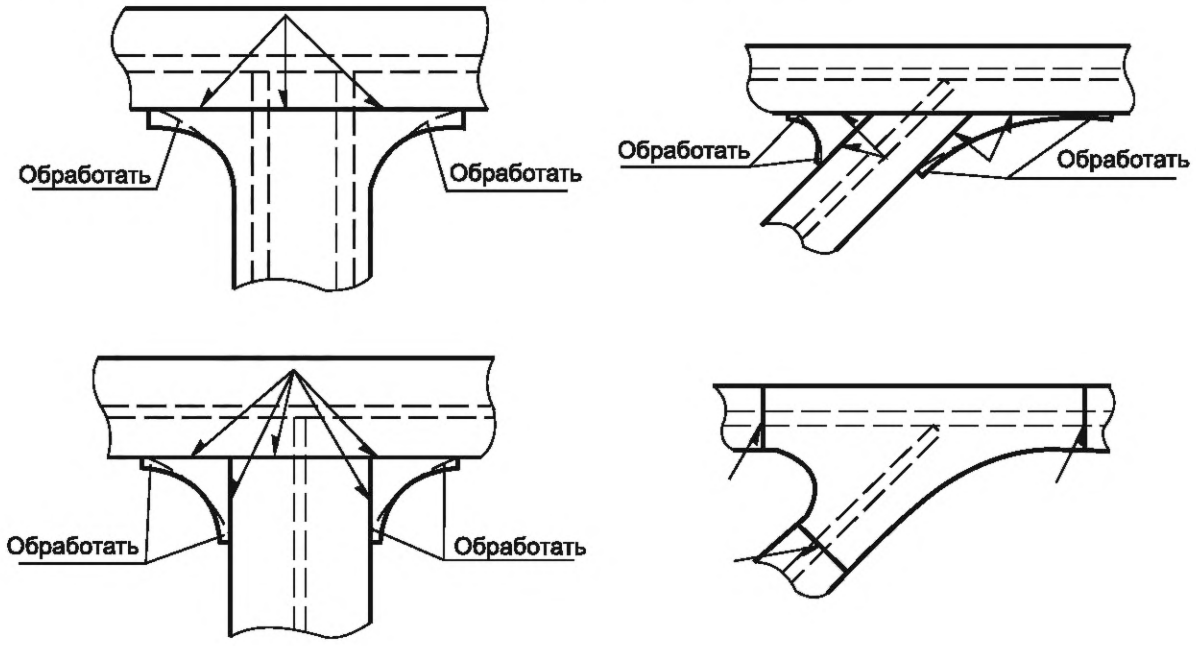


Рисунок 4

5.5.4 При применении несущих элементов, изготовленных гибкой или штамповкой в холодном состоянии, выполнение сварных швов в местах деформации проката несущего элемента допускается при условии, что отношение внутреннего радиуса гиба к толщине металла проката составляет не менее:

1,0 — при толщине до 4 мм включительно;

1,5 — при толщине свыше 4 до 8 мм включительно;

2,0 — при толщине свыше 8 до 12 мм включительно;

3,0 — при толщине свыше 12 до 24 мм включительно;

10,0 — при толщине свыше 24 до 50 мм включительно.

5.6 Требования к сварным соединениям с дополнительными деталями и усиливающими элементами

5.6.1 Ребра жесткости, диафрагмы и другие усиливающие элементы следует устанавливать с учетом напряжений, действующих в основном сечении, размещая их в менее напряженных местах. Соединение элементов толщиной более 4 мм рекомендуется выполнять двусторонней сваркой непрерывными угловыми швами, при этом торец присоединяемой детали должен быть обварен сварным швом, соединяющим концы угловых швов, как показано на рисунке 5. Обварка должна быть выполнена на длину L, равную не менее двух толщин t привариваемой детали. Конструктивные элементы сварного шва обварки должны быть указаны в конструкторской документации.

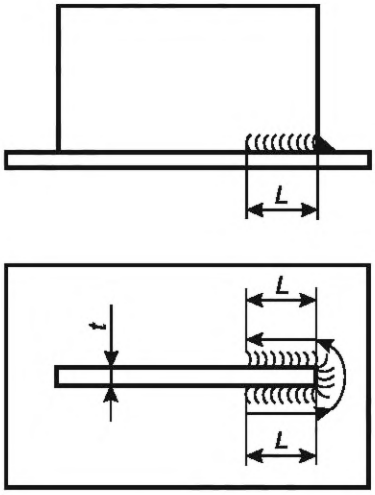
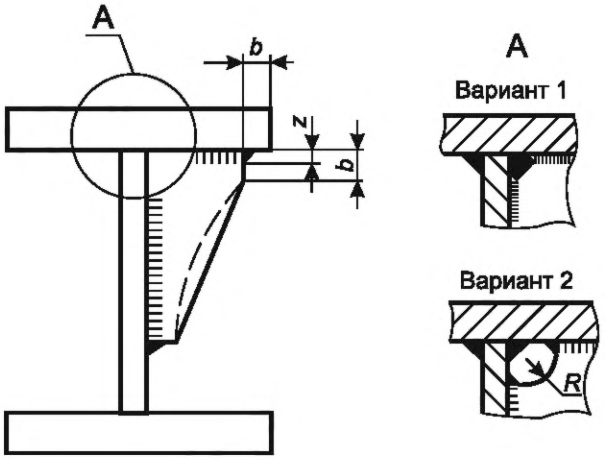


Рисунок 5

Приваривать ребра жесткости и диафрагмы непосредственно к растянутым поясам не рекомендуется. Рекомендуемые варианты конструктивного исполнения установки ребер жесткости приведены на рисунке 6.



Примечание — $b \geq 2z$, $R_{min} \geq 30$ мм.

Рисунок 6

Расстояние между ребром жесткости и стыковыми швами стенки и полки несущего элемента должно быть не менее 10 толщин стенки или полки несущего элемента.

5.6.2 При проектировании приварки деталей к растянутым несущим элементам сварными швами, расположенными перпендикулярно к действующим напряжениям, расстояние между швами должно быть не менее 50 мм.

5.6.3 Применять нахлесточные соединения деталей с элементами, работающими на растяжение, не рекомендуется.

5.6.4 Минимальная длина прерывистых сварных швов в соединениях тонколистовых элементов с несущими элементами рамы и каркаса кузова должна быть не менее пяти толщин несущего элемента и не менее 20 мм.

5.7 Требования к сварным соединениям котлов вагонов-цистерн

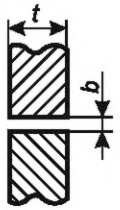
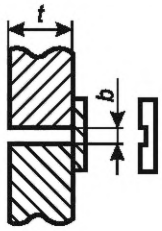
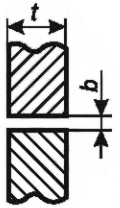
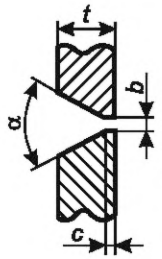
Требования к сварным соединениям котлов вагонов-цистерн — согласно национальным стандартам, действующим на территории государства, принявшего стандарт[1)].

5.8 Требования к расчету размеров сварных швов и назначению конструктивных элементов подготовки кромок свариваемых деталей

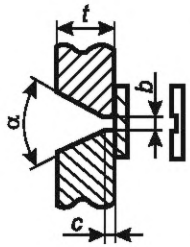
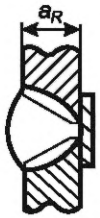
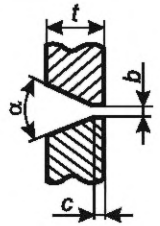
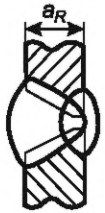
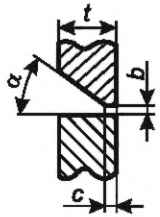
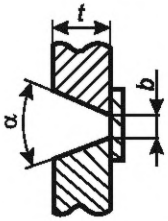
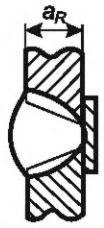
5.8.1 Размеры сварных швов категорий качества 1 и 2, определенных в соответствии с 5.9, подлежат расчету. Соотношения эффективной (расчетной) толщины сварного шва a_R с толщиной детали t должны соответствовать требованиям таблицы 1.

[1)] В Российской Федерации действует ГОСТ Р 72029—2025 «Сосуды стальные сварные для вагонов-цистерн. Общие технические условия».

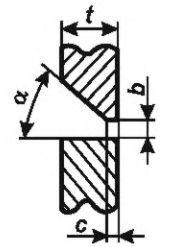
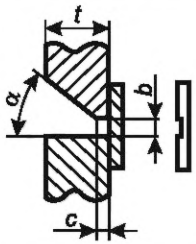
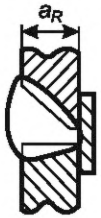
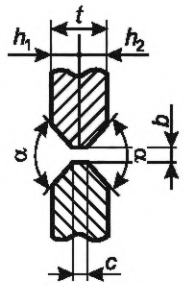
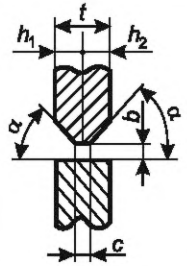
Таблица 1 — Конструктивные элементы подготовки кромок под сварку и эффективная толщина сварных швов

Тип сварного соединения	Форма подготовки кромок	Форма поперечного сечения сварного шва	Процесс дуговой сварки плавящимся электродом	Толщина металла, t, мм	Конструктивные элементы подготовки кромок			Эффективная толщина сварного шва
					b, мм	c, мм	α, °	
Стыковое с односторонним швом			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$t \le 4$	От 0 до 2	—	—	$a_R = 0{,}8t$[1)]
			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$t \le 6$ $t \le 4$	От 0 до 3	—	—	$a_R = t$
			Под флюсом	$2 \le t \le 12$	От 0 до 3	—	—	
Стыковое с двусторонним швом			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$3 \le t \le 6$ $3 \le t \le 5$	От 0 до 3	—	—	$a_R = t$
			Под флюсом	$2 \le t \le 20$	От 0 до 2	—	—	
Стыковое с односторонним швом			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$3 \le t \le 16$	От 0 до 3	От 0 до 2	50[2)]	$a_R = 0{,}8t$[1)]

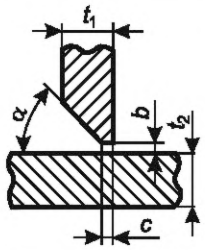
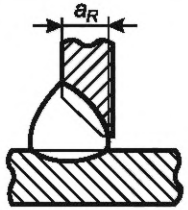
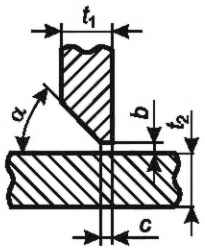
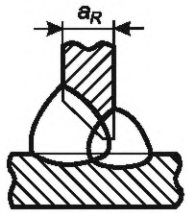
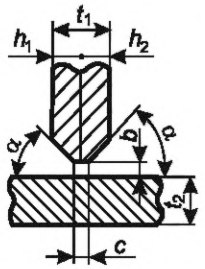
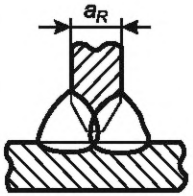
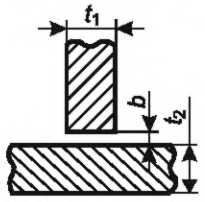
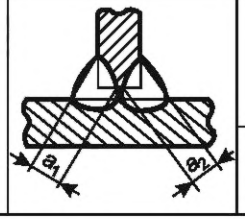
Продолжение таблицы 1

Тип сварного соединения	Форма подготовки кромок	Форма поперечного сечения сварного шва	Процесс дуговой сварки плавящимся электродом	Толщина металла, t, мм	Конструктивные элементы подготовки кромок			Эффективная толщина сварного шва
					b, мм	c, мм	α, °	
Стыковое с односторонним швом			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$3 \le t \le 16$	От 1 до 3	От 0 до 2	50[2)]	$a_R = t$
			Под флюсом	$t \ge 12$	От 0 до 3	От 1 до 2	50	
Стыковое с двусторонним швом			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$3 \le t \le 16$	От 1 до 3	От 0 до 2	50[2)]	$a_R = t$
			Под флюсом	$t \ge 12$	От 0 до 3	От 1 до 6	50	
			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$3 \le t \le 16$	От 1 до 3	От 0 до 2	От 45 до 50	$a_R = t$
			Под флюсом	$t \ge 12$	От 0 до 3	От 1 до 6	50	
Стыковое с односторонним швом			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$12 \le t \le 30$	От 6 до 15	—	От 20 до 40	

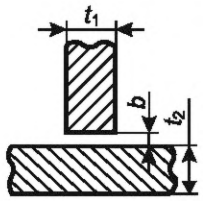
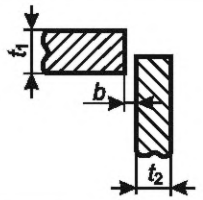
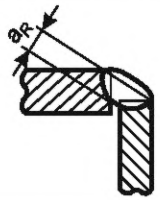
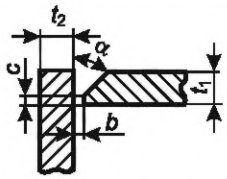
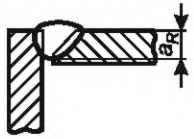
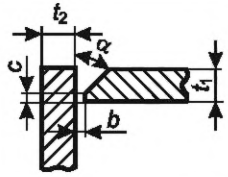
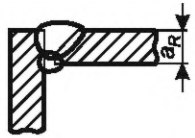
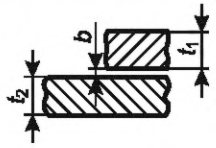
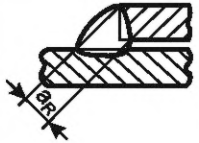
Продолжение таблицы 1

Тип сварного соединения	Форма подготовки кромок	Форма поперечного сечения сварного шва	Процесс дуговой сварки плавящимся электродом	Толщина металла, t, мм	Конструктивные элементы подготовки кромок			Эффективная толщина сварного шва
					b, мм	c, мм	α, °	
Стыковое с односторонним швом			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$3 \le t \le 16$	От 1 до 3	От 1 до 2	От 45 до 50	$a_R = 0{,}8t$[1)]
			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$3 \le t \le 16$	От 1 до 3	От 0 до 2	От 45 до 50[2)]	$a_R = t$
			Под флюсом	$t \ge 12$	От 0 до 3	От 1 до 2	50	
Стыковое с двусторонним швом			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$t \ge 12$	От 1 до 3	От 0 до 2	50[2)]	$a_R = t$
			Под флюсом	$t \ge 16$	От 0 до 4	От 2 до 6	50	
			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$t \ge 12$	От 1 до 3	От 0 до 2	От 45 до 50[2)]	$a_R = t$

Продолжение таблицы 1

Тип сварного соединения	Форма подготовки кромок	Форма поперечного сечения сварного шва	Процесс дуговой сварки плавящимся электродом	Толщина металла, t, мм	Конструктивные элементы подготовки кромок			Эффективная толщина сварного шва
					b, мм	c, мм	α, °	
Тавровое с односторонним швом			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$3 \le t \le 16$	От 1 до 3	От 0 до 2	От 45 до 50[2)]	$a_R = 0{,}8t_1$[1)]
Тавровое с двусторонним швом			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$3 \le t \le 16$	От 0 до 3	От 0 до 2	От 45 до 50[2)]	$a_R = t_1$
			Под флюсом	$t \ge 8$	От 0 до 3	От 1 до 5	50	
			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$t \ge 12$	От 1 до 3	От 0 до 2	От 45 до 50[2)]	$a_R = t_1$
			Под флюсом	$t \ge 16$	От 0 до 2	От 3 до 5	50	
Тавровое с двусторонним швом			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$2 \le t \le 12$	От 0 до 2	—	—	$a_R = a_1 + a_2 \le t_{min}$ $a_{max} \le 0{,}7t_{min}$
			Под флюсом	$3 \le t \le 16$	От 0 до 1	—	—	

Окончание таблицы 1

Тип сварного соединения	Форма подготовки кромок	Форма поперечного сечения сварного шва	Процесс дуговой сварки плавящимся электродом	Толщина металла, t, мм	Конструктивные элементы подготовки кромок			Эффективная толщина сварного шва
					b, мм	c, мм	α, °	
Тавровое с односторонним швом			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$2 \le t \le 12$	От 0 до 2	—	—	$a_R \le 0,7t_{min}$
			Под флюсом	$3 \le t \le 16$	От 0 до 1	—	—	
Угловое с односторонним швом			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$2 \le t \le 12$	От 0 до 1	—	—	$a_R \le 0,7t_2$ $t_2 \le t_1$
			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$3 \le t \le 16$	От 1 до 3	От 0 до 2	От 45 до 50[2)]	$a_R = 0,8t_1$[1)]
Угловое с двусторонним швом			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$3 \le t \le 16$	От 0 до 3	От 0 до 2	От 45 до 50[2)]	$a_R = t_1$
			Под флюсом	$t \ge 8$	От 0 до 3	От 1 до 5	50	
Нахлесточное			В защитном газе Ручная покрытым электродом	$t \ge 1,5$	От 0 до 2	—	—	$a_{max} \le \frac{t_1}{\sqrt{2}} - \frac{t_1}{10}$ $t_2 \ge t_1$
			Под флюсом	$t \ge 2$	От 0 до 1	—	—	

[1)] $a_R = t$, t_1 с введением в конструкторскую документацию требования неразрушающего контроля на отсутствие непроваров 100 % длины сварного шва.

