

ПРАВИЛА

КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ ПЛАВУЧИХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК

ЧАСТЬ XIII СВАРКА

НД № 2-020201-026



Санкт-Петербург
2023

ПРАВИЛА КЛАССИФИКАЦИИ, ПОСТРОЙКИ И ОБОРУДОВАНИЯ ПЛАВУЧИХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК

Правила классификации и постройки плавучих буровых установок (Правила ПБУ) Российского морского регистра судоходства (РС, Регистр) утверждены в соответствии с действующим положением и вступают в силу 1 сентября 2023 года.

Настоящие Правила составлены на основе последней версии Правил классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ 2022 года издания с учетом изменений и дополнений, подготовленных непосредственно к моменту издания.

В Правилах учтены процедурные требования, унифицированные требования, унифицированные интерпретации и рекомендации Международной ассоциации классификационных обществ (МАКО) и соответствующие резолюции Международной морской организации (ИМО).

Правила устанавливают требования, являющиеся специфичными для ПБУ, учитывают рекомендации Кодекса постройки и оборудования плавучих буровых установок 2009 года (Кодекс ПБУ 2009 года) (резолюция ИМО А.1023(26) с поправками) и дополняют Правила классификации и постройки морских судов и Правила по оборудованию морских судов.

Правила состоят из следующих частей:

- часть I «Классификация»;
- часть II «Корпус»;
- часть III «Устройства, оборудование и снабжение»;
- часть IV «Остойчивость»;
- часть V «Деление на отсеки»;
- часть VI «Противопожарная защита»;
- часть VII «Механические установки и механизмы»;
- часть VIII «Системы и трубопроводы»;
- часть IX «Котлы, теплообменные аппараты и сосуды под давлением»;
- часть X «Электрическое оборудование»;
- часть XI «Холодильные установки»;
- часть XII «Материалы»;
- часть XIII «Сварка»;
- часть XIV «Автоматизация»;
- часть XV «Оценка безопасности»;
- часть XVI «Сигнальные средства»;
- часть XVII «Спасательные средства»;
- часть XVIII «Радиооборудование»;
- часть XIX «Навигационное оборудование»;
- часть XX «Оборудование по предотвращению загрязнения».

ПЕРЕЧЕНЬ ИЗМЕНЕНИЙ

(изменения сугубо редакционного характера в Перечень не включаются)

Для данной версии нет изменений для включения в Перечень.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

1.1.1 Требования настоящей части Правил классификации и постройки плавучих буровых установок¹ применяются при сварке элементов конструкций ПБУ, подлежащих техническому наблюдению Регистра в дополнение к требованиям части XIV «Сварка» Правил классификации и постройки морских судов².

1.1.2 Сварные соединения должны выполняться в соответствии с требованиями 1.3 части XIV «Сварка» Правил РС/К и настоящих Правил по одобренной Регистром технической документации и/или согласованным с Регистром стандартам.

¹ В дальнейшем – Правила ПБУ.

² В дальнейшем – Правила РС/К.

1.2 ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОЯСНЕНИЯ

1.2.1 Определения и пояснения, относящиеся к общей терминологии, приведены в части XIV «Сварка» Правил РС/К.

1.2.2 В настоящей части приняты следующие определения.

Испытания в процессе производства — испытания, включая разрушающие, основанные на сварке образцов, полученных непосредственно в процессе изготовления продукции и прошедших аналогичную с ней обработку. При этом, в зависимости от конкретных условий и возможностей, образцы могут вырезаться из забойных элементов (припуска) конструкций или изготавливаться как «свидетели» в идентичных с продукцией условиях по одной и той же спецификации процесса сварки.

Испытания по одобрению технологического процесса сварки — испытания, проводимые под техническим наблюдением и в объеме требований правил Регистра с целью получения подтверждения способности изготовителя выполнять сварку конкретных сварных соединений в условиях, близких к реальным, согласно требованиям спецификации процесса сварки.