[2)] При сварке в двуокиси углерода электродной проволокой диаметром от 1,4 до 1,6 мм включительно допускается размеры конструктивных элементов подготовки кромок назначать по ГОСТ 14771 (способ УП).

5.8.2 Размер катета углового шва z, мм (сторона наибольшего равнобедренного треугольника, который можно вписать в сечение шва, см. рисунок 7) при сопряжении деталей под прямым углом рассчитывают по формуле

$$z = \frac{a_R}{k_ш}, \quad (1)$$

где a_R — эффективная (расчетная) толщина сварного шва, мм;

$k_ш$ — коэффициент эффективности проплавления.

Значения коэффициента $k_ш$ следует принимать в соответствии с таблицей 2.

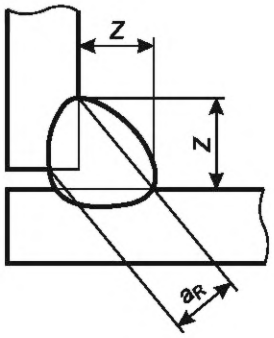


Рисунок 7

Таблица 2 — Значения коэффициента эффективности проплавления угловых швов

Эффективная толщина сварного шва a_R, мм	Коэффициент эффективности проплавления, $k_ш$			
	Дуговая сварка под флюсом	Дуговая сварка в двуокиси углерода проволокой марки Св-08Г2С диаметром от 1,4 до 1,6 мм включ.	Дуговая сварка в двуокиси углерода проволокой диаметром менее 1,4 мм, в смесях аргона с двуокисью углерода или кислородом	Ручная дуговая сварка покрытым электродом
До 6 включ.	1,00	0,85	0,70	0,70
От 6 до 12	0,90	0,80		
От 12 включ.	0,70	0,70		

При несимметричном сварном шве за катет Z следует принимать меньшую сторону наибольшего треугольника, который можно вписать в сечение шва.

5.8.3 При расчетах принимают значения предела текучести металла сварного шва в соответствии с таблицей 3.

При применении сварочных материалов, обеспечивающих предел текучести металла шва, превышающий установленный таблицей 3, допускается уменьшение катетов угловых швов до 40 % от рассчитанного значения катета углового шва.

Таблица 3 — Значения предела текучести металла сварных швов

В мегапаскалях

Группа свариваемых сталей	Предел текучести металла сварных швов, $\sigma_т$		
	Дуговая сварка в защитном газе	Дуговая сварка под флюсом	Ручная дуговая сварка покрытым электродом
Легированные классов прочности от 295 до 390	400 (проволока Св-08Г2С[1)] по ГОСТ 2246)	400 (проволока Св-08ГА, Св-10Г2[1)] по ГОСТ 2246)	390 (электрод типа Э50А по ГОСТ 9467, ГОСТ 9466)
Углеродистые и коррозионностойкие, легированные классов прочности свыше 390 (гарантированным пределом текучести свыше 390 МПа)	Минимальные значения $\sigma_т$ по стандартам на свариваемую сталь		

[1)] Марки сварочных материалов приведены справочно.

5.8.4 Размеры конструктивных элементов подготовки кромок под дуговую сварку плавящимся электродом должны назначаться в соответствии с таблицей 3 с проектированием нестандартных швов или выбором стандартных типов соединений:

- по ГОСТ 8713, ГОСТ 11533 — при дуговой сварке под флюсом;
- по ГОСТ 14771, ГОСТ 23518 — при дуговой сварке плавящимся электродом в защитном газе;
- по ГОСТ 5264, ГОСТ 11534 — при ручной дуговой сварке покрытым электродом.

5.8.5 Стандартные сварные соединения следует назначать в соответствии с:

- ГОСТ 5264, ГОСТ 11534 — при ручной дуговой сварке покрытым электродом;
- ГОСТ 14771, ГОСТ 23518 — при дуговой сварке в инертном газе вольфрамовым электродом, а также плавящимся электродом в среде защитных газов;
- ГОСТ 8713, ГОСТ 11533 — при дуговой сварке под флюсом;
- ГОСТ 14776 — при дуговой сварке точечных соединений;
- ГОСТ 15878 (группа А) — при контактной сварке (точечной, рельефной, шовной, стыковой);
- ГОСТ 16037 — при сварке трубопроводов;
- ГОСТ 16098 — при сварке двухслойных сталей.

Для нестандартных сварных соединений в конструкторской документации должны быть указаны:

- конструктивные элементы подготовки кромок;
- конструктивные элементы шва сварного соединения, в том числе минимальная толщина проплавления сварного шва (при необходимости). Необходимость указания минимальной толщины проплавления сварного шва определяется разработчиком конструкторской документации.

Для сварных соединений из коррозионно-стойких двухслойных сталей по ГОСТ 10885, в конструкторской документации должны быть приведены требования к выполнению переходного слоя, размеры переходного слоя и его расположение относительно основного и плакирующего слоев.

Назначение сварных соединений допускается выполнять по другим национальным стандартам и нормативным документам, действующим на территории государства, принявшего стандарт[1)]. В таком случае значения эффективной толщины сварного шва a_R в зависимости от типа сварного соединения приведены в приложении В, а конструктивные элементы подготовки кромок для ручной дуговой сварки покрытым электродом, дуговой сварке плавящимся электродом в среде защитных газов, дуговой сварке вольфрамовым электродом в инертном газе следует назначать по ГОСТ ISO 9692-1, для дуговой сварки под флюсом по ГОСТ ISO 9692-2.

5.8.6 Стыковую контактную сварку следует выполнять способом оплавления. В месте стыка свариваемые детали должны иметь одинаковую форму и сечения, различающиеся не более, чем на 15 % по площади сечения для круглых деталей и на 10 % — для прямоугольных.

5.8.7 Сварные узлы несущих конструкций, работающие в области многоцикловой усталости, рассчитывают на сопротивление усталости с оценкой по коэффициенту запаса сопротивления усталости в соответствии со стандартами на соответствующий вид подвижного состава. Прочие сварные узлы несущих конструкций рассчитывают на прочность с оценкой по допускаемым напряжениям в соответствии со стандартами на соответствующий вид подвижного состава.

5.8.8 Для повышения сопротивления усталости в конструкторской документации может быть предусмотрена обработка сварных соединений, приведенная в приложении Г.

5.9 Требования к назначению категорий качества сварных соединений

5.9.1 В зависимости от категории нагрузки и категории безопасности отдельных сварных соединений на стадии проектирования следует устанавливать категории качества сварных соединений. Категория качества сварных соединений должна быть указана в конструкторской документации.

5.9.2 Категорию нагрузки определяет разработчик по результатам прочностного расчета конструкции с классификацией по трем уровням: высокий, средний, низкий.

Рекомендуется классификацию категории нагрузки проводить в соответствии с коэффициентом нагрузки S по таблице 4. Коэффициент нагрузки следует определять как отношение допускаемого значения коэффициента запаса сопротивления усталости, установленного стандартом на соответствующий вид подвижного состава, к расчетному коэффициенту запаса сопротивления усталости сварного узла несущей конструкции, либо как отношение расчетных напряжений в сварном узле несущей конструкции к допускаемым напряжениям, установленным стандартом на соответствующий вид подвижного состава.

[1)] В Российской Федерации действует ГОСТ Р ИСО 2553—2022 «Сварка и родственные процессы. Условные обозначения на чертежах. Сварные соединения».

Таблица 4 — Категория нагрузки сварных соединений

Категория нагрузки	Коэффициент нагрузки S
Высокая	≥ 0,9
Средняя	0,75 ≤ S < 0,9
Низкая	< 0,75

5.9.3 При проектировании сварных соединений устанавливают категории безопасности, учитывающие возможные последствия разрушения этих соединений:

- высокая — ущерб для жизни и здоровья людей и полный выход из строя всей конструкции;
- средняя — нарушение функционирования всей конструкции и возможный ущерб для жизни и здоровья людей;
- низкая — отсутствие прямого нарушения функционирования всей конструкции и малая вероятность ущерба для жизни и здоровья людей.

Для определения «высокой» и «средней» категории безопасности конструктор должен учитывать:

- комплектуется ли подвижной состав системой оповещения о появлении разрушений конструкции вследствие усталостных нагрузок;
- существует ли возможность выявления трещины при регулярных осмотрах подвижного состава;
- дает ли возможность конструкция узла в случае разрушения изменить направление нагрузки (статические системы или резервные элементы);
- предотвращает ли конструкция сварного соединения распространение трещины.

Выбор «высокой» или «средней» категории безопасности должен осуществляться следующим образом:

- высокая, если не выполняется ни одно из перечисленных выше условий;
- средняя, если выполняется одно из перечисленных выше условий.

Прочие случаи относят сварные узлы к «низкой» категории безопасности.

Примеры сварных соединений конструкций для определения категории безопасности:

- высокая — сварные соединения детали для передачи нагрузки или гашения колебаний между кузовами вагонов и рамами тележек;

- средняя — сварные соединения в коробчатой балке рамы тележки, рамы кузова вагона;

- низкая — сварные соединения демпфера сцепки, прочих систем гашения колебаний, кронштейны крепления тормозных магистралей и электрического оборудования.

5.9.4 При разработке конструкторской документации категории качества сварных соединений, уровни качества, метод неразрушающего контроля и конкретный объем неразрушающего контроля, устанавливает разработчик согласно таблице 5. При этом в конструкторской документации также должны быть указаны конкретные участки сварных соединений, подлежащие неразрушающему контролю, и критерии оценки качества сварных соединений для неразрушающего контроля.

Таблица 5 — Категории качества, уровни качества и объемы контроля сварных соединений

<table>
<tr><th rowspan="3">Категория качества сварного соединения</th><th rowspan="3">Категория нагрузки</th><th rowspan="3">Категория безопасности</th><th colspan="3">Метод контроля</th></tr>
<tr><th colspan="2">внешним осмотром и измерением</th><th rowspan="2">ультразвуковым методом по ГОСТ 34991 или радиографическим методом по ГОСТ 7512</th></tr>
<tr><th>Объем контроля</th><th>Уровень качества</th></tr>
<tr><td rowspan="2">1</td><td>Высокая</td><td>Средняя</td><td rowspan="2">100 %</td><td rowspan="2">B</td><td rowspan="2">Не менее 10 % суммарной длины швов с полным проплавлением</td></tr>
<tr><td>Средняя</td><td>Высокая</td></tr>
<tr><td rowspan="5">2</td><td>Низкая</td><td>Высокая</td><td rowspan="5">100 %</td><td rowspan="5">C</td><td></td></tr>
<tr><td>Высокая</td><td>Низкая</td><td rowspan="2">В соответствии с конструкторской документацией</td></tr>
<tr><td>Средняя</td><td>Средняя</td></tr>
<tr><td>Средняя</td><td>Низкая</td><td rowspan="2">—</td></tr>
<tr><td>Низкая</td><td>Средняя</td></tr>
</table>

Окончание таблицы 5

Категория качества сварного соединения	Категория нагрузки	Категория безопасности	Метод контроля		
			внешним осмотром и измерением		ультразвуковым методом по ГОСТ 34991 или радиографическим методом по ГОСТ 7512
			Объем контроля	Уровень качества	
3	Низкая	Низкая	100 %	D	—

Примечания

1 Уровень качества в соответствии с требованиями национальных стандартов и нормативных документов, действующих на территории государства, принявшего стандарт[1)].

2 Допускается контроль качества сварных соединений радиографическим методом проводить по ГОСТ ISO 17636-1 или ГОСТ ISO 17636-2.

3 Допускается уровень приемки при ультразвуковом и радиографическом методах контроля в зависимости от уровня качества сварного шва определять по ГОСТ ISO 17635.

6 Требования к выполнению сварных соединений

6.1 Требования к подготовке металла и изготовлению деталей

6.1.1 Металл, используемый для изготовления элементов сварных конструкций, должен соответствовать требованиям стандартов или технических условий на его приемку, упаковку, маркировку и хранение.

Качество металла должно быть удостоверено сертификатами изготовителя металла или иным документом о качестве.

6.1.2 Металл, поступающий на обработку, должен быть очищен от загрязнений, а имеющий искривления и деформации — предварительно выправлен.

Правку металла или отдельных заготовок следует осуществлять на вальцах, прессах или других устройствах, обеспечивающих плавность приложения нагрузок.

Пределы допустимости правки и гибки (по радиусу) стального проката в холодном состоянии приведены в приложении Д.

6.1.3 Деформации проката, превышающие пределы допустимости холодной правки, или деформации, не подлежащие правке на машинах, устраняют горячими (термическим или термомеханическим) способами.

Горячую и холодную правку следует производить по технологии, исключающей появление трещин, надрывов и пережога металла.

Температура местного нагрева при термической и термомеханической правке для горячекатаных легированных сталей и нержавеющих сталей типа Х18Н10Т должна быть в пределах от 700 °С до 900 °С.

Контроль температуры нагрева осуществляют с помощью термометров на основе контактной термопары или оптических пирометров излучения.

Термомеханическая правка при остывании металла ниже 600 °С не допускается.

Рекомендуемые схемы термической правки проката и элементов сварных конструкций приведены в приложении Е.

6.1.4 Вырезку деталей и выполнение скосов кромок под сварку способами термической резки следует производить при положительной температуре металла и окружающего воздуха.

Поверхность реза должна быть очищена от грата, шлака, окалины, натеков и брызг металла. При изготовлении деталей из углеродистых сталей методами термической резки с применением воздуха, азота или аргона кромки деталей, участвующие в сварных соединениях, должны быть зачищены до чистого металла абразивным методом очистки. Острые кромки должны быть притуплены.

Предельные отклонения поверхности реза от перпендикулярности и шероховатость поверхности реза, допускаемые без последующей механической обработки, должны соответствовать требованиям таблицы 6 за исключением случаев, когда указанные требования отдельно оговорены в конструкторской документации.

[1)] В Российской Федерации действует ГОСТ Р ИСО 5817—2021 «Сварка. Сварные соединения из стали, никеля, титана и их сплавов, полученные сваркой плавлением (исключая лучевые способы сварки). Уровни качества».

Отклонения от требований таблицы 6 должны быть устранены механическим способом с обеспечением плавности перехода от обрабатываемого места к необрабатываемому. Допускается устранение неровностей реза (выхватов) дуговой сваркой с последующей обработкой абразивным инструментом.

Таблица 6 — Требования к качеству поверхности реза

Тип кромок деталей	Класс по ГОСТ 14792, не более	
	наибольших отклонений поверхности реза от перпендикулярности	наибольших значений высоты неровностей профиля
Свободные (не подвергающиеся сварке)	2	1
Несвободные (подвергающиеся сварке с полным или частичным проплавлением)	2	2

Устранение сваркой дефектов свободных поверхностей продольных несущих элементов вагонов с базой свыше 17 м не допускается.

6.1.5 После резки на ножницах поверхность реза не должна иметь надрывов и трещин. Заусенцы должны быть удалены, острые кромки притуплены.

6.1.6 Проплавляемые при сварке поверхности и прилегающие к ним зоны металла шириной не менее 20 мм в обе стороны, а также кромки листов в местах примыкания выводных планок перед сборкой должны быть очищены от ржавчины, отслаивающейся окалины и загрязнений.

6.2 Требования к сборке под сварку

6.2.1 Сборку сварных конструкций и их элементов рекомендуется проводить с применением сборочных и сварочных стендов, технологических и других устройств, обеспечивающих:

- фиксацию свариваемых деталей в удобном положении при сварке;
- проектные размеры конструкции;
- доступ к местам выполнения прихваток и сварки;
- минимальные деформации в процессе сварки.

6.2.2 Прихватки при сборке под сварку выполняют с применением процессов сварки и сварочных материалов, соответствующих группам стали, приведенным в приложениях А, Б. Размеры в поперечном сечении прихваток должны быть ограничены значениями, обеспечивающими их полное проплавление при выполнении сварного шва. Прихватки должны быть очищены от шлака, поверхностного окисления (окалины или пленки окислов), брызг и проконтролированы внешним осмотром. Не допускаются трещины, поры, натеки, несплавления по кромкам. Требования к непереплавляемым прихваткам с увеличенными размерами те же, что и к основным сварным швам. Дефектные прихватки должны быть удалены и выполнены вновь. В промежутках между прерывистыми швами допускается непереплавляемые прихватки не удалять.

Параметры режима выполнения прихватки, а для сварных соединений категории качества 1 и 2 размеры и места расположения прихваток, должны быть указаны в технологической документации.

6.2.3 Рекомендуется совмещать сборку и сварку в устройствах, предотвращающих сварочные деформации, без выполнения прихваток.

6.2.4 При сборке под сварку соединений с полным проплавлением несущих элементов конструкций из листа толщиной более 5 мм по совмещенным торцам деталей рекомендуется устанавливать вводные и выводные планки, как показано на рисунке 8.

В стыковых соединениях с разделкой кромок, а также в угловых и тавровых соединениях следует применять разъемные (сборные) вводные и выводные планки, см. рисунок 8 б), в), г). Тип разделки кромок на свариваемых листах, вводных и выводных планках должен быть одинаковым.

В стыковых соединениях без разделки кромок, свариваемых двусторонними швами, допускается применять сплошные вводные и выводные планки из листа той же толщины, что и у свариваемых деталей, см. рисунок 8, а).

Если при сборке требуется приварка временных деталей, кроме вводных и выводных планок то режимы приварки, места установки, методы их удаления должны быть подобраны и указаны в технологической документации с учетом соответствия конструкторской документации деталей и сборочных единиц после удаления временных элементов.

Вводные и выводные планки могут быть интегрированы в конструкцию свариваемых деталей.

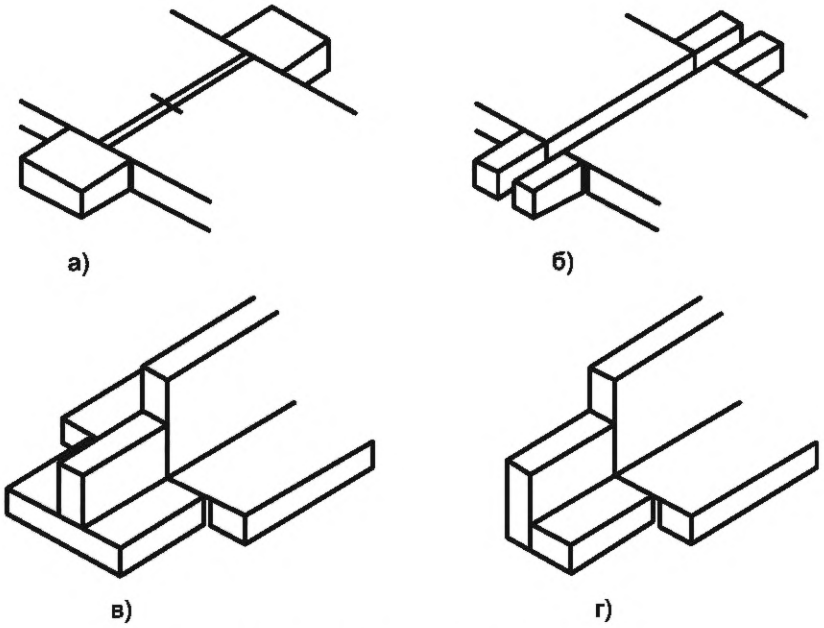


Рисунок 8 — Вводные и выводные планки

6.2.5 Вводные и выводные планки следует изготовлять из сталей марок, применяемых в конструкциях.

Вводные и выводные планки приваривают к собранным под сварку деталям с использованием тех же материалов, которыми выполняют прихватки.

После сварки и контроля качества соединения вводные планки, выводные планки и временные детали срезают механическим способом, кислородной или плазменно-дуговой резкой с последующей зачисткой кромок реза абразивным инструментом. Отбивка или обламывание планок и временных деталей с применением механических усилий не допускается.

Удаление интегрированных вводных и выводных планок (линия реза, требование к шероховатости поверхности реза) должно быть указано в конструкторской документации.

6.2.6 Поверхности деталей из горячекатаного проката и деталей, подвергавшихся горячей штамповке или термической обработке, перед контактной (точечной, рельефной, шовной) сваркой должны быть очищены с обеих сторон от окалины дробеметным или дробеструйным способом, в галтовочных барабанах, механической зачисткой абразивным инструментом или другими способами.

6.2.7 Состав и способ нанесения антикоррозионного покрытия на сопрягаемые поверхности деталей перед точечной контактной сваркой, дуговой сваркой прерывистыми швами, дуговой точечной сваркой и выполнением пробочного шва не должны ухудшать качество сварных соединений и удовлетворять следующим требованиям:

- нанесение антикоррозионного покрытия включено в конструкторскую или технологическую документацию;
- технология сварки испытана на сварных соединениях с нанесенным антикоррозионным покрытием с оформлением соответствующего отчета WPQR.

6.2.8 Допускается нанесение перед сваркой защитных покрытий от налипания брызг металла при условии, что они не ухудшают качество сварных соединений. Технология сварки с предварительным покрытием поверхности свариваемых кромок от налипания брызг должна быть испытана и аттестована.

6.2.9 Перед стыковой контактной сваркой поверхности свариваемых деталей на оплавляемых участках и в местах электрического контакта с электродами машины должны быть очищены от окалины и загрязнений.

6.2.10 Сварочные прихватки при сборке под точечную и шовную контактную сварку преимущественно выполняют точечной контактной сваркой. Допускается выполнять сварочные прихватки дуговой сваркой без их удаления.

6.2.11 Конструкции, собранные под сварку, должны быть проверены на соответствие требованиям чертежа взаимного положения деталей, размеров конструктивных элементов кромок, подлежащих сварке, и зазоров между ними, качество выполнения прихваток и установки вводных и выводных планок, отсутствие загрязнений в зоне сварки, и допущены к сварке.

Лица, ответственные за контроль продукции в процессе производства, должны определяться изготовителем.

6.3 Требования к сварке

6.3.1 Требования к технологической документации и сварочному оборудованию

6.3.1.1 На сварку сборочных единиц конструкций подвижного состава должны быть разработаны технологические карты сварки или другой технологический документ в соответствии с ГОСТ 3.1001.

6.3.1.2 Области применения технологических карт сварки и рекомендуемые формы их изложения приведены в приложении Ж.

6.3.1.3 Технологии сварки, сварных соединений категории качества 1 и, при необходимости, категории качества 2, должны быть испытаны и аттестованы в соответствии с приложением И. Допускается аттестацию технологии сварки проводить по национальным стандартам и нормативным документам, действующим на территории государства, принявшего стандарт[1)].

Требования о необходимости аттестации технологии сварки сварных соединений категории качества 2 должны быть указаны в конструкторской документации.

6.3.1.4 Сварочное оборудование должно обеспечивать стабильность основных параметров режима сварки, возможность их регулирования и контроля.

6.3.1.5 Сварочное оборудование должно проходить регулярное техническое обслуживание и проверку на соответствие паспортным данным. Средства измерения, за исключением цифровых индикаторов, совмещенных с панелями управления или мониторами сварочного оборудования, подлежат периодической поверке (калибровке).

6.3.2 Требования к дуговой сварке

6.3.2.1 Сварочные материалы, поступающие изготовителю сварных конструкций, должны быть упакованы согласно требованиям соответствующих стандартов (технических условий) и иметь сертификат изготовителя или иной документ о качестве. Сварочные материалы следует хранить в закрытых складских помещениях и выдавать в производство по результатам входного контроля.

6.3.2.2 Поверхность сварочной проволоки должна быть чистой, без ржавчины, масла и других загрязнений, которые могут отрицательно влиять на процесс сварки и свойства металла шва.

Рекомендуется использование сварочной проволоки с поверхностью, подготовленной к сварке (омедненной, полированной и др.) на катушках (барабанах) с размерами согласно требованиям национальных стандартов и нормативных документов, действующих на территории государства, принявшего стандарт[2)].

6.3.2.3 Перед использованием покрытые электроды, порошковые проволоки, флюсы должны быть просушены в соответствии с нормативной документацией изготовителя этих материалов. При наличии требований к содержанию диффузионного водорода в сварном шве электроды, порошковые проволоки, флюсы должны быть прокалены на режимах, рекомендованных изготовителем или поставщиком.

Условия их хранения в производственных помещениях и сроки использования без повторной сушки или прокалки должен устанавливать изготовитель сварных конструкций.

6.3.2.4 Технология сварки углеродистых и легированных сталей должна обеспечивать получение сварных соединений со следующими механическими свойствами, определяемыми по ГОСТ 6996, при ее аттестации:

- временное сопротивление металла сварного соединения — не ниже минимального гарантируемого значения временного сопротивления, предъявляемого к основному металлу менее прочного элемента сварного соединения;
- предел текучести металла шва — не ниже минимально гарантируемого значения предела текучести, предъявляемого к основному металлу менее прочного элемента сварного соединения;
- относительное удлинение после разрыва – не ниже 18 % для сталей классов прочности до 360 включительно и не ниже 16 % для сталей классов прочности свыше 360;
- угол статического изгиба сварного соединения с поперечным стыком — не менее 120°;
- твердость металла шва и зоны термического влияния — не более 350 HV10; для сталей класса прочности 420 и более твердость металла зоны термического влияния может быть увеличена до 380 HV10 при гарантии обеспечения ударной вязкости металла этой зоны.

Ударная вязкость на образцах KCU металла сварных соединений проката из легированной стали должна быть не менее 29 Дж/см^2 при температуре испытаний минус 60 °С для исполнения УХЛ и минус 50 °С для исполнения У.

[1)] В Российской Федерации действует ГОСТ Р ИСО 15607—2009 «Технические требования и аттестация процедур сварки материалов. Общие правила».

[2)] В Российской Федерации действует ГОСТ Р ИСО 544—2021 «Материалы сварочные. Технические условия поставки присадочных материалов и флюсов. Тип продукции, размеры, допуски и маркировка».

Требования к механическим свойствам сварных соединений котлов вагонов-цистерн при аттестации технологии сварки должны быть указаны в национальных стандартах, действующих на территории государства[1)], принявшего стандарт. Механические свойства сварных соединений котлов и их устройств вагонов-цистерн для перевозки опасных грузов должны дополнительно соответствовать требованиям правил [2].

6.3.2.5 Требуемое сочетание механических свойств различных участков сварного соединения получают:

- применением соответствующих сварочных материалов;
- ограничением предельных значений скоростей охлаждения в интервале температур от 800 °С до 500 °С путем изменения количества проходов или введением предварительного подогрева;
- термическим воздействием последующих проходов (например, наложением отпускающего валика);
- термической обработкой.

Рекомендуемое сочетание сварочных материалов в зависимости от свариваемых сталей и процесса сварки приведено в приложениях А и Б.

6.3.2.6 Сварку коррозионно-стойких сталей следует выполнять на режимах с минимальной погонной энергией, узкими валиками без поперечных колебаний конца электрода, с охлаждением перед наложением очередного валика многопроходного шва.

6.3.2.7 При сварке разнородных сталей (коррозионно-стойких сталей с легированными и углеродистыми сталями), а также при сварке переходного слоя в соединениях из двухслойных сталей следует применять материалы с увеличенным содержанием аустенитообразующих элементов, приведенных в приложении Б, и ограничивать долю участия в сварном шве углеродистого и легированного металла.

6.3.2.8 Режимы и положение изделия при сварке должны обеспечивать плавность переходов сварных швов к основному металлу для соответствующей категории качества сварных соединений, предусмотренной конструкторской документацией. Допускается плавный переход к основному металлу осуществлять механической обработкой или аргонодуговым оплавлением.

6.3.2.9 Число проходов, направление и последовательность сварки должны быть выбраны таким образом, чтобы сварка вызывала минимальные остаточные напряжения и деформации, достигались требуемое качество и заданные механические свойства сварного шва.

При многопроходной сварке поверхность предыдущего прохода должна быть подготовлена так, чтобы она удовлетворяла требованиям выполнения следующего прохода. Загрязнения, шлак и недопустимые дефекты необходимо удалять.

6.3.2.10 Автоматическую и механизированную сварку следует выполнять по возможности без перерыва по всей длине шва.

В случае остановки при выполнении сварного шва концевой участок и кратер должны быть очищены от шлака и полностью перекрыты при возобновлении сварки.

6.3.2.11 При многопроходной сварке под флюсом, порошковой проволокой и покрытым электродом после каждого прохода должна быть произведена зачистка свариваемых кромок и поверхности шва от шлака и брызг и исправлены дефекты.

6.3.2.12 Допускается концевые участки швов, выполненных автоматической сваркой, доваривать механизированной сваркой в защитном газе или покрытым электродом при условии обеспечения эффективной толщины швов.

6.3.2.13 Перед наложением подварочного валика протеки металла и шлака в корне шва должны быть устранены.

6.3.2.14 Кратеры сварных швов, выполненных без применения выводных планок, должны быть тщательно заварены.

6.3.2.15 Местные поверхностные неровности в местах перекрытий отдельных участков и доварки швов должны быть сглажены механической зачисткой с образованием плавных переходов.

6.3.2.16 Если прихватки переплавляемые и являются частью сварного шва, к ним предъявляют те же требования, что и к шву.

6.3.2.17 Остающаяся подкладка для сварного шва допускается, если она предусмотрена конструкторской документацией.

6.3.2.18 Увеличение числа временных приварных элементов необходимо согласовать с разработчиком конструкторской документации.

[1)] В Российской Федерации действует ГОСТ Р 72029—2025 «Сосуды стальные сварные для вагонов-цистерн. Общие технические условия».

6.3.2.19 Сварка по трещинам не допускается.

6.3.2.20 Сварку рам и кузовов следует производить до установки их на штатные тележки, предусмотренные конструкторской документацией, оборудованные подшипниками качения.

Допускается сварка на штатных тележках при соблюдении следующих условий:

- свариваемые изделия подключают к сварочному посту по двухпроводной схеме;
- тележки изделия находятся на изолированном рельсовом пути, а при отсутствии изоляции рельсов тележки должны находиться на диэлектрических подкладках;
- обратный провод подключают к свариваемому изделию как можно ближе к месту сварки, но не более 3 м до места сварки, с обеспечением плотного контакта. Место подключения обратного провода должно быть предварительно зачищено до металлического блеска.

6.3.3 Требования к контактной сварке

6.3.3.1 Стыковую контактную сварку следует выполнять способом оплавления.

6.3.3.2 В соединениях, выполняемых стыковой контактной сваркой, грат должен быть удален с обеспечением плавного сопряжения деталей в месте стыка.

6.3.3.3 Временное сопротивление металла стыковых сварных соединений из углеродистых или низколегированных сталей должно быть не менее 95 % минимального значения временного сопротивления основного металла.

6.3.3.4 Точечная, рельефная и шовная сварка должна выполняться в соответствии с требованиями, приведенными в приложении К.

Применение точечной, рельефной и шовной сварки при категории качества сварного соединения 1 не допускается.

7 Требования к координации в сварке

7.1 С целью организации координации всех относящихся к сварке действий при производстве сварных конструкций подвижного состава на предприятии приказом руководителя должен быть назначен координатор (координаторы) сварки.

Координация в сварке должна выполняться опытными и квалифицированными координаторами сварки.

Допускается другое наименование должности (профессии) координаторов сварки при условии выполнения предъявляемых к ним требований.

Обязанности, компетенция и взаимоотношения всех координаторов сварки, выполняющих работы по управлению, изготовлению или контролю, влияющие на качество сварки, должны быть установлены и документированы в организационной структуре предприятия. В частности, должны быть установлены и описаны:

- задачи координаторов сварки (если имеется несколько равноценных координаторов сварки, должны быть разграничены области их работы и ответственности);
- правила замещения координатора сварки (также применяются для признания внешнего координатора сварки из сторонней организации, работающего по совмещению или контракту);
- действия, которые требуют присутствия координаторов сварки;
- меры, которые требуется принять при отсутствии координатора сварки (замещение координатора сварки, перечень сварочных работ, которые разрешается производить при его отсутствии, прекращение сварочных работ);
- участие ответственного координатора сварки во внутреннем процессе (например, при подготовке расценок, проекта, субконтракта).

В зависимости от опыта работы и квалификации координаторов сварки их разделяют на три уровня: А, В, С.

Задачи и обязанности координатора сварки – в соответствии с приложением Л.

7.2 Требования к координатору сварки уровня А

Координатор сварки уровня А должен иметь опыт работы в области сварки на инженерных должностях при производстве подвижного состава и/или составных частей не менее трех лет и диплом о высшем образовании в области сварки.

Координатору сварки уровня А наряду с дипломом о высшем образовании в области сварки рекомендуется иметь диплом международного инженера по сварке либо удостоверение о повышении квалификации в области координации в сварке.

7.3 Требования к координатору сварки уровня B

Координатор сварки уровня B должен иметь опыт работы в области сварки на инженерных должностях не менее трех лет и диплом о высшем или среднем профессиональном образовании по технической специальности.

7.4 Требования к координатору сварки уровня C

Координатор сварки уровня C должен иметь опыт работы в области сварки на инженерных должностях не менее двух лет и иметь диплом о высшем или среднем профессиональном образовании по технической специальности.

8 Контроль качества сварных соединений

8.1 Качество сварных соединений следует проверять методами по ГОСТ 3242 или ГОСТ ISO 17635 в соответствии с требованиями 5.9. Допускается применение других методов контроля, если они указаны в конструкторской документации и обеспечивают необходимый уровень качества контроля.

8.2 Сварные швы и прилегающие к ним поверхности перед проведением неразрушающего контроля должны быть очищены от шлака и брызг.

Ширина очистки должна быть достаточной для осмотра всех участков сварного соединения и измерения геометрических параметров шва.

8.3 Все сварные соединения подлежат контролю внешним осмотром и измерением до проведения контроля их другими методами.

Контроль сварных соединений, недоступных для осмотра после окончательной сварки конструкции, необходимо производить до установки деталей, закрывающих эти соединения.

Сварные конструкции, предъявляемые к окончательной приемке, не должны быть окрашены.

8.4 При осмотре могут быть использованы оптические приборы с увеличением до $10^{\times}$.

В местах ограниченной доступности для внешнего осмотра используют зеркала, эндоскопы и другие устройства.

8.5 Качество сварных соединений, выполненных точечной контактной сваркой, проверяют ежедневно перед началом работы на образцах технологической пробы с определением диаметра литого ядра.

При применении машин, оснащенных системами автоматического контроля и поддержания режимов сварки, допускается взамен ежедневной сварки образцов технологической пробы проводить оценку соответствия качества сварных точек требованиям приложения К на образцах, вырезанных из натурных изделий или их фрагментов, по графику ежеквартальной проверки этих машин на технологическую точность.

8.6 Контроль сварных соединений на склонность к межкристаллитной коррозии следует выполнять по ГОСТ 6032.