Отчетность по одобрению технологического процесса сварки — документы Регистра, содержащие исчерпывающую информацию о проведении испытаний по одобрению технологического процесса сварки. К этим документам относятся спецификация испытаний сварного соединения и протокол результатов испытаний.

Предварительные испытания технологического процесса сварки до начала производства — испытания по одобрению технологического процесса сварки, основанные на применении нестандартных образцов и проб, которые имитируют выполнение сварки в производственных условиях.

Свидетельство об одобрении технологического процесса сварки — документ Регистра, удостоверяющий, что применяемый на верфи или предприятии (изготовителе сварных конструкций) технологический процесс сварки прошел испытания и одобрен Регистром для применения.

Спецификация процесса сварки (СПС) — документ, составленный изготовителем сварных конструкций и содержащий всю необходимую информацию по сварке конкретного соединения, включая спецификацию материалов, метода сварки, деталей подготовки кромок и всех технологических параметров.

Примечание. СПС, основанная на опыте предшествующей работы, а также на основании рекомендаций изготовителей сварочных материалов и основного металла, но не прошедшая утверждения и одобрения, называется предварительной (пСПС). Сварка образцов для одобрения технологического процесса сварки выполняется в соответствии с этой предварительной СПС.

1.3 ОБЪЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ

1.3.1 При выполнении сварочных работ для ПБУ объем технического наблюдения Регистра устанавливается в соответствии с 1.4.2 части XIV «Сварка» Правил РС/К с учетом требований настоящей части.

1.4 ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

1.4.1 Техническая документация по сварке, предъявляемая на согласование по проекту ПБУ в целом, определяется разд. 4 части I «Классификация» Правил ПБУ. Техническая документация на подлежащие техническому наблюдению Регистра конструкции должна содержать сведения по сварке в объеме требований тех частей настоящих Правил, к которым конструкции относятся.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЦЕССАМ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПБУ

2.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1.1 Все предприятия (судостроительные верфи, изготовители сварных конструкций, сварочные производства), которые выполняют работы по сварке конструкций под техническим наблюдением Регистра, должны подтвердить свою готовность к выполнению работ соответствующего уровня сложности, а также гарантировать в полном объеме выполнение требований Регистра, установленных настоящей частью.

2.1.2 Под готовностью к выполнению работ по сварке понимается оснащение сварочного производства необходимым оборудованием и оснасткой, наличие внутренней системы обеспечения качества, соответствующая квалификация производственного персонала, а также выполнение требований по одобрению Регистром применяемых технологических процессов сварки.

2.1.3 Предприятия должны гарантировать посредством постоянных внутренних проверок и инспекций в процессе изготовления продукции, а также по завершении сварочных работ, что эти работы выполняются в полном соответствии с требованиями Правил ПБУ.

2.1.4 В том случае, если предприятие привлекает для выполнения работ сторонние субподрядные фирмы или временных рабочих, ответственность за выполнение требований по контролю производства, согласно [2.1.3](#) несет головная подрядная фирма.

2.1.5 В общем случае требования по контролю качества, которые гарантируются предприятием, включают проведение проверок:

- .1 основного металла;
- .2 сварочных материалов;
- .3 подготовки кромок и сборки под сварку;
- .4 условий хранения и порядка выдачи сварочных материалов;
- .5 соответствия условий выполнения работ по сборке и сварке установленным требованиям;
- .6 соответствия технологии сварки и термообработки требованиям спецификации процесса сварки;
- .7 соответствия размеров сварных соединений требованиям конструкторской документации;
- .8 приемочного контроля и испытаний сварных соединений и конструкций, а также порядка исправления выявленных дефектов;
- .9 соответствия квалификации сварщиков характеру и сложности выполняемых работ.

2.1.6 Предприятия должны предоставлять свободный доступ инспектору Регистра для выполнения всех необходимых проверок и освидетельствований в процессе технического наблюдения за изготовлением сварных конструкций.