8.7 Допустимые без исправления дефекты сварки плавлением не должны превышать значений, установленных национальными стандартами, нормативными документами, действующими на территории государства, принявшего стандарт[1)], для уровней качества B, C, D, соответствующих категориям качества 1, 2, 3 настоящего стандарта, а также значений, установленных конструкторской документацией.

Допускается увеличение ширины стандартных швов сверх установленных значений на 10 % от номинальной ширины при условии обеспечения допустимых значений выпуклости, если нет специальных требований в конструкторской документации.

8.8 В сварных соединениях, выполняемых точечной контактной сваркой, не допускаются без исправления точки с непроварами, прожогами, трещинами, порами и усадочными раковинами в центре точки, превышающими в сумме 10 % площади литого ядра, вмятинами от электродов глубиной более 25 % толщины свариваемых деталей, отклонениями от оси расположения точки и расстояния между центрами соседних точек в ряду на величину более диаметра ядра.

8.9 В стыковых соединениях, выполненных стыковой контактной сваркой, не допускаются непровары, смещения свариваемых кромок более 10 % толщины заготовок, трещины, перегрев и пережог.

8.10 В сварных соединениях, выполняемых шовной контактной сваркой, не допускаются непровары, прожоги и негерметичность соединений.

[1)] В Российской Федерации действует ГОСТ Р ИСО 5817—2021 «Сварка. Сварные соединения из стали, никеля, титана и их сплавов, полученные сваркой плавлением (исключая лучевые способы сварки). Уровни качества».

8.11 Сведения о сварщиках, выполнявших сварку швов категории качества 1 (фамилия, номер удостоверения или сертификата об аттестации, клейма сварщика), результаты контроля и приемки сварных соединений категорий качества 1 следует вносить в технологический паспорт на изделие или журнал сварочных работ.

Сварные соединения, разрушение которых может привести к опасному отказу подвижного состава, подлежат клеймению личным клеймом сварщика. Место постановки клейма должно быть указано в конструкторской документации.

8.12 Требования по клеймению сварных швов котлов вагонов-цистерн могут быть установлены стандартами, нормативными документами, действующими на территории государства, принявшего стандарт[1)].

8.13 Обеспечение минимальной толщины проплавления сварного шва в сварных соединениях с частичным проплавлением (при наличии требований в конструкторской документации по 5.8.5) подтверждается аттестованной технологией сварки.

9 Исправление дефектов сварных соединений

9.1 Сварные соединения, не отвечающие требованиям к их качеству, подлежат исправлению.

9.2 Дефектные участки швов, выполненных способами сварки плавлением, следует удалять полностью или разделывать до полного удаления дефектов. Концы разделок должны иметь плавный выход на поверхность. Формы разделки и способы подготовки кромок под заварку, сварочные материалы, режимы сварки должны быть указаны в технологической документации исправления дефектов сваркой изготовителя. Технология сварки, применяемая при исправлении дефектов сварных соединений, должна быть аттестована в соответствии с приложением И.

9.3 Для удаления дефектов и подготовки кромок под заварку следует использовать механические способы (прямые и угловые шлифовальные машинки с соответствующими бор фрезами и отрезными кругами). На деталях толщиной свыше 8 мм, допускается удаление дефектов металла и сварного шва с использованием плазменной и дуговой резки, с последующей зачисткой разделанного дефекта шлифовальной машинкой до *Ra* 25.

Допускается для разделки дефектных мест использовать термическую резку:

- в сварных соединениях углеродистых и легированных сталей — электродуговую, газопламенную кислородную, плазменную;
- в сварных соединениях коррозионно-стойких сталей — электродуговую, плазменную с последующей зачисткой поверхности механическими способами.

Допускается воздушно-дуговая резка с последующей обработкой поверхности механическим способом.

9.4 Наплывы, натеки, неправильный профиль швов, превышение выпуклости и проплава, ожоги от замыкания электродов устраняют обработкой механическими способами.

9.5 Участки швов с неполным заполнением разделки кромок, вогнутостью корня шва, малыми размерами катета углового шва подваривают.

9.6 Подрезы, глубина которых не превышает 5 % толщины детали, но не более 0,5 мм, в соединениях категории 1 и 10 % толщины детали, но не более 1,0 мм, в соединениях категорий 2 и 3, устраняют зачисткой до значений, допускаемых без исправления согласно требованиям национальных стандартов и нормативных документов, действующих на территории государства, принявшего стандарт[2)].

9.7 Перед устранением трещин сваркой необходимо определить их точное местоположение. Если необходимо, концы трещины следует засверлить, затем трещина должна быть раскрыта механической обработкой и заварена. До и после сварки должен быть выполнен контроль прилегающей поверхности.

9.8 Подготовленный к исправлению дефектный участок должен быть осмотрен и допущен к заварке службой технического контроля.

9.9 Для исправления дефектов сварных соединений применяют процессы сварки и сварочные материалы, приведенные в приложениях А и Б.

9.10 Если при контроле исправленного участка будут обнаружены дефекты, то допускается проводить повторное исправление в том же порядке, что и первое.

[1)] В Российской Федерации действует ГОСТ Р 72029—2025 «Сосуды стальные сварные для вагонов-цистерн. Общие технические условия».

[2)] В Российской Федерации действует ГОСТ Р ИСО 5817—2021 «Сварка. Сварные соединения из стали, никеля, титана и их сплавов, полученные сваркой плавлением (исключая лучевые способы сварки). Уровни качества».

Исправление дефектов на одном и том же участке сварного соединения допускается проводить не более трех раз.

Не считаются повторно исправленными разрезаемые по сварному шву соединения с удалением металла шва и зоны термического влияния.

9.11 Исправление дефектов точечной контактной сварки следует производить точечной контактной сваркой, точечной дуговой сваркой или дуговой сваркой прерывистыми угловыми швами. Количество дефектных точек (длина швов) не должно превышать 25 % от общего количества точек (длины швов) на сборочной единице.

9.12 Исправленный участок шва должен быть подвергнут контролю теми же методами, что и весь шов, в соответствии с конструкторской документацией.

9.13 Исправление дефектов сварных соединений котлов должно выполняться с учетом требований национальных стандартов, действующих на территории государства, принявшего стандарт[1)].

10 Требования безопасности и охраны труда

10.1 При организации и проведении сварочных работ следует выполнять требования ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 12.1.030, ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.2.007.8, ГОСТ 12.2.008, ГОСТ 12.3.002, ГОСТ 12.3.003, ГОСТ 12.3.036.

10.2 При выполнении сварочных и огневых работ должны быть соблюдены противопожарные мероприятия в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004.

10.3 Производственные помещения, предназначенные для выполнения сварочных работ, должны соответствовать правилам, действующим на территории государства, принявшего стандарт.

10.4 К выполнению сварки допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие обучение по профессии, инструктаж и проверку знаний требований безопасности, имеющие квалификационную группу по электробезопасности не ниже II по межотраслевым правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок, действующим на территории государства, принявшего стандарт, и имеющие соответствующее удостоверение.

[1)] В Российской Федерации действует ГОСТ Р 72029—2025 «Сосуды стальные сварные для вагонов-цистерн. Общие технические условия».

Приложение А
(рекомендуемое)

Сварочные материалы для дуговой сварки углеродистых, нелегированных и легированных сталей

В таблице А.1 приведены марки сварочных материалов, рекомендуемых для дуговой сварки углеродистых, нелегированных и легированных сталей.

Таблица А.1

Марка стали	Сварочный флюс	Сварочная проволока по ГОСТ 2246		Защитный газ	Покрытый электрод (тип по ГОСТ 9467)
		Для сварки под флюсом	Для сварки в защитном газе плавящимся электродом		
09Г2, 09Г2Д, 09Г2С, 09Г2СД, 10ХНДП, 20ФЛ, 20ГЛ, 25Л 15ХСНД, ОС	АН-348-А, АН-348-АМ, ОСЦ-45, АН-60, СФМ-201, СФМ-607, UF-01, UF-02	Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10Г2, Св-10НМА,	Св-08Г2С	Двуокись углерода по ГОСТ 8050	Э50А
10Г2Б, 10Г2БД, 12Г2ФД, 10ХСНД	АН-348-А, АН-348-АМ, АН-47, АН-60, СФМ-201, СФМ-607, UF-01, UF-02			смесь: аргон + (15—25) % двуокиси углерода	
Ст3сп, 15, 20, 15Л, 15ГЛ, 20Л	АН-348-А, АН-348-АМ, ОСЦ-45, АН-60, СФМ-201, СФМ-607	Св-08ГА, Св-08А	Св-08Г2С, Св-08ГС[1)]	смесь аргон + (2—5) % кислорода	Э42А, Э46, Э46А, Э50А

[1)] В качестве защитного газа должна использоваться сварочная смесь аргон + (15 – 25) % двуокиси углерода.

Приложение Б
(рекомендуемое)

Сварочные материалы для дуговой сварки коррозионно-стойких и разнородных сталей

В таблице Б.1 приведены марки сварочных материалов, рекомендуемых для дуговой сварки коррозионно-стойких и разнородных сталей.

Таблица Б.1

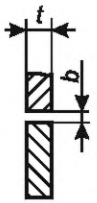
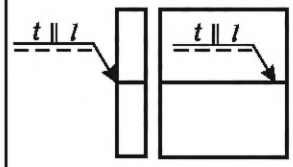
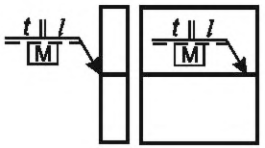
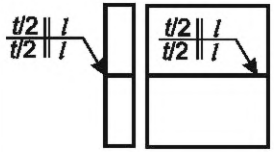
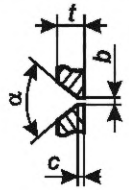
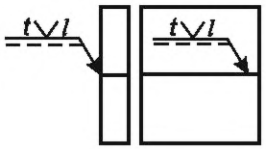
Марки сталей	Сварка плавящимся электродом					Сварка неплавящимся электродом		
	Сварочный флюс	Сварочная проволока по ГОСТ 2246		Защитный газ	Покрытый электрод, тип по ГОСТ 10052, рекомендуемая марка	Сварочная проволока по ГОСТ 2246	Электрод	Защитный (плазмообразующий) газ
		Сварка под флюсом	Сварка в защитном газе					
Коррозионно-стойкие стали: 12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т, 12Х18Н9, 08Х22Н6Т, 08Х21Н6М2Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х14Г14Н3, 08Х18Г8Н2Т, 10Х13Г18Д	АН-26С, UF-S	Св-06Х19Н9Т, Св-05Х20Н9ФБС, Св-07Х18Н9ТЮ, Св-08Х20Н9Г7Т	Св-06Х19Н9Т, Св-07Х18Н9ТЮ, Св-08Х20Н9Г7Т, Св-05Х20Н9ФБС	Смесь: аргон + (1—5) % двуокиси углерода; смесь: аргон + (1—3) % кислорода; двуокись углерода по ГОСТ 8050	Э-08Х20Н9Г2Б (ЦЛ-11, ОЗЛ-7) Э-08Х19Н10Г2Б (ЦТ-15) Э-08Х17Н8М2 (НИАТ-1)	Св-06Х19Н9Т Св-07Х18Н9ТЮ Св-08Х20Н9Г7Т	Вольфрам ЭВЛ, ЭВЧ, ЭВИ-1 по ГОСТ 23949	Аргон по ГОСТ 10157
Коррозионно-стойкие стали с легированными сталями 09Г2, 09Г2Д, 09Г2С, 10ХСНД, 15ХСНД, 10ХНДП, 20ФЛ, 20ГЛ, 10Г2Б, 10Г2БД, 12Г2ФД и углеродистыми сталями: Ст3сп, 15, 20, 15Л, 20Л		Св-06Х25Н12ТЮ, Св-07Х25Н13, Св-07Х25Н12Г2Т, Св-08Х25Н13БТЮ	Св-06Х25Н12ТЮ, Св-07Х25Н12Г2Т, Св-08Х25Н13БТЮ, Св-10Х16Н25АМ6		Э-10Х25Н13Г2 (ОЗЛ-6, ЗИО-8) Э-11Х15Н25М6АГ2 (ЭА-395/9, НИАТ-5) Э-10Х20Н9Г6С (НИИ-48Г)	—		

Приложение В
(справочное)

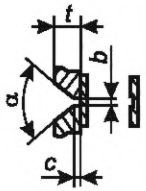
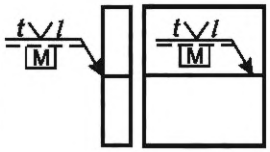
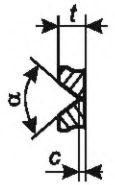
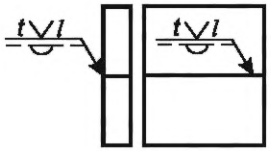
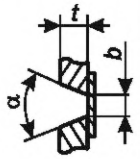
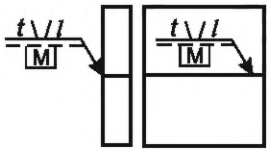
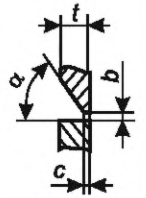
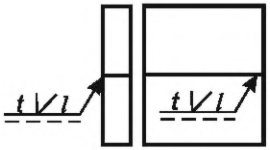
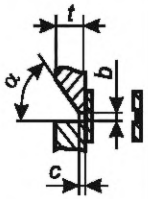
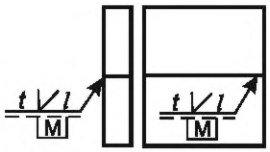
Форма подготовки кромок и эффективная толщина сварных швов

В таблице В.1 приведены рекомендуемые формы разделки кромок и эффективная толщина сварных швов. Допускаются другие формы разделки кромок при положительных результатах испытания и аттестации технологии сварки.

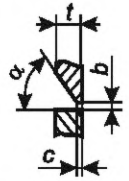
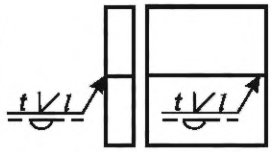
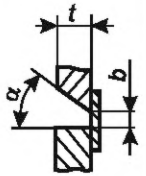
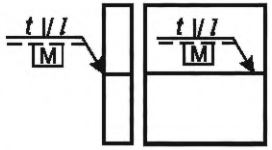
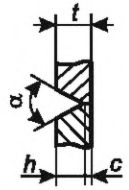
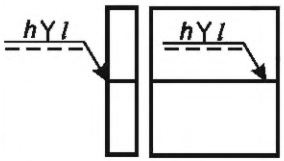
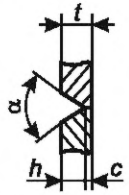
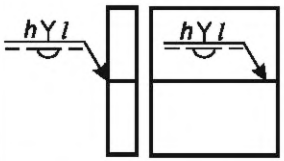
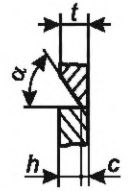
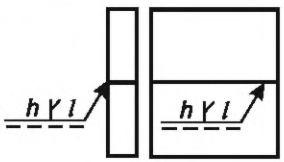
Таблица В.1 — Разделки кромок и толщины сварных швов

Наименование	Графическое изображение	Символ	Форма подготовки кромок	Условное обозначение	Толщина детали t, мм	Угол разделки кромок α	Зазор b, мм	Притупление c, мм	Высота скоса кромки h, мм	Эффективная толщина сварного шва a_R, мм
I-шов односторонний					≤ 4	—	От 0 до 3	—	—	$a_R = t$
I-шов на подкладке[1)]					≤ 6	—	От 0 до 3	—	—	$a_R = t$
I-шов двухсторонний					От 3 до 6	—	От 0 до 3	—	—	$a_R = t$
V-шов					От 3 до 15	65 ± 5°	От 0 до 3	От 0 до 2	—	$a_R = t$

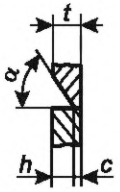
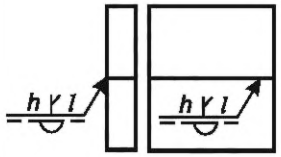
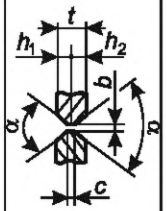
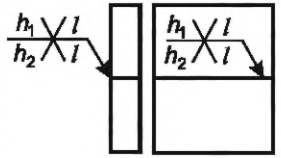
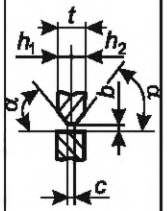
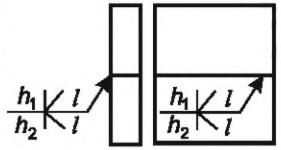
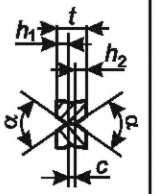
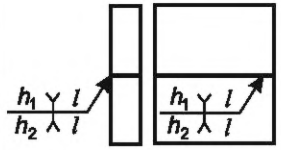
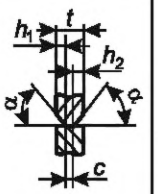
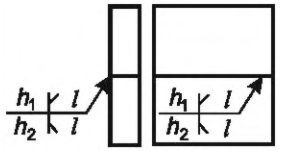
Продолжение таблицы В.1

Наименование	Графическое изображение	Символ	Форма подготовки кромок	Условное обозначение	Толщина детали t, мм	Угол разделки кромок α	Зазор b, мм	Притупление c, мм	Высота скоса кромки h, мм	Эффективная толщина сварного шва a_R, мм
V-шов на подкладке[1)]					От 3 до 15	55° ± 5°	От 2 до 4	От 0 до 2	—	$a_R = t$
V-шов с подварочным швом[2)]					От 3 до 15	55° ± 5°	От 0 до 2	От 0 до 2	—	$a_R = t$
V-шов с малым углом разделки кромок на подкладке[1)]					От 12 до 30	30° ± 10°	От 6 до 15	—	—	$a_R = t$
HV-шов[3)]					От 3 до15	50° ± 10°	От 1 до 3	От 1 до 2	—	$a_R = t$
HV-шов на подкладке[1)]					От 3 до 15	50° ± 10°	От 2 до 4	От 1 до 2	—	$a_R = t$

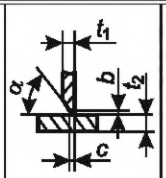
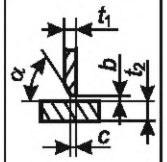
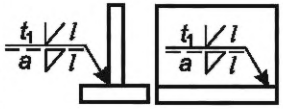
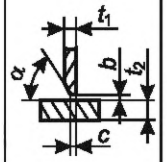
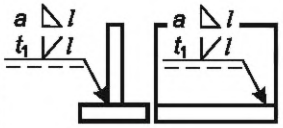
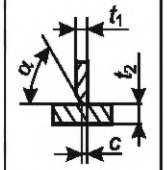
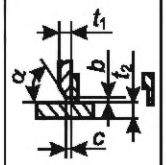
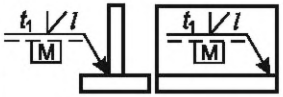
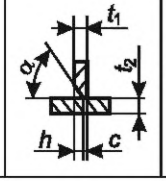
Продолжение таблицы В.1

Наименование	Графическое изображение	Символ	Форма подготовки кромок	Условное обозначение	Толщина детали t, мм	Угол разделки кромок α	Зазор b, мм	Притупление c, мм	Высота скоса кромки h, мм	Эффективная толщина сварного шва a_R, мм
HV-шов с подварочным швом[2)]					От 3 до 15	50° ± 10°	От 0 до 2	От 1 до 2	—	$a_R = t$
Половинный V-шов с малым углом разделки кромки на подкладке[1)]					От 12 до 30	30° ± 10°	От 6 до 15	—	—	$a_R = t$
Y-шов					От 3 до 15	60° ± 10°	—	≤ 0,2t	≥ 0,8t	$a_R \le t - c$
Y-шов с подварочным швом[4)]					От 3 до 15	55° ± 5°	—	≤ 0,2t	≥ 0,8t	$a_R \le t - c$
HY-шов					От 3 до 15	50° ± 10°	—	≤ 0,2t	≥ 0,8t	$a_R \le t - c$

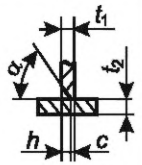
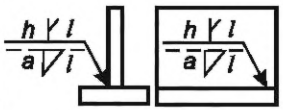
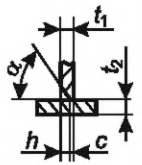
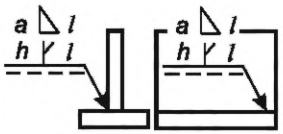
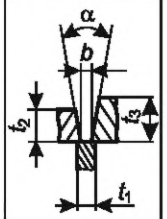
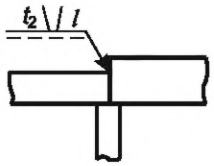
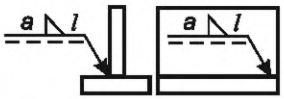
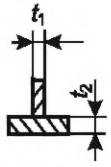
Продолжение таблицы В.1

Наименование	Графическое изображение	Символ	Форма подготовки кромок	Условное обозначение	Толщина детали t, мм	Угол разделки кромок α	Зазор b, мм	Притупление c, мм	Высота скоса кромки h, мм	Эффективная толщина сварного шва a_R, мм
HY-шов с подварочным швом					От 3 до 15	50° ± 10°	—	≤ 0,2t	≥ 0,8t	$a_R \le t - c$
DV-шов (X-шов)[2)]					≥ 12	60° ± 10°	От 0 до 3	От 1 до 2	1/2h, От 1/3, до 1/2t	$a_R = t$
DHV-шов (двойной HV-шов)[2)]					≥ 12	50° ± 10°	От 1 до 3	От 1 до 2	1/2h, От 1/3, до 1/2t	$a_R = t$
DY-шов (двойной Y-шов)					≥ 12	55° ± 5°	—	≤ 0,2t	≥ 0,4t	$a_R \le t - c$
DHY-шов (двойной HY-шов)					≥ 12	50° ± 10°	—	≤ 0,2t	≥ 0,4t	$a_R \le t - c$

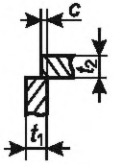
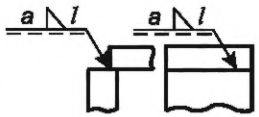
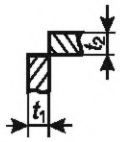
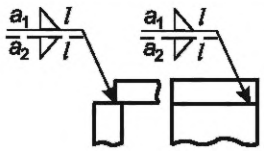
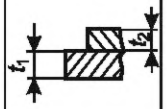
Продолжение таблицы В.1

Наименование	Графическое изображение	Символ	Форма подготовки кромок	Условное обозначение	Толщина детали t, мм	Угол разделки кромок α	Зазор b, мм	Притупление c, мм	Высота скоса кромки h, мм	Эффективная толщина сварного шва a_R, мм
HV-шов[3)]					От 3 до 15	55° ± 5°	От 1 до 3	От 0 до 2	—	$a_R = t_1$
HV-шов с угловым швом в качестве подварочного шва[3)]					От 3 до 15	55° ± 5°	От 0 до 3	От 0 до 2	—	$a_R = t_1$
HV-шов с дополнительным угловым швом[3)]					От 3 до 15	55° ± 5°	От 0 до 3	От 0 до 2	—	$a_R = t_1$
HV-шов с подварочным швом[2)]					От 3 до 15	55° ± 5°	—	От 0 до 2	—	$a_R = t_1$
HV-шов на подкладке [1), 3)]					От 3 до 20	55° ± 5°	От 0 до 5	От 0 до 2	—	$a_R = t_1$
HY-шов					От 3 до 15	55° ± 5°	—	≤ 0,2t	—	$a_R \le t_1 - c$

Продолжение таблицы В.1

Наименование	Графическое изображение	Символ	Форма подготовки кромок	Условное обозначение	Толщина детали t, мм	Угол разделки кромок α	Зазор b, мм	Притупление c, мм	Высота скоса кромки h, мм	Эффективная толщина сварного шва a_R, мм
HY-шов с угловым швом в качестве подварочного шва[4)]					От 3 до 15	55° ± 5°	—	≤ 0,2t	—	$a_R \le h + a \le t_1$
HY-шов с дополнительным угловым швом					От 3 до 15	55° ± 5°	—	≤ 0,2t	—	$a_R \le h \le t_1$. В особых случаях: $a_R \le h + a \le t_1$
Шов для соединения трех листов (V-шов с малым углом разделки кромок)					t_2 = От 4 до 20	35° ± 5°	От 4 до 10	—	—	$a_R = b$[5)], $a_R = t_2$[6)]
Угловой шов					a_{min} = 2 мм, a_{max} = 12 мм					$a_R = a \le 0{,}7 \times t_{min}$
Двойной угловой шов					a_{min} = 2 мм, a_{max} = 12 мм					$a_R = a_1 + a_2 \le t_{min}$, $a_{max} = \le 0{,}7 \times t_{min}$

Окончание таблицы В.1

Наименование	Графическое изображение	Символ	Форма подготовки кромок	Условное обозначение	Толщина детали t, мм	Угол разделки кромок α	Зазор b, мм	Притупление c, мм	Высота скоса кромки h, мм	Эффективная толщина сварного шва a_R, мм
Угловой шов					$t_1 \geq 1$	—	—	—	—	$a_R = a \leq 0{,}7t_1$ $t_2 \leq t_1$
Угловой шов					$t_2 \geq 3$	—	—	—	—	$a_R = a_1 + a_2 \leq t_2$ $a_1 \leq 0{,}7t_2$ $t_2 \leq t_1$
Шов внахлестку					$t_2 \geq 1{,}5$ $t_1 \geq 2$	—	—	—	—	$a_R = a \leq 0{,}7t_2$ $t_2 \leq t_1$

[1] M или MR — съемная или остающаяся подкладка, соответственно.

[2] Перед выполнением подварочного шва необходимо обработать корень шва.

[3] Для HV-швов без подварочного шва на этапах проектирования, изготовления и контроля должны быть приняты меры для обеспечения полного проплавления (выполнение контрольного сварного соединения для оценки качества сварки).

[4] Подварочный шов служит для защиты от коррозии.

[5] Передача силового воздействия от t_1 к t_2 и t_3; толщины t_2 и t_3, а также зазор b необходимо учитывать при расчете.

[6] Передача силового воздействия от t_2 к t_3.

Приложение Г
(справочное)

Способы повышения сопротивления усталости сварных соединений

Г.1 Общие положения

Для повышения сопротивления усталости применяют способы обработки:

а) снижающие значение коэффициента концентрации напряжений по границам сварных швов и в сопряжениях элементов конструкций:

1) механическую обработку;

2) аргонодуговое оплавление;

б) снижающие уровень остаточных сварочных напряжений:

1) поверхностный наклеп;

2) термическую обработку;

3) комбинированные способы.

Допускается применение других способов обработки, снижающих уровень остаточных напряжений, при указании в конструкторской документации.

Г.2 Механическая обработка

Г.2.1 Для механической обработки используют стационарные и накладные металлообрабатывающие станки, фрезы, ручной абразивный и другой инструмент.

Г.2.2 Механическая обработка сварных соединений и соответствующих зон в местах изменения сечений элементов должна обеспечить получение плавных переходов от металла шва к основному металлу, а также от конца приваренной детали к основному элементу конструкции. Обработку следует выполнять на минимальную глубину (до 3 % толщины обрабатываемого элемента), необходимую для снятия поверхностного слоя металла в зоне обработки — до получения блестящей поверхности.

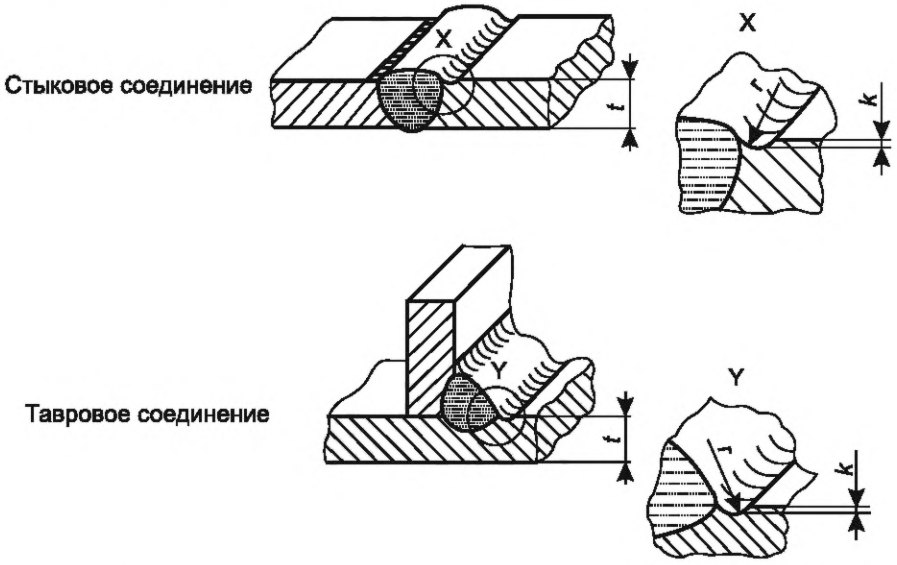
Обрабатываемая поверхность не должна иметь рисок, расположенных поперек направления усилий, действующих в элементе при его работе. На границе зоны обработки не должно быть уступов. Заусенцы подлежат зачистке.

Г.2.3 Перед механической обработкой необходимо удалить выявленные дефекты сварного соединения.

Г.2.4 Механическую обработку сварных швов выполняют по одному из вариантов:

- снятием выпуклости стыковых швов заподлицо с основным металлом (при наличии требования конструкторской документации);

- созданием плавного перехода от шва к основному металлу согласно рисунку Г.1 (при несоответствии профиля сварного шва требованиям категории сварного соединения, предусмотренной конструкторской документацией).



t — толщина проката; *r* — радиус скругления границы сварного шва ($r \geq 3$ мм); *k* — глубина канавки после механической обработки ($k \leq 0{,}03t$)

Рисунок Г.1

Г.2.5 После снятия выпуклости стыковых швов следует повторно контролировать обработанную поверхность ввиду того, что при обработке могут быть вскрыты дефекты шва в виде внутренних пор или шлаковых включений.

Окончательные выводы о качестве соединения принимают после выполнения повторного контроля, выполненного после всех видов обработки сварных соединений и прилегающей зоны.

На всем протяжении зон обработки торцов необходимо предусматривать на углах элемента фаски размером 2×2 мм с округлением кромок.

Г.2.6 Механическую обработку концов косынок (фасонок) в сварных соединениях с основным элементом конструкции рекомендуется выполнять с обеспечением плавного перехода к поверхности основного элемента в плоскости косынки (фасонки). Концы стыковых швов должны быть обработаны заподлицо на длине не менее 50 мм.

Г.2.7 Уменьшение зон обработки и радиусов не допускается, увеличение их не является браковочным признаком.

Г.2.8 Контроль качества механической обработки, абразивной зачистки, дробеструйной очистки, лазерной очистки сварных швов и сварных соединений осуществляют внешним осмотром и измерением, на основании которого устанавливают:

- отсутствие надрезов и следов подрезов по границам швов;
- отсутствие пор, раковин, шлаковых включений и их следов на обрабатываемой поверхности;
- отсутствие в пределах обрабатываемой поверхности трещин, а также несплавлений основного и наплавленного металла;
- полноту снятия поверхностного слоя металла на всей длине зоны обработки и получения чистой, блестящей поверхности металла;
- отсутствие выхода на обрабатываемую поверхность непровара по толщине детали (для сварных соединений с полным проплавлением);
- отсутствие уменьшения толщины шва и основного металла относительно указанного на чертеже.

Г.3 Аргонодуговое оплавление

Г.3.1 Аргонодуговому оплавлению подвергают границы углового шва с основным металлом с целью создания плавного перехода в этой зоне, как показано на рисунке Г.2.

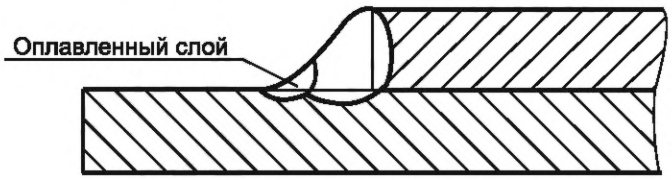


Рисунок Г.2

Г.3.2 Аргонодуговому оплавлению подвергают сварные соединения углеродистых, легированных и коррозионно-стойких сталей.

Г.3.3 Аргонодуговое оплавление осуществляют на постоянном токе прямой полярности с использованием оборудования, предназначенного для сварки вольфрамовым электродом в защитных газах.

Г.3.4 Аргонодуговое оплавление возможно во всех пространственных положениях, но предпочтительнее его выполнение в нижнем положении, при котором достигаются лучшие результаты.

Г.3.5 В качестве неплавящегося вольфрамового электрода используют электроды по ГОСТ ISO 6848, защитный газ – аргон высшего сорта по ГОСТ 10157.

Г.3.6 Работы по аргонодуговому оплавлению должны осуществлять лица, прошедшие специальную техническую подготовку.

Г.3.7 Оплавление следует проводить в цехах при температуре не ниже плюс 5 °С.

Г.3.8 Поверхность сварного шва и основного металла в зоне оплавления должна быть очищена от грязи, масла, шлаковых включений.

Г.3.9 Режим оплавления зависит от толщины обрабатываемых элементов конструкции, и его следует устанавливать в соответствии с данными, приведенными в таблице Г.1.

Таблица Г.1 — Режимы аргонодугового оплавления

Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Ток, А
От 3 до 5 включ.	2 3	От 80 до 100 включ. От 180 до 220 включ.
Св. 6	4 5	От 220 до 280 включ.

Г.3.10 Оплавленный слой должен иметь ширину не менее 6 мм и располагаться симметрично относительно границы шва.

Г.3.11 Аргонодуговое оплавление следует вести непрерывно до окончания оплавления всего упрочняемого участка шва.

Г.3.12 Для обеспечения надежной защиты жидкой ванны от окружающего воздуха расстояние сопла горелки от изделия следует выдерживать в пределах от 4 до 8 мм при расходе аргона от 14 до 16 л/мин.

Г.3.13 Оплавление следует вести с введением в зону дуги проволоки марки Св-08Г2С по ГОСТ 2246. При толщине элементов конструкции менее 12 мм оплавление допускается производить без присадочной проволоки.

Г.3.14 Качество аргонодугового оплавления контролируют внешним осмотром и измерением, а также с помощью контрольного эталона, устанавливаемого при аттестации технологии аргонодугового оплавления.

Г.3.15 Обработанная поверхность не должна иметь пор, свищей, подрезов, грубой чешуйчатости, кратеров и раковин. Профиль сварного шва должен соответствовать требованиям категории сварного соединения, предусмотренной чертежом.