В том случае, если качество выполняемых работ по сварке не соответствует всем установленным требованиям, инспектор Регистра должен сообщить об этом предприятию для принятия мер по устранению причин, ухудшающих качество продукции или, если необходимо, для прекращения работ.

2.2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СВАРКИ

2.2.1 Общие требования.

2.2.1.1 Для сварки конструкций, подлежащих техническому наблюдению Регистра, могут применяться только технологические процессы и способы сварки, обеспечивающие высокую стабильность получения гарантированного качества сварных соединений, что может быть подтверждено производителем сварных конструкций путем проведения испытаний по одобрению или другими способами в соответствии с [2.2.2](#).

2.2.1.2 Документом, однозначно идентифицирующим применяемый изготовителем технологический процесс сварки, является Спецификация процесса сварки (производителя) (СПС).

2.2.1.3 Рассмотрение и процедура одобрения Регистром технологических процессов сварки устанавливается требованиями настоящей части.

2.2.1.4 Применяемые изготовителем технологические процессы сварки должны быть одобрены Регистром к применению. Документом, удостоверяющим, что технологический процесс сварки прошел процедуру одобрения, является Свидетельство об одобрении технологического процесса сварки.

2.2.2 Одобрение технологических процессов сварки.

2.2.2.1 Основным видом одобрения технологических процессов сварки является проведение испытаний по одобрению. При этом испытания по одобрению могут быть стандартными, требования к которым установлены в разд. 6 части III «Техническое наблюдение за изготовлением материалов» Правил технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов¹, а также предварительными перед началом производства.

При этом предварительные испытания до начала производства должны проводиться с соблюдением следующих основных требований:

.1 сварку проб необходимо выполнять в условиях, максимально близких к сварке реальной конструкции, с моделированием комплексного влияния факторов, оказывающих влияние на качество металла соединения;

.2 при сварке проб должны применяться сборочные приспособления, устройства, кантователи и т.п., аналогичные с теми, которые используются в производстве;

.3 швы прихваток должны, при необходимости, подвергаться испытаниям в составе выполненного соединения;

.4 объем проверок проб включает визуальный контроль и измерение, контроль на наличие поверхностных трещин (магнитопорошковый или капиллярный), определение твердости, контроль макрошлифов, а также отдельные виды разрушающих испытаний по согласованной с Регистром документации;

.5 область одобрения по толщине основного металла и применяемых сварных соединений, как правило, ограничивается толщиной конкретных узлов, применительно к которым были выполнены испытания.

2.2.2.2 Испытания в процессе производства применяются в том случае, если стабильность качества продукции не соответствует одобренной технологической документации, при изменении параметров технологического процесса или когда проведение стандартных и предварительных испытаний является недостаточным для конкретного технологического процесса. К таким технологическим процессам, характеризующимся повышенной степенью риска получения отклонений качества сварных соединений, относятся:

.1 вертикальная сварка в направлении сверху вниз;

.2 односторонняя сварка со свободным обратным формированием корня шва покрытыми электродами или порошковой проволокой;

¹ В дальнейшем — Правила ТНПС.

.3 способы сварки с высокими значениями погонной энергии (сварка дуговая с принудительным формированием и газовой защитой, электрошлаковая и т.п.);

.4 способы сварки, особо чувствительные к качеству сборки и подготовки кромок, такие как электронно-лучевая и лазерная.

2.2.2.3 Одобрение технологических процессов сварки на конкретном предприятии допускается на основании предшествующего опыта работы по сварке однотипных конструкций без проведения испытаний. Такой вид одобрения не может применяться для сварки специальных конструкций, сварки сталей высокой прочности или хладостойкости, а также для технологических процессов, требующих проведения испытаний до начала производства или в процессе производства.