Г.4 Наклеп

Г.4.1 Поверхностному наклепу подвергают места с концентраторами напряжений, в основном, границы шва и основного металла и прилегающие к ним участки.

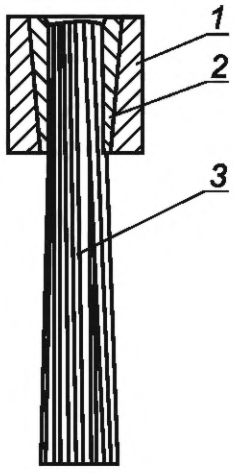
Г.4.2 Наклепу могут быть подвержены места, указанные в конструкторской документации, в которых величины номинальных напряжений не превышают 80 % предела текучести стали, из которой изготовлены детали.

Г.4.3 Наклеп производят после термической обработки конструкций, если она предусмотрена технологическим процессом. Наклепанная поверхность не должна подвергаться температурным воздействиям выше 200 °С. При необходимости выполнения сварочных работ вблизи наклепанной поверхности следует принимать специальные меры по ее охлаждению или выполнять повторный наклеп.

Г.4.4 Перед упрочнением участки сварных швов и прилегающие зоны основного металла должны быть очищены от шлака и ржавчины.

Г.4.5 Ширина наклепанной зоны с одной стороны шва должна находиться в пределах от 15 до 20 мм.

Г.4.6 В качестве инструмента для наклепа применяют пневматические молотки, оснащенные насадкой со специальным многобойковым (пучковым) упрочнителем, как показано на рисунке Г.3.



1 — стакан; *2* — втулка; *3* — иглы

Рисунок Г.3 — Многобойковый упрочнитель

Г.4.7 Для изготовления пучков упрочнителя применяют пружинную проволоку марок 65Г, 60С2, 70 диаметром от 2 до 3 мм (предпочтительно 2 мм) по ГОСТ 14959, подвергнутую термической обработке на твердость 50 HRC.

Г.4.8 В процессе эксплуатации число проволок в пучке уменьшается вследствие их разрушения. Допускается проведение обработки пучком с количеством проволок не менее 50 % от первоначального.

Г.4.9 Поверхностный наклеп следует выполнять при давлении сжатого воздуха от 0,4 до 0,5 МПа.

Г.4.10 В процессе наклепа молоток необходимо удерживать перпендикулярно к обрабатываемой поверхности. Перемещение инструмента по наклепываемой поверхности должно выполняться плавно и с постоянной скоростью от 100 до 150 мм/мин.

Г.4.11 Сварные швы и прилегающие участки основного металла после наклепа должны иметь блестящую равномерно обработанную поверхность без пропусков. Особое внимание следует обращать на качество наклепа в местах перехода от сварных швов к основному металлу.

Г.4.12 Места перехода от шва к основному металлу должны быть доступны для наклепа. Поэтому подрезы и участки швов с большой выпуклостью и резким переходом к основному металлу должны быть устранены путем их подварки или аргонодугового оплавления, как показано на рисунке Г.4.

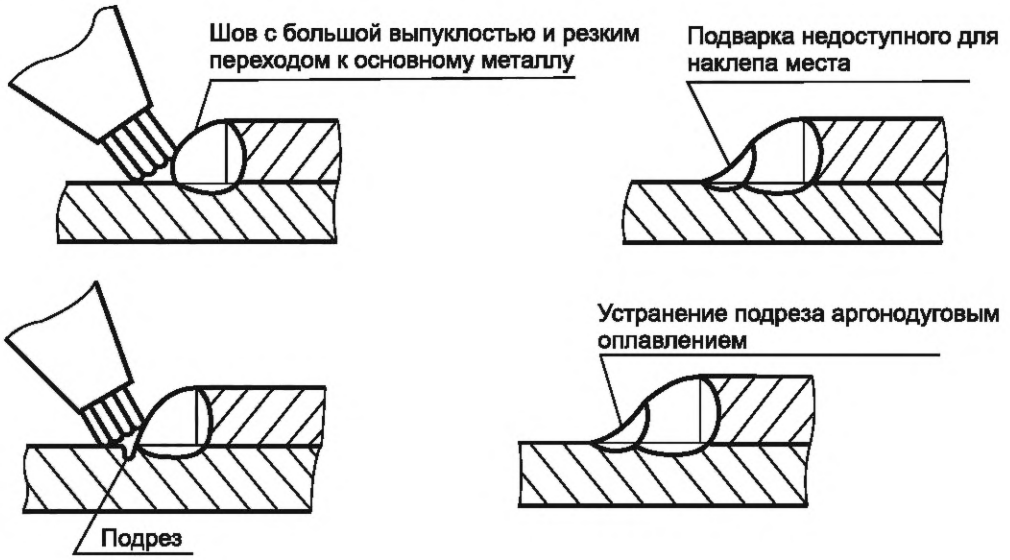


Рисунок Г.4

Г.4.13 Качество наклепа контролируют внешним осмотром с помощью контрольного образца сравнения. Текстура наклепа обрабатываемой поверхности, менее выраженная по сравнению с эталонной, недопустима.

Г.4.14 Допускается применение наклепа дробеструйной обработкой после соответствующей отработки режимов ее применения в производстве конкретных изделий. Рекомендуемые значения сжимающих напряжений после наклепа — не менее 50 МПа на расстоянии 0,5 мм от поверхности.

Г.5 Комбинированное упрочнение

Г.5.1 Комбинированные способы повышения сопротивления усталости заключаются в последовательном или одновременном выполнении обработки границ сварного шва и поверхностного наклепа.

Г.5.2 При последовательном комбинированном упрочнении сначала выполняют механическую или аргонодуговую обработку, затем поверхностный наклеп.

Г.5.3 Перспективным способом одновременного комбинированного упрочнения является высокочастотная механическая проковка (ультразвуковая ударная обработка) участка шириной от 3 до 5 мм по границе сварного шва с пластическим деформированием приповерхностного слоя металла и формированием плавного перехода от сварного шва к основному металлу с образованием канавки глубиной от 0,1 до 0,15 мм.

В качестве инструмента для высокочастотной механической проковки применяют ультразвуковой ударный молоток, оснащенный однорядной многобойковой насадкой.

Бойки диаметром от 2 до 5 мм изготовляют из стали ШХ15 по ГОСТ 14955.

Упрочнение выполняют плавным возвратно-поступательным движением инструмента вдоль обрабатываемой поверхности. Скорость упрочнения от 60 до 150 мм/мин. Качество обработки контролируют с помощью контрольного эталона.

Г.6 Термическая обработка

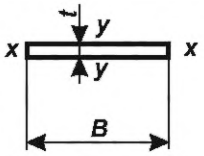
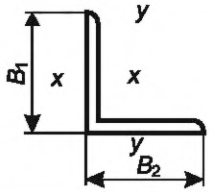
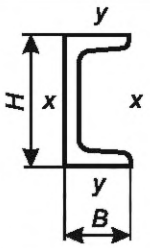
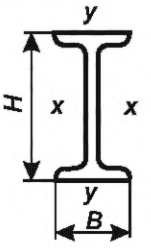
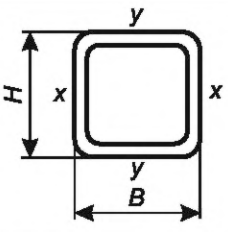
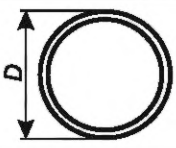
Термическую обработку производят в тех случаях, когда установлено, что работоспособность и надежность конструкции в состоянии после сварки не обеспечиваются другими средствами, и применение термообработки дает положительный эффект.

Приложение Д
(справочное)

Пределы допустимости правки и гибки (по радиусу) стального проката в холодном состоянии

В таблице Д.1 приведены пределы допустимости правки и гибки (по радиусу) стального проката в холодном состоянии.

Таблица Д.1

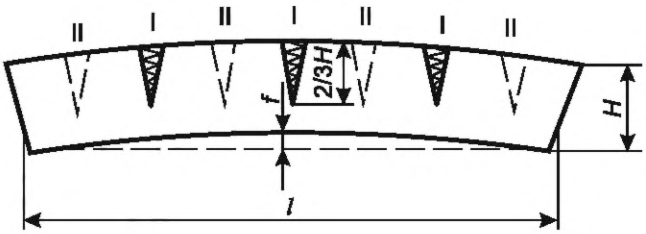
Прокат	Эскиз	Ось, относительно которой осуществляется правка	Правка — предельно допускаемый прогиб на длине прогнутого участка l	Гибка — допускаемый минимальный радиус
Листовая, универсальная, полосовая, квадратная сталь		x—x y—y	$l^2/400t$ $l^2/800B$	1) $25t$
Уголок		x—x y—y	$l^2/720B_1$ $l^2/720B_2$	$45B_1$ $45B_2$
Швеллер		x—x y—y	$l^2/400H$ $l^2/720B$	$25H$ $45B$
Двутавр		x—x y—y	$l^2/400H$ $l^2/400B$	$25H$ $25B$
Гнутосварные профили		x—x y—y	$l^2/400H$ $l^2/400B$	$30H$ $30B$
Трубы, круг		x—x y—y	$l^2/400D$	$30D$

1) Минимально допустимые радиусы гибки должны соответствовать значениям, указанным в нормативной документации на металлопрокат.

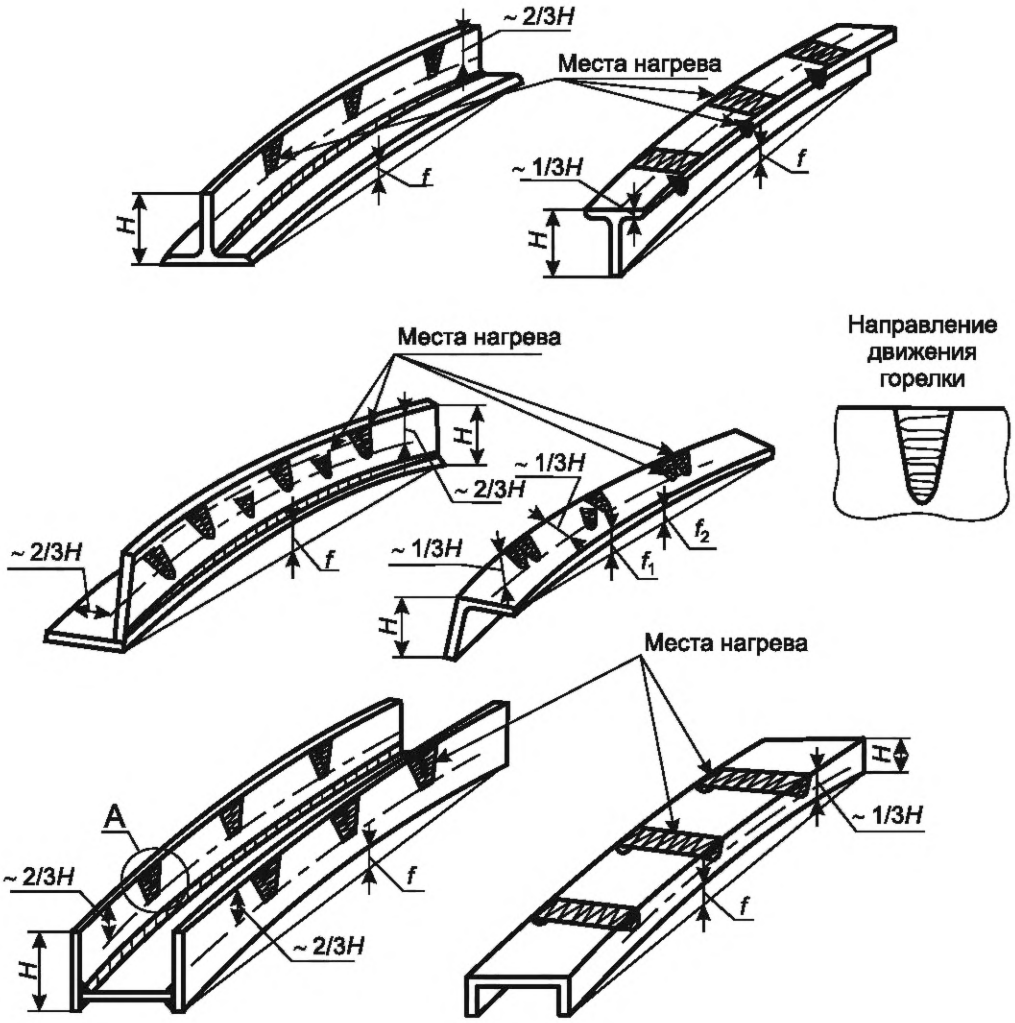
Приложение Е
(рекомендуемое)

Схемы термической правки

На рисунке Е.1 представлены рекомендуемые схемы термической правки проката и элементов сварных конструкций.



а) Лист, полоса



б) Фасонный прокат, сварные балки

f, f_1, f_2 — стрела прогиба; I — зоны первой очереди нагрева; II — зоны второй очереди нагрева (при необходимости)

Рисунок Е.1

Приложение Ж
(рекомендуемое)

Области применения и формы технологических карт сварки

Ж.1 Технологические карты сварки (WPS) должны быть разработаны по результатам аттестации технологии сварки.

Ж.2 По чертежам сборочных единиц, согласованным ответственным координатором сварки, на каждую модель подвижного состава, подготавливаемую к производству, изготовитель должен составить перечень сварных соединений и оценить их отличие от применяемых в действующем производстве для установления необходимости разработки новых технологических карт и аттестации технологий сварки. Рекомендуемая форма перечня сварных соединений приведена в таблице Ж.1.

Таблица Ж.1 — Форма перечня сварных соединений

Перечень сварных соединений (_____) модели _____
(категория подвижного состава)

Сборочная единица		Сварное соединение									Сварочная проволока, электрод		Защитный газ, флюс	Положение сварки	Отчет об аттестации технологии (WPQR); номер, дата
							деталь 1		деталь 2						
Наименование	Номер чертежа	Номер	Тип	Толщина шва/катет шва, мм	Категория качества	Метод контроля	Номер по спецификации	Марка стали/ толщина, мм	Номер по спецификации	Марка стали/ толщина, мм	Марка	Диаметр, мм			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Ж.3 Технологические карты в зависимости от области применения могут быть разработаны для выполнения:

- конкретных сборочных единиц или отдельных сварных швов;
- размерного ряда однотипных сварных соединений для определенных способов сварки и групп свариваемых сталей.

Варианты форм технологических карт приведены в таблицах Ж.2 и Ж.3.

Ж.4 Технологические карты сварки рекомендуется использовать:

- как составную часть операционных технологических процессов сборки и сварки;
- для формирования сводных технологических инструкций на сварку;
- непосредственно на рабочих местах сварки для практического руководства.

Таблица Ж.2 — Форма технологической карты сварки (вариант 1)

<table>
<tr><td colspan="3">Наименование предприятия</td><td colspan="8">Утверждаю
Координатор сварки
(подпись, дата) (Ф.И.О.)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Технологическая карта сварки</td><td>Номер карты</td><td></td><td colspan="2">Номер отчета об аттестации</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Применимость</td><td>Чертеж</td><td colspan="5"></td><td>№№ швов</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="11">Шов № 1</td><td>Деталь 1
Деталь 2</td><td>Марка стали</td><td></td><td>Толщина, мм</td><td></td><td>Сварочная проволока, электрод (марка)</td><td></td><td>Защитный газ, флюс (марка)</td><td></td></tr>
<tr><td>Подготовка кромок</td><td colspan="3">(Эскиз с размерами)</td><td>Схема выполнения проходов</td><td colspan="3">(Эскиз с номерами проходов)</td><td>Температура предварительного подогрева</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Род тока, полярность</td><td colspan="3"></td><td colspan="3">Модель сварочного оборудования</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Проход №</td><td>Положение сварки</td><td>Диаметр сварочной проволоки, мм</td><td>Сварочный ток, А</td><td>Напряжение дуги, В</td><td>Скорость сварки, м/ч</td><td>Расстояние от наконечника до изделия, мм</td><td>Расход защитного газа, л/мин</td></tr>
<tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>и т.д.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Материал и форма подкладки</td><td colspan="2">(Эскиз)</td><td colspan="2">Размеры и способ разделки обратной стороны шва</td><td colspan="2">(Эскиз)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Дополнительная информация (при необходимости)</td><td colspan="4">(Параметры поперечных колебаний, количество и расположение проволок и т. д.)</td></tr>
<tr><td colspan="9"></td></tr>
<tr><td>Шов № 2</td><td colspan="9"></td></tr>
<tr><td>Шов № 3</td><td colspan="9"></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="9"></td></tr>
</table>

Разработал

(должность, подпись, дата) /Ф.И.О./

Проверил

(должность, подпись, дата) /Ф.И.О./

Технология аттестована

(должность, подпись, дата) /Ф.И.О./

Таблица Ж.3 — Форма технологической карты сварки (вариант 2)

Наименование предприятия				Утверждаю Координатор сварки (подпись, дата) (Ф.И.О.)				
Технологическая карта сварки			Номер карты		Номер отчета об аттестации			
Применимость		Пример: тавровые и угловые соединения с полным проплавлением			Способ сварки	Пример: (в защитных газах «ИП»)		
Марки сталей			Сварочная проволока, электрод (марка)		Защитный газ, флюс (марка)			
Сочетание толщин, мм	Подготовка кромок	(Эскиз с размерами)	Схема выполнения проходов	(Эскиз с номерами проходов)		Температура предварительного подогрева		
	Род тока, полярность			Модель сварочного оборудования				
	Проход №	Положение сварки	Диаметр сварочной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Расстояние от наконечника до изделия, мм	Расход защитного газа, л/мин
	1							
	2							
	и т.д.							
	Материал и форма подкладки		(Эскиз)		Размеры и способ разделки обратной стороны шва		(Эскиз)	
	Дополнительная информация (при необходимости)				(Параметры поперечных колебаний, количество и расположение проволок и т. д.)			