2.2.2.4 Квалификационные испытания по одобрению технологических процессов сварки сталей с индексом "Arc" должны быть дополнены испытанием металла сварного шва для определения параметра трещиностойкости *CTOD*. Испытания проводятся в соответствии с требованиями с 2.2.10.5 части XIII «Материалы» Правил РС/К и 6.7.4 части III «Техническое наблюдение за изготовлением материалов» Правил ТНПС, по одобренным Регистром программам.

2.3 ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПЕРСОНАЛ. КВАЛИФИКАЦИЯ СВАРЩИКОВ

2.3.1 Работы по сварке конструкций ПБУ, подлежащих техническому наблюдению Регистра, должны выполняться только квалифицированными сварщиками, которые прошли соответствующие испытания и имеют действующее Свидетельство о допуске сварщика, выданное Регистром согласно требованиям разд. 5 части XIV «Сварка» Правил РС/К.

Характер и сложность выполняемых сварщиком работ в производственных условиях должны полностью соответствовать указанной в Свидетельстве о допуске сварщика области одобрения.

При допуске к работе сварщиков, имеющих квалификационные свидетельства, оформленные другими компетентными органами, включая другие классификационные общества, необходимо выполнение следующих требований:

.1 эквивалентности объема и качества квалификационных испытаний, выполненных сварщиком при аттестации — требованиям разд. 5 части XIV «Сварка» Правил РС/К;

.2 общего порядка получения допуска — требованиям разд. 5 части XIV «Сварка» Правил РС/К (стаж и перерывы в работе, возраст и т.п.);

.3 области одобрения — установленным требованиям разд. 5 части XIV «Сварка» Правил РС/К, в зависимости от объема практических испытаний при аттестации.

2.3.2 Каждое производственное подразделение, которое выполняет сварочные работы, должно иметь в штате ответственное лицо — инспектора, который осуществляет непосредственный контроль за соблюдением всех требований к выполнению сварочных работ согласно одобренной Регистром документации.

Как правило, производственный инспектор по сварке должен иметь квалификацию дипломированного инженера по сварке. В его обязанности также входит информирование инспектора Регистра о любых изменениях технологических процессов сварки, а также о всех отклонениях, если таковые имели место при выполнении сварочных работ.

Инспектор по сварке несет персональную ответственность за своевременность и качество выполнения следующих видов работ и контрольных операции;

.1 составление СПС и одобрение технологических процессов сварки;

.2 контроль за соответствием квалификации рабочих сварщиков требованиям Регистра;

.3 входной контроль основного металла и сварочных материалов;

.4 соблюдение условий хранения и выдачи сварочных материалов установленным требованиям;

.5 подготовку кромок и сборку под сварку;

.6 поддержание в надлежащем техническом состоянии сварочного оборудования и оснастки;

.7 контроль выполнения сварочных работ на предмет наличия отклонения от СПС;

.8 контроль и анализ качества сварных соединений на основании результатов операционного и приемочного контроля;

.9 проверки и контроль работ по исправлению дефектных участков сварных соединений.

2.4 ОСНОВНОЙ МЕТАЛЛ. СВАРИВАЕМОСТЬ

2.4.1 Для изготовления сварных конструкций ПБУ, подлежащих техническому наблюдению Регистра, должны применяться материалы, соответствующие требованиям части XIII «Материалы» Правил РС/К и части XII «Материалы» Правил ПБУ.

Свариваемость основного металла считается удостоверенной в процессе испытаний по одобрению Регистром самого металла и признанию изготовителя.

Ниже содержатся общие требования, регламентирующие необходимость проведения дополнительных испытаний на свариваемость применительно к конкретным условиям изготовления сварных конструкций на предприятиях.

2.4.2 Дополнительные испытания на свариваемость выполняются в процессе испытаний по одобрению технологических процессов сварки и обычно включают:

.1 определение свойств зоны термического влияния для реального производственного цикла изготовления продукции (в большинстве случаев могут быть реализованы на стандартных пробах согласно разд. 6 части III «Техническое наблюдение за изготовлением материалов» Правил ТНПС);

.2 подтверждение стойкости сварного соединения против образования холодных трещин для конкретных условий выполнения сварочных работ (обычно реализация требует применения нестандартных, т.н. технологических или лабораторных проб, в ходе предварительных испытаний по одобрению до начала производства).

2.4.3 Необходимость проведения дополнительных испытаний на свариваемость установлена требованиями настоящего раздела, а также разд. 6 части III «Техническое наблюдение за изготовлением материалов» Правил ТНПС:

.1 применение специфических процессов сварки, например, с большими значениями погонной энергии, которые не подпадают под обычную область одобрения по результатам испытаний на свариваемость;

.2 наличие специальных требований к свойствам зоны термического влияния и шва, например, по результатам испытаний на трещиностойкость (CTOD);

.3 применение основных металлов, имеющих повышенную чувствительность к технологическим особенностям выполнения сварки (например, стали высокой прочности, микролегированные хладостойкие стали, высоколегированные стали сложной структуры и т.п.);

.4 проведением сварочных работ в неблагоприятных условиях;

.5 наличием отклонений от требований настоящего раздела (например, по температуре предварительного подогрева);

.6 проведение термической обработки после сварки.

2.5 СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

2.5.1 Применяемые для сварки элементов конструкций ПБУ, подлежащих техническому наблюдению Регистра, сварочные материалы должны быть одобрены Регистром в соответствии с требованиями разд. 4 части XIV «Сварка» Правил РС/К. При этом применение сварочных материалов должно соответствовать указаниям Свидетельства об их одобрении, а также изложенным ниже требованиям.

2.5.2 В общем случае, применяемые сварочные материалы должны обеспечивать эквивалентность характеристик качества сварных соединений и основного металла.

Временное сопротивление разрыву сварного соединения должно быть не ниже временного сопротивления разрыву стали, используемой для данного элемента конструкции.

Для металла шва и зоны термического влияния значение работы удара и температура испытаний должны соответствовать требованиям к работоспособности сварного соединения.

2.5.3 Электроды, сочетания «проволока — флюс» и «проволока — газ», предназначенные для сварки специальных и основных конструкций из стали повышенной и высокой прочности, должны обеспечивать в наплавленном металле содержание диффузионного водорода, отвечающие индексам H10 или H5. При этом электроды должны быть только с основным покрытием.

Для сварки второстепенных конструкций из стали толщиной до 20 мм, не испытывающих воздействия динамических нагрузок, могут быть использованы электроды с рутиловым покрытием.

2.5.4 Назначение категории сварочных материалов для сварки конструкций из сталей нормальной и повышенной прочности.

Сварочные материалы должны применяться для сварки стали тех категорий, для которых они, в соответствии с [табл. 2.5.4](#), одобрены Регистром. При этом следует руководствоваться следующими требованиями:

.1 для выполнения сварных соединений, в которых сталь нормальной прочности сваривается со сталью повышенной прочности, могут применяться сварочные материалы, соответствующие низшей категории из допускаемых согласно требованиям [табл. 2.5.4](#) для каждой стали в отдельности (например, в сварном соединении сталей категорий D и E32 могут применяться сварочные материалы категории З);

.2 для выполнения сварных соединений, в которых свариваются стали одинаковых уровней прочности, но с разными требованиями по температуре испытаний на ударный изгиб, могут применяться сварочные материалы низшей категории из допускаемых согласно требованиям [табл. 2.5.4](#) для каждой стали в отдельности за исключением категории E40 (например, для сварного соединения сталей категорий D32 и E32 могут применяться сварочные материалы категории ЗУ);

.3 для выполнения сварных соединений из сталей повышенной прочности, а также при сварке стали повышенной прочности со сталью нормальной прочности должны применяться сварочные материалы с контролируемым содержанием диффузионного водорода согласно табл. 4.2.3.4 части XIV «Сварка» Правил РС/К. При этом электроды должны быть только с основным типом покрытия;