Разработал

(должность, подпись, дата) /Ф.И.О./

Проверил

(должность, подпись, дата) /Ф.И.О./

Технология аттестована

(должность, подпись, дата) /Ф.И.О./

Приложение И
(обязательное)

Правила испытания и аттестации технологий сварки

И.1 Общие положения

И.1.1 Испытания и аттестация технологий сварки должны быть проведены до начала применения в производстве.

И.1.2 Блок-схема разработки, испытания и аттестации технологии сварки приведена на рисунке И.1.



Рисунок И.1

И.1.3 Аттестацию, основанную на испытании технологии сварки, проводят по результатам испытаний контрольного сварного соединения типовой формы.

И.1.4 В случаях, когда типовая форма и размеры контрольного соединения не адекватны реальной конструкции, аттестацию технологии сварки проводят с изготовлением специальных образцов, идентичных натурным. Допускается испытания проводить на образцах, вырезанных из натурной конструкции, например, рамы тележки.

И.1.5 Допускается аттестация технологии сварки с оформлением технологических карт сварки на основании опыта ранее выполненной сварки и удовлетворительных эксплуатационных качеств сварных конструкций. Опыт ранее выполненной сварки должен быть подтвержден следующей документацией:

- документация, подтверждающая выполнение сварки по аттестуемой технологии в течение по меньшей мере одного года (например, комплект технологической документации на технологический процесс сварки, технологическая инструкция);

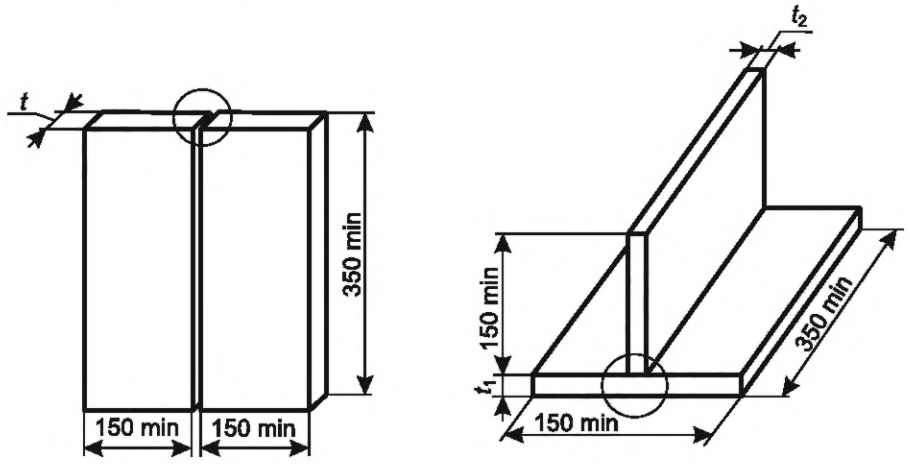
- документация, подтверждающая постановку продукции, изготовленной с применением аттестуемой технологии сварки, на производство по ГОСТ 15.902.

И.2 Испытания и аттестация технологии дуговой сварки на типовых контрольных соединениях

И.2.1 При испытании и аттестации технологий дуговой сварки должны быть изготовлены контрольные сварные соединения с размерами и формами, соответствующими:

- для стыковых соединений с полным проплавлением — рисунку И.2, а);
- для тавровых и угловых соединений с полным проплавлением — рисунку И.2, б);
- для тавровых, угловых и нахлесточных соединений с угловыми швами — рисунку И.2, б);
- для стыковых и тавровых соединений с частичным проплавлением — рисункам И.2, а) и б), соответственно.

Подготовку кромок, сборку, наложение прихваток и сварку контрольных сварных соединений следует проводить в соответствии с проектом технологической карты сварки.



а) б)

t, t_1, t_2 — толщины листов; ◯ — подготовка кромок и сборка под сварку согласно проекту технологической карты сварки

Рисунок И.2

И.2.2 При контроле и испытании контрольных сварных соединений, выполненных дуговой сваркой, следует использовать неразрушающие и разрушающие методы в соответствии с таблицей И.1.

Таблица И.1 — Контроль и испытание контрольных сварных соединений

Контрольное сварное соединение	Метод контроля и вид испытаний	Объем контроля и испытаний	Примечание
Стыковое сварное соединение с полным проплавлением [рисунок И.2, а)]	Внешний осмотр и измерение	100 %	—
	Рентгенографический или ультразвуковой контроль	100 %	Ультразвуковой контроль применяют для толщины более 8,0 мм
	Испытание механических свойств по ГОСТ 6996: - на статическое растяжение в поперечном направлении;	Два образца	—

Окончание таблицы И.1

Контрольное сварное соединение	Метод контроля и вид испытаний	Объем контроля и испытаний	Примечание
	- на статический изгиб в поперечном направлении	Четыре образца	—
	- на статическое растяжение в продольном направлении (металл сварного шва)	Два образца	При толщине металла не менее 5,0 мм
	- на ударный изгиб в поперечном направлении (KCU_{-60})	Три образца из металла сварного шва, три образца из металла зоны термического влияния	При толщине металла не менее 3,0 мм На расстоянии от 0,5 до 1,0 мм от границы шва
	- измерение твердости[1)]. Макроскопическое исследование	Один макрошлиф	—
Тавровое сварное соединение с полным проплавлением [рисунок И.2, б)]	Внешний осмотр и измерение	100 %	—
	Рентгенографический или ультразвуковой контроль	100 %	Ультразвуковой контроль применяют для толщины более 8,0 мм
	Испытание механических свойств по ГОСТ 6996: - на статическое растяжение в продольном направлении (металл сварного шва);	Два образца	При толщине более тонкой детали не менее 5,0 мм
	- измерение твердости[1)]. Макроскопическое исследование	Два макрошлифа	—
Стыковое и тавровое сварное соединение со стыковым швом с частичным проплавлением [рисунки И.2, а) и б)]. Тавровое сварное соединение с угловым швом (швами) [рисунок И.2, б)]	Внешний осмотр и измерение	100%	—
	Испытание механических свойств по ГОСТ 6996: - на статическое растяжение металла шва;	Два образца	При толщине сварного шва не менее 5,0 мм
	- измерение твердости[1)]. Макроскопическое исследование	Два макрошлифа	—

[1)] Кроме конструкционных углеродистых сталей с пределом текучести менее 275 МПа и коррозионно-стойких сталей аустенитного класса.

Примечание — Для сварных соединений, выполненных в сочетании сварочных материалов, свариваемых сталей и процессов сварки, приведенных в приложениях А и Б, испытание механических свойств по ГОСТ 6996 не требуется.

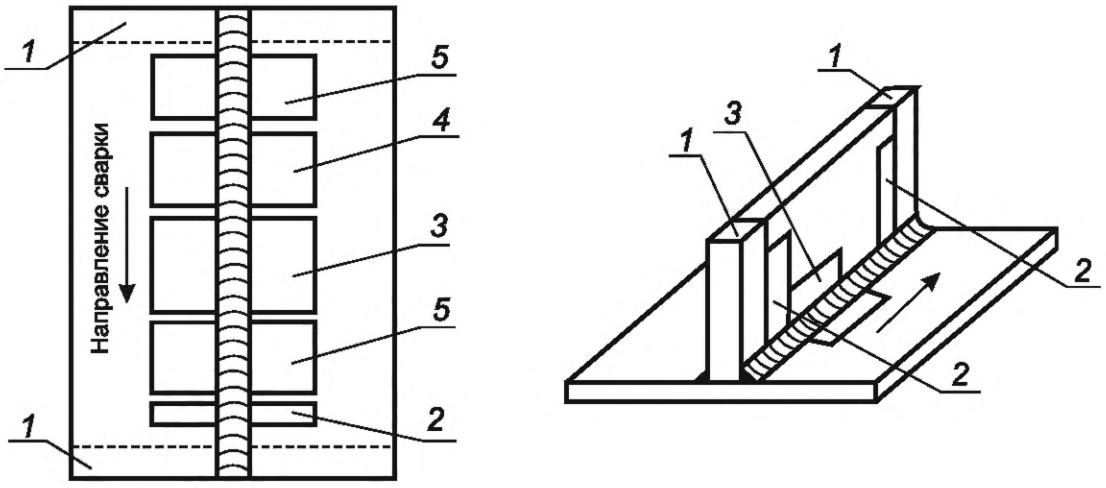
И.2.3 Вырезку образцов для испытаний из контрольных сварных соединений, подвергнутых неразрушающему контролю, производят согласно рисунку И.3 а) — для стыковых соединений, рисунку И.3 б) — для тавровых.

И.2.4 Условиями признания технологии сварки аттестованной являются:

- соответствие контрольного сварного соединения по наличию дефектов требованиям уровня качества В по национальным стандартам и нормативным документам, действующим на территории государства, принявшего стандарт, за исключением следующих дефектов: превышение выпуклости толщины шва, избыточное проплавление, подрезы, которые следуют оценивать по уровню качества С;
- соответствие механических свойств металла сварных соединений требованиям настоящего стандарта.

И.2.5 При наличии в контрольном сварном соединении дефектов, превышающих требования И.2.4, необходимо изготовить дополнительное контрольное соединение и подвергнуть его тем же испытаниям. При неудовлетворительных результатах испытаний технологию сварки считают не аттестованной.

В случае неудовлетворительных результатов испытаний механических свойств должны быть проведены дополнительные испытания удвоенного количества образцов. При неудовлетворительных результатах испытаний технологию сварки считают неаттестованной.



а) б)

1 — нерассматриваемые участки 25 мм; *2* — участок вырезки темплетов для измерения твердости и макроисследования; *3* — участок вырезки образцов для испытания на статическое растяжение металла шва; *4* — участок вырезки образцов для испытания на ударный изгиб; *5* — участок вырезки образцов для испытаний на статический изгиб и статическое растяжение

Рисунок И.3

И.2.6 Область распространения аттестации технологии сварки зависит от сочетания следующих факторов:
- химического состава и класса прочности (предела текучести) свариваемых сталей;
- процесса сварки;
- толщины деталей;
- типа сварного соединения согласно И.2.1;
- положения при сварке.

И.2.7 Области распространения аттестации по химическому составу и классам прочности сталей приведены в таблице И.2.

Таблица И.2 — Области распространения аттестации по химическому составу и классам прочности сталей

Сталь для изготовления контрольного сварного соединения	Область распространения аттестации
Ст3сп, 15, 20	Ст3сп, 15, 20
09Г2С, 09Г2Д	Легированные стали класса прочности от 295 до 360, 20ФЛ, 20ГФЛ, 20Г1ФЛ, 20ФТЛ, 20ГТЛ, 20ГЛ, 15Л, 20Л, Ст3сп, 15, 20
Легированные стали класса прочности свыше 360 (с гарантированным пределом текучести свыше 360 МПа)	Марка стали контрольного образца
Коррозионно-стойкие и двухслойные стали	Марка стали контрольного образца
Разнородные стали	Марки сталей контрольного образца

И.2.8 Аттестацию технологий проводят отдельно для всех вариантов применяемых процессов сварки:
- под флюсом (одноэлектродная, многоэлектродная);
- в двуокиси углерода;
- в смесях аргона с двуокисью углерода или кислородом;
- ручная дуговая покрытым электродом;
- в инертном газе вольфрамовым электродом;
- плазменная в инертном газе.

И.2.9 Области распространения аттестации технологий для стыковых соединений по толщине основного металла приведены в таблице И.3.

Таблица И.3 — Области распространения аттестации технологий для стыковых соединений по толщине основного металла

В миллиметрах

Толщина металла контрольного сварного соединения	Область распространения аттестации	
	Один проход	Много проходов
$t \le 3$	От 0,7t до 1,3t	От 0,7t до 1,3t
$3 < t \le 12$	От 0,5t (3 min) до 1,3t	От 3,0 до 2,0t
$t > 12$	От 0,5t до 1,1t	От 0,5t до 2,0t

И.2.10 Области распространения аттестации технологий для тавровых и угловых соединений с полным проплавлением по толщине металла и для тавровых, угловых и нахлесточных соединений по толщине углового шва приведены в таблице И.4.

Таблица И.4 — Области распространения аттестации технологий для тавровых и угловых соединений с полным проплавлением по толщине металла и по толщине углового шва

В миллиметрах

Толщина металла контрольного сварного соединения $t_1 \ge t_2$	Область распространения аттестации		
	Толщина металла	Толщина углового шва	
		Один проход	Много проходов
$t_1 \le 3$	От 0,7t_2 до 2,0t_1	От 0,75a до 1,50a	Без ограничений
$3 < t_1 \le 30$	От 0,5t_2 (3min) до 1,2t_1	От 0,75a до 1,50a[1)]	Без ограничений

[1)] При $t_1 \ge 3t_2$ требуется аттестация технологии каждого сочетания толщин t_1 и t_2.

Примечание — a — толщина сечения шва в образце.

И.2.11 Аттестация технологии распространяется на положение сварки, в котором было изготовлено контрольное сварное соединение. Испытание механических свойств металла шва и сварного соединения по ГОСТ 6996 проводятся для одного из положений сварки.

И.2.12 Аттестация технологии стыковых соединений труб распространяется на соединения труб с патрубком с углом не менее 60°.

И.2.13 Аттестация технологии сварки стыковых соединений с полным проплавлением распространяется на стыковые соединения с частичным проплавлением. Для подтверждения обеспечения минимальной толщины проплавления сварного шва в нестандартном стыковом соединении с частичным проплавлением требуется отдельная аттестация.

И.2.14 Аттестация технологии сварки тавровых соединений с полным проплавлением распространяется только на тавровые соединения с полным и частичным проплавлением и угловые швы. Для подтверждения обеспечения минимальной толщины проплавления сварного шва в нестандартном тавровом соединении с частичным проплавлением требуется отдельная аттестация.

И.2.15 Аттестация технологии сварки стыковых соединений с частичным проплавлением распространяется только на стыковые соединения с частичным проплавлением с равной или меньшей толщиной шва.

И.2.16 Аттестация технологии сварки тавровых соединений с частичным проплавлением распространяется только на сварку тавровых соединений с частичным проплавлением с равной или меньшей толщиной шва.

И.2.17 Аттестация технологии сварки односторонних стыковых швов без подкладки распространяется на сварку двусторонних сварных швов и сварных швов с подкладкой (съемной или остающейся).

И.2.18 Аттестация технологии сварки сварных швов на подкладке (съемной или остающейся) распространяется на сварку двусторонних сварных швов.

И.2.19 Аттестация технологии сварки угловых швов распространяется только на сварку угловых швов.

И.2.20 Аттестация технологии сварки многопроходных швов не распространяется на сварку однопроходных швов и наоборот.

И.2.21 По результатам испытаний контрольного сварного соединения изготовитель должен составить отчет об аттестации технологии сварки, включающий:

- проект технологической карты сварки с подписью специалиста, осуществлявшего техническое сопровождение изготовления контрольного сварного соединения;
- результаты исследований и протоколы механических испытаний;

- заключение о соответствии качества сварного соединения и содержания технологической карты сварки требованиям настоящего стандарта и конструкторской документации.

Отчет об аттестации технологии сварки должен храниться у изготовителя.

И.2.22 При отрицательных результатах испытаний рекомендуется оформлять отчет об аттестации технологии и хранить его не менее трех лет.

И.2.23 Допускается испытание и аттестацию технологии сварки выполнять по субподряду. При этом изготовитель выполняет сварку контрольного сварного соединения и несет ответственность за достоверность данных об изготовлении контрольного сварного соединения в соответствии с проектом технологической карты сварки.

И.3 Испытание и аттестация технологий контактной сварки

И.3.1 Испытание и аттестацию технологий контактной точечной, рельефной, шовной, стыковой сварки следует выполнять путем сварки и испытаний контрольных сварных соединений с оценкой соответствия требованиям настоящего стандарта и конструкторской документации.

И.3.2 Контрольное сварное соединение должно пройти внешний осмотр и измерение, испытание механических свойств по ГОСТ 6996 на статическое растяжение, измерение твердости и макроскопическое исследование.

Примечание — Твердость зон сварного соединения измеряют при сварке стали классов прочности более 375 (с пределом текучести более 375 МПа).

И.3.3 По результатам испытаний контрольного сварного соединения осуществляют действия, указанные в И.2.21 — И.2.23.

Приложение К
(обязательное)

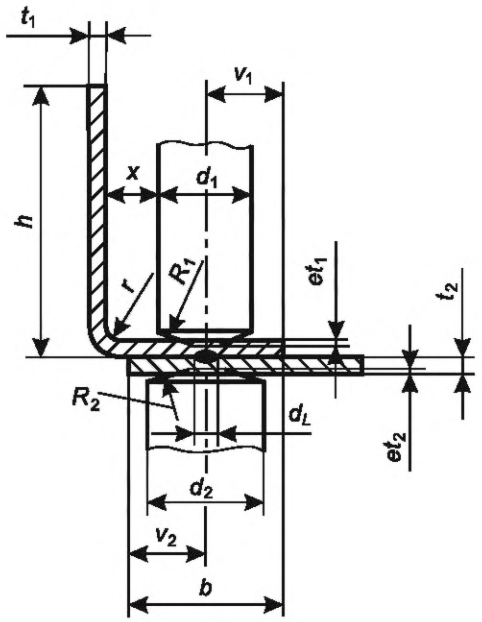
Требования к точечной, рельефной и шовной сварке

К.1 Общая информация

В таблице К.1 приведены минимальные требования для выбора расстояния между точками и расстояния от края детали в зависимости от толщины детали для контактной точечной сварки, см. рисунки К.1—К.4.