.4 применение для сварки сталей нормальной прочности категорий A, B, D, E сварочных материалов, получивших одобрение для соответствующих категорий сталей A40, D40, E40 и/или F40, возможно только для конкретных марок сварочных материалов при представлении положительных результатов необходимых испытаний, выполненных в соответствии с одобренной Регистром программой;

.5 применение для сварки сталей повышенной прочности сварочных материалов категории IY допускается только для соединений с толщиной металла до 25 мм включительно;

.6 сварочные материалы, выбранные по [табл. 2.5.4](#), могут быть назначены также и для сварки иной, чем предусмотрено указанной таблицей, стали, если по механическим свойствам и химическому составу эта сталь эквивалентна стали, для которой был одобрен данный сварочный материал;

.7 электроды с рутиловым покрытием допускается применять для сварки второстепенных конструкций из стали нормальной прочности в толщинах до 20 мм, не испытывающих воздействия динамических нагрузок;

.8 электроды с кислым типом покрытия не допускаются к применению при изготовлении ПБУ.

Таблица 2.5.4

Категория сварочного материала	Судостроительная сталь									
	нормальной прочности				повышенной прочности					
	A	B	D	E	A32, A36	D32, D36	E32, E36	A40	D40	E40
I, IS, IT, IM, ITM, IV	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IY, IYS, IYT, IYM, IYTM, IYV	+	-	-	-	+ ¹	-	-	-	-	-
2, 2S, 2T, 2M, 2TM, 2V	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
2Y, 2YS, 2YT, 2YM, 2YTM, 2YV	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
2Y40, 2Y40S, 2Y40T, 2Y40M, 2Y40TM, 2Y40V	См. 2.5.4.4				+	-	-	+	-	-
3, 3S, 3T, 3M, 3TM, 3V	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
3Y, 3YS, 3YT, 3YM, 3YTM, 3YV	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-
3Y40, 3Y40S, 3Y40T, 3Y40M, 3Y40TM, 3Y40V	См. 2.5.4.4				+	+	-	+	+	-
4Y, 4YS, 4YT, 4YM, 4YTM, 4YV	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
4Y40, 4Y40S, 4Y40T, 4Y40M, 4Y40TM, 4Y40V	См. 2.5.4.4				+	+	+	+	+	+
¹ см. 2.5.4.5										

2.5.5 Назначение категории сварочных материалов для сварки конструкций из стали высокой прочности.

Сварочные материалы должны применяться для сварки стали высокой прочности тех категорий, для которых они, в соответствии с [табл. 2.5.5-1](#) и [2.5.5-2](#), одобрены Регистром.

Таблица 2.5.5-1

Идентификация категорий сварочных материалов по температуре испытаний	Идентификация категорий стали высокой прочности по температуре испытаний на ударный изгиб			
	A(420/960)	D(420/960)	E(420/960)	F(420/690)
3Y(42/96)	+	+	–	–
4Y(42/96)	+	+	+	–
5Y(42/69)	+	+	+	+

Таблица 2.5.5-2

Идентификация категорий сварочных материалов по уровню прочности	Идентификация категорий стали повышенной и высокой прочности по уровню прочности									
	(A/F) 36	(A/F) 40	(A/F) 420	(A/F) 460	(A/F) 500	(A/F) 550	(A/F) 620	(A/F) 690	(A/E) 890	(A/E) 960
(3Y/5Y)42	+	+	+	–	–	–	–	–	–	–
(3Y/5Y)46	–	+	+	+	–	–	–	–	–	–
(3Y/5Y)50	–	–	+	+	+	–	–	–	–	–
(3Y/5Y)55	–	–	–	–	+	+	–	–	–	–
(3Y/5Y)62	–	–	–	–	–	+	+	–	–	–
(3Y/5Y)69	–	–	–	–	–	–	+	+	–	–
(3Y/4Y)89	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–
(3Y/4Y)96	–	–	–	–	–	–	–	–	+	+

При этом следует руководствоваться следующими ограничениями и требованиями:

.1 область применения марки сварочного материала имеет следующие ограничения для сварки основного металла в зависимости от его уровня прочности, как указано в [табл. 2.5.5-2](#):

область применения сварочных материалов, одобренных на уровни прочности Y42, Y46 и Y50, может распространяться на сварку сталей с двумя низшими уровнями прочности, относительно того уровня, на который они были одобрены;

область применения сварочных материалов, одобренных на уровни прочности Y55, Y62 и Y69, может распространяться на сварку сталей с одним низшим уровнем прочности, относительно того уровня, на который они были одобрены.

область применения сварочных материалов, одобренных на уровень прочности Y89, может распространяться на сварку сталей с таким же уровнем прочности, на который они были одобрены;

область применения сварочных материалов, одобренных на уровень прочности Y96, может распространяться на сварку сталей с одним низшим уровнем прочности, относительно того уровня, на который они были одобрены.

.2 для выполнения сварных соединений из сталей высокой прочности, а также для сварки стали высокой прочности со сталями повышенной или нормальной прочности должны применяться сварочные материалы с контролируемым содержанием диффузионного водорода и имеющие классификационные индексы H5 или H10 согласно табл. 4.2.3.4 части XIV «Сварка» Правил РС/К;

.3 для сварных соединений стали высокой прочности не рекомендуется применение одно- и двухпроходной сварки. Одобрение их применения возможно только на основании дополнительных испытаний по одобренной Регистром программе;

.4 для сварных соединений стали высокой прочности не рекомендуется применение электрошлаковой сварки и сварки дуговой с принудительным формированием и газовой защитой. Одобрение их применения возможно только на основании дополнительных испытаний по одобренной Регистром программе;

.5 для сварных соединений стали высокой прочности не рекомендуется применение многодуговой и односторонней сварки на различных типах подкладок. Одобрение их применения возможно только на основании дополнительных испытаний по одобренной Регистром программе;

.6 электроды с рутиловым и кислым типом покрытия не должны применяться для сварки конструкций из сталей высокой прочности;

.7 применение для сварки сталей высокой прочности сварочных материалов всех категорий, прошедших испытания в объеме требований 4.6 части XIV «Сварка» Правил РС/К, возможно только для соединений с толщиной основного металла не более 70 мм. Применение сварочных материалов для сварки стали толщиной более 70 мм может быть допущено после проведения дополнительных испытаний по одобренной Регистром программе.

2.5.6 Назначение категории сварочных материалов для сварки конструкций из судостроительной стали, работающих при низких температурах.

Сварочные материалы для сварки конструкций из судостроительной стали категорий F32, F36 и F40, работающих при низких температурах, должны применяться в соответствии с требованиями [табл. 2.5.6](#). Для соединений, в которых сталь повышенной прочности с индексом F сваривается со сталями других категорий, назначение категории сварочных материалов допускается производить в соответствии с требованиями, перечисленными в [2.5.4](#).

Таблица 2.5.6

Категория сварочного материала	Категория судостроительной стали		
	F32	F36	F40
5Y, 5YS, 5YT, 5YTM, 5YV	+	+	–
5Y40, 5Y40S, 5Y40T, 5Y40M,	+	+	+
5Y40TM, 5Y40V, 5Y42, 5Y42S, 5Y42M	–	+	+
5Y46, 5Y46S, 5Y46M	–	+ ¹	+

¹ Применение сварочных материалов категорий 5Y46, предназначенных для сварки сталей высокой прочности, подлежит дополнительному согласованию с Регистром.

2.6 ТИПЫ ШВОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

2.6.1 Стыковые соединения.

2.6.1.1 В зависимости от толщины соединяемых элементов, способа и пространственного положения сварки, а также доступности для выполнения, стыковые соединения могут выполняться без разделки кромок, с односторонней или двухсторонней (симметричной и несимметричной) формой разделки кромок в соответствии с требованиями национальных стандартов. В том случае, если проектантом или изготовителем сварных конструкций предусматривается нестандартная форма подготовки свариваемых кромок и конструктивные размеры сварного соединения, они должны быть отдельно приведены на чертежах и в спецификации на выполнение работ по сварке.

Форма сварных швов и детали подготовки кромок для специальных способов сварки (например, односторонней на медных ползунах, электрошлаковой сварки или сварки дуговой с принудительным формированием и газовой защитой) подлежат одобрению Регистром в индивидуальном порядке на основании результатов испытаний технологических процессов сварки.

2.6.1.2 Стыковые сварные соединения, как правило, выполняются с полным проваром по технологии, предусматривающей операцию зачистки корня шва и его сварку с обратной стороны. Могут применяться другие способы односторонней сварки, позволяющие исключить операцию зачистки и подварки корня шва. Все параметры такого технологического процесса односторонней сварки подлежат детальному подтверждению путем испытаний по одобрению. Объем испытаний и количество проб в таких случаях подлежат дополнительному согласованию с Регистром.

2.6.1.3 Если требования и рекомендации, указанные в [2.6.1.2](#), не могут быть удовлетворены (например, в случае одностороннего доступа к сварному шву), допускается выполнение односторонних стыковых соединений на остающейся подкладке или односторонних замковых. При этом величина зазора в корне шва должна назначаться с учетом гарантированного обеспечения провара и отсутствия дефектов, а угол скоса свариваемых кромок рекомендуется уменьшить по сравнению с обычно применяемыми значениями.

Данный тип соединения не следует применять в специальных конструкциях, а для основных конструкций возможность его использования подлежит рассмотрению Регистром с учетом обеспечения требований по усталостной прочности.

2.6.1.4 Рекомендуемые формы подготовки кромок для стыковых соединений плакированных сталей приведены на [рис. 2.6.1.4](#).

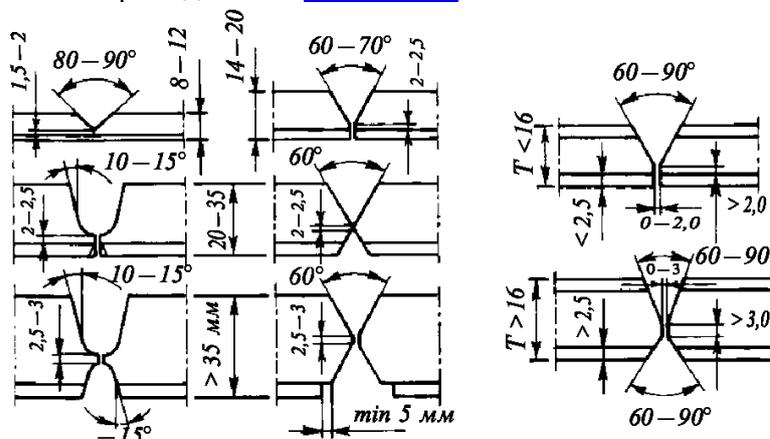


Рис. 2.6.1.4

2.6.2 Угловые, тавровые и крестообразные соединения с полным гарантированным проваром.

2.6.2.1 В зависимости от толщины соединяемых элементов, способа сварки и пространственного положения, а также доступности для выполнения угловые, тавровые и крестообразные соединения с полным гарантированным проваром выполняются с одно- или с двусторонним скосом кромок. Конструктивные элементы подготовки кромок и размеры швов принимаются в соответствии с требованиями национальных стандартов для соответствующих способов сварки. Если предусматривается нестандартная форма подготовки кромок или особые требования к форме шва, то они должны быть отдельно приведены на чертежах и в спецификации на выполнение работ по сварке.

2.6.