Таблица К.1 В миллиметрах

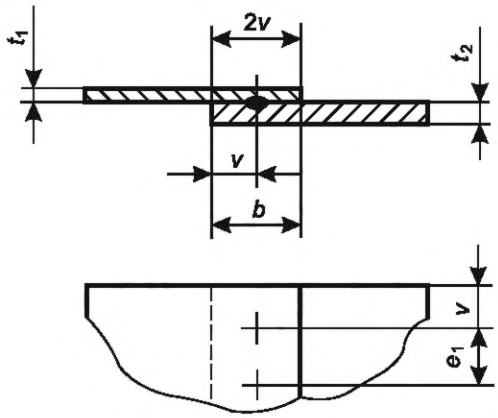
Расстояние	Толщина детали t_1						
	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3
Расстояние между точками e_1	25	35	35	35	40	50	50
Расстояние от края v	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 15	≥ 15	≥ 15



Примечание — $x > 5$ и $x > r$.

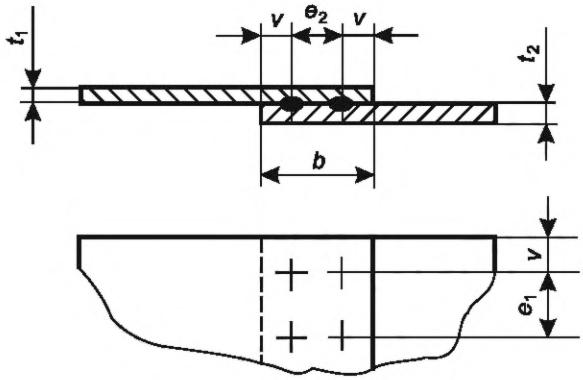
x — боковое расстояние; d_L — диаметр ядра сварной точки; d_1, d_2 — диаметры электродов; r — радиус гибки; t_1 — меньшая толщина листа; t_2 — большая толщина листа; et_1 — верхняя глубина вдавливания; et_2 — нижняя глубина вдавливания; R_1, R_2 — радиус скругления электрода; b — нахлест; h — высота полки; v_1 — расстояние от края 1; v_2 — расстояние от края 2

Рисунок К.1 — Контактная точечная сварка угловых профилей и листового металла



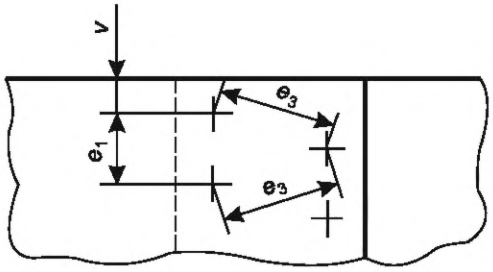
e_1 — расстояние между точками; v — расстояние от края; t_1 — меньшая толщина листа; t_2 — большая толщина листа; b — нахлест

Рисунок К.2 — Контактная точечная сварка листового металла (однорядная)



e_1 — расстояние между точками; e_2 — расстояние между рядами точек; v — расстояние от края; t_1 — меньшая толщина листа; t_2 — большая толщина листа; b — нахлест

Рисунок К.3 — Контактная точечная сварка листового металла (двухрядная)



e_1 — расстояние между точками; e_3 — расстояние между точками (расположение в два ряда со сдвигом); v — расстояние от края

Рисунок К.4 — Контактная точечная сварка листового металла (двухрядная со сдвигом)

Требования к качеству для соединений точечной, рельефной и шовной сварки приведены в таблице К.2.

Таблица К.2 — Требования к качеству

Требования	Категория качества сварного соединения 2	Категория качества сварного соединения 3
Общие требования к качеству		
Процессы сварки	Допускаются процессы контактной сварки: точечная и шовная	Допускаются процессы контактной сварки: точечная, шовная, рельефная
Вид сварочной машины	Сварочные станки с автоматическим управлением циклом работы и контролем процесса	Сварочные станки с автоматическим управлением циклом работы
Область применения	Несущие элементы подвижного состава (боковые стенки, торцовые стенки, полы и расположенные снаружи детали типа приборных коробов, крышек, брызговиков, дверей) и др.	
Допустимое соотношение толщин деталей	$t_2 : t_1 \leq 3 : 1$[1)] Другие соотношения толщин деталей и сварка более чем двух листов должны быть согласованы с заказчиком	
Минимальные усилия на срез	Для контактной точечной сварки см. в таблице К.4. Для контактной шовной и рельефной сварки значения указаны в таблице К.4 в зависимости от толщины металла	
Свойства поверхности отдельных частей	Поверхности соединяемых деталей в месте сварки должны быть очищены от окалины, ржавчины, краски, пыли, жира и прочих загрязнений. Дополнительно для обработки поверхности можно использовать пленки, покрытия, средства защиты от коррозии, герметики и клеи, если подтверждена их совместимость с технологией сварки	
Максимальные значения твердости зон сварного соединения	Не более 350 HV	
Требования к качеству и внешнему виду		
Трещины	Недопустимо	
Поры. Пористость с единичным распределением. Локальная пористость	Недопустимо	
Брызги металла. Выдавливание материала	Допустимо при согласовании с заказчиком	
Поверхностные дефекты	Допустимы, в зависимости от класса качества поверхности согласно таблице К.3	
Сквозное проплавление сварной точки	Недопустимо	
Налипание материала электрода	Недопустимо	
Требования к качеству, проверка на внутренние дефекты		
Недостаточная глубина проникновения ядра сварной точки	Минимум 30 %, максимум 90 % толщины отдельных листов	
Трещины	Для контактной точечной и рельефной сварки допускается в середине диаметра ядра сварной точки (длина трещины не более половины диаметра). Для контактной шовной сварки недопустимо	
Поры. Твердые включения	Для контактной точечной и рельефной сварки допускается в середине диаметра ядра сварной точки	

Окончание таблицы К.2

Требования	Категория качества сварного соединения 2	Категория качества сварного соединения 3
Пористость с равномерным распределением. Ограниченная пористость	Для контактной шовной сварки: $A \le 2$ % $d \le 0{,}4t_1$ [1)]	
Дефекты сплавления. Отсутствие сплавления	Недопустимо	
Чрезмерные зазоры	В непосредственной близи от сварного соединения: $h \le 0{,}1\ (t_1 + t_2)$ [1)]	
Проверка, испытания и документация		
Визуальный контроль [2)]	100 %	
Изготовление контрольного сварного соединения для оценки качества сварки [3)]	Следует выполнять: - ежедневно перед началом работы; - при изменении режимов сварки; - при изменении инструмента. Интервал изготовления натурного образца должен быть указан в технологической или конструкторской документации	
Изготовление натурного образца для оценки качества сварки [4)]	Следует выполнять: - для подтверждения технологии сварки; - для контроля качества сварки через регулярные интервалы в зависимости от объемов сварочных работ, сварочного оборудования. Интервал изготовления натурного образца должен быть указан в технологической или конструкторской документации	
Документация	Протокол испытания Контроль выполнения технологического процесса	Протокол испытания

[1)] Обозначения: A — площадь дефекта, d — диаметр газовой поры, t_1 — меньшая толщина листа, t_2 — большая толщина листа, h — зазор между листами.

[2)] Проверка полноты выполнения сварочных работ и внешний осмотр без вспомогательных оптических инструментов.

[3)] Испытание на статическое растяжение согласно ГОСТ 6996.

[4)] Для процессов сварки: испытание на растяжение согласно ГОСТ 6996, макрошлиф.

В таблице К.3 приведены классы качества поверхности для соединений точечной, рельефной и роликовой сварки.

Таблица К.3 — Классы качества поверхности

Класс качества поверхности	Требования	Применение
1	Необходимо согласовать между производителем и заказчиком	Необходимо согласовать между производителем и заказчиком
2	Поверхности, для которых следы от сварки (вмятины от электродов, кольцевые наплывы, неровности вследствие тепловой деформации и т.д.) не превышают 10 % от толщины листа. Примечание — Если требуется, вмятины могут быть зашпаклеваны	Поверхности, к внешнему виду которых предъявляются особые требования (для боковых и торцовых стенок, крыш вагонов)
3	Поверхности, для которых следы от сварки не превышают 25 % от толщины листа. В этих пределах допустимы налипшие сварочные брызги, если на чертеже нет указаний по отсутствию зауссениц и брызг	Поверхности, к внешнему виду которых не предъявляются особые требования (для грузовых вагонов, контейнеров, листовой металл для облицовки пола)
4	Требования к качеству отсутствуют	Простые второстепенные конструкции, к внешнему виду которых не предъявляются особые требования

К.2 Минимальные усилия на срез

В таблице К.4 приведены значения для минимального усилия на срез при испытании на растяжение для сварных соединений 2 категории качества легированных и нелегированных сталей, выполненных контактной точечной сваркой в зависимости от толщины металла.

Для комбинации различных основных металлов с разным временным сопротивлением необходимо выбирать материал с меньшим значением.

Заданные значения являются минимальными средними значениями для серии испытаний, проведенной для пяти сварных точек.

Таблица К.4 — Минимальные усилия на срез для соединений контактной точечной сварки

t_1, мм	d_L, мм	Минимальное усилие на срез в точке, кН		
		Растягивающее усилие R_m для основного металла, МПа		
		До 360 включ.	Св. 360 до 510	От 510 до 620
0,8	4,5	3,5	4,5	6,0
1,0	5,0	4,7	6,0	8,0
1,25	5,5	5,9	7,5	10,0
1,5	6,0	7,1	9,0	12,0
1,75	6,5	8,5	10,9	14,5
2,0	7,0	10,0	12,8	17,0
2,5	8,0	12,9	16,5	22,0
3,0	8,5	16,5	21,0	28,0

Приложение Л
(обязательное)

Задачи и обязанности координатора сварки

Задачи и обязанности персонала по координации сварочных работ и требования к уровню координатора сварки для их выполнения приведены в таблице Л.1.

Таблица Л.1

Задачи и обязанности персонала по координации сварочных работ		Координатор сварки		
Наименование критерия	Задачи и обязанности при производстве подвижного состава	Уровень A	Уровень B	Уровень C
Л.1 Анализ требований	Анализ применяемого стандарта на продукцию и возможных дополнительных требований	X	(X)	(X)
Л.2 Технический анализ	Анализ:			
	- технических условий на основной(ые) материал(ы) и свойств сварных соединений	X	(X)	(X)
	- положения сварного соединения исходя из конструкторских требований	X	X	(X)
	- требований к категории качества сварного шва	X	(X)	(X)
	- местоположения, доступности подхода и последовательности выполнения сварных швов, включая доступность для проведения контроля качества сварных соединений	X	X	(X)
	- других требований, например, к испытаниям партий сварочных материалов, содержанию феррита в металле сварного шва, старению, содержанию водорода, остающейся подкладке, применению проковки, обработки поверхности, форме сварного шва	X	(X)	–
	- формы и размеров подготовки соединений под сварку и сварного шва	X	X	(X)
Л.3 Субконтракт	Должна быть обеспечена пригодность субподрядчиков для выполнения сварки	X	(X)	(X)
Л.4 Сварочный персонал	Должна осуществляться аттестация сварщиков и сварщиков-операторов (включая обучение, инструктаж, подтверждение и оценку)	X	X	(X)
Л.5 Оборудование	Должна быть обеспечена пригодность сварочного и связанного с ним оборудования	X	X	(X)
Л.6 Производственное планирование	Выполнение ссылок на соответствующие технические требования карт сварки	X	X	X
	Распределение квалифицированного персонала	X	X	X
	Последовательность выполнения сварных швов в свариваемой конструкции	X	X	X
	Загрузка оборудования для предварительного подогрева, термической обработки	X	X	X
	Подготовка сварочных материалов перед сваркой	X	X	X
Л.7 Аттестация технологий сварки	Определение объема испытаний и области распространения аттестации технологий сварки	X	(X)	–
	Разработка технологических карт сварки и аттестация технологий сварки	X	(X)	–

Продолжение таблицы Л.1

Задачи и обязанности персонала по координации сварочных работ		Координатор сварки		
Наименование критерия	Задачи и обязанности при производстве подвижного состава	Уровень A	Уровень B	Уровень C
Л.8 Технические требования к процедуре сварки	Должна быть определена область распространения аттестации технологии сварки	X	(X)	(X)
Л.9 Рабочие инструкции	Должны быть определены выпуск и применение рабочих инструкций	X	(X)	(X)
Л.10 Сварочные материалы	Должны быть проверены:			
	- совместимость	X	X	(X)
	- условия поставки	X	(X)	(X)
	- соблюдение дополнительных требований в технических условиях на поставку сварочных материалов, включая вид документа, удостоверяющего их качество	X	(X)	(X)
	- хранение и условия применения сварочных материалов	X	X	(X)
Л.11 Основные материалы	Должны быть проверены:			
	- соблюдение дополнительных требований в технических условиях на поставку материалов, включая вид документа, удостоверяющего их качество	X	(X)	(X)
	- хранение основных материалов и обращение с ними	X	X	X
Л.12 Контроль и испытания до сварки	Проверка соответствия и годности:			
	- сертификатов аттестации сварщиков и операторов сварки	X	X	(X)
	- технологических карт сварки	X	(X)	(X)
	- идентификации основных металлов и сварочных материалов	X	X	X
	- подготовку кромок и сборку под сварку, фиксации и выполнения прихваток	X	X	X
	Проверка:			
	- выполнения специальных указаний в технологических картах сварки (например, для предотвращения деформаций)	X	X	X
	- пригодности условий сварки, включая окружающую среду	X	X	X
	- изготовления производственных образцов (макетов) и их оценка	X	X	(X)
Л.13 Контроль и испытания во время сварки	Проверка:			
	- основных параметров сварки	X	X	X
	- температуры предварительного нагрева и перед выполнением очередного прохода	X	X	X
	- зачистки и формы валиков и слоев металла сварного шва	X	X	X
	- разделки обратной стороны сварного шва	X	X	X
	- последовательности выполнения сварки	X	X	X
	- соблюдения правил подготовки и применения сварочных материалов	X	X	X
	- деформации	X	X	X

Окончание таблицы Л.1

Задачи и обязанности персонала по координации сварочных работ		Координатор сварки		
Наименование критерия	Задачи и обязанности при производстве подвижного состава	Уровень А	Уровень В	Уровень С
Л.14 и Л.15 Контроль и испытания после сварки	Применение визуального контроля	X	X	(X)
	Применение неразрушающего контроля	X	(X)	—
	Применение разрушающих испытаний	X	(X)	—
	Проверка результатов и оформления протоколов операций после сварки (например, термической обработки, старения)	X	(X)	(X)
	Постановка клейма сварщика	X	(X)	(X)
Л.16 Несоответствия и корректирующие действия	Должны быть определены необходимые меры и действия для устранения несоответствий (например, исправление дефектов сварных швов, повторная оценка исправленных сварных швов, корректирующие действия)	X	(X)	(X)
Л.17 Калибровка и валидация средств измерений, контроля и испытаний	Должны быть определены необходимые действия при проверке документации о поверке/калибровке средств измерений	X	X	(X)
Л.18 Идентификация и прослеживаемость	Должны быть идентифицированы: - сварочное и связанное с ним оборудование - производственные планы - формы бланков - места расположения сварных швов в конструкции - процедуры неразрушающего контроля - персонал - сварочные материалы (например, обозначение, марка, изготовитель, номер партии или плавки - основной металл (например, марка, номер плавки) - места исправления дефектов сварки - места установки временных элементов	X	(X)	(X)
	Должна быть обеспечена прослеживаемость: - полностью механизированных и автоматических установок для выполнения определенных сварных швов - сварщиков и сварщиков-операторов, которые должны выполнять определенные сварные швы - технологических карт сварки на выполнение определенных сварных швов	X	(X)	(X)
Л.19 Протоколы о качестве	Необходимо оформлять необходимые протоколы сварки и другие документы, в том числе при выполнении работ по субподряду	X	(X)	(X)

Примечание — X — полностью уполномочен; (X) — при производстве сварных конструкций с категорией качества сварных соединений 2 и 3 полностью уполномочен, при производстве сварных конструкций с категорией качества сварных соединений 1 — ограниченно уполномочен (после согласования с координатором сварки уровня А); — не уполномочен.

Библиография

[1] ПР-АС-ВНИИЖТ—2017 Правила аттестации сварщиков на железнодорожном транспорте государств — участников Содружества

[2] Правила перевозок опасных грузов (приложение 2 к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении) (утверждены Соглашением о Международном железнодорожном грузовом сообщении от 1 ноября 1951 г.)

УДК 629.021:621.791:006.354 МКС 45.060

Ключевые слова: сварные соединения, конструкции железнодорожного подвижного состава, конструкции подвижного состава метрополитена, координация в сварке, толщина сварного шва, полное проплавление, частичное проплавление, категория качества сварного соединения, технологическая карта сварки, испытание технологии сварки, аттестация технологии сварки

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 19.09.2025. Подписано в печать 09.10.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 7,44. Уч.-изд. л. 6,43.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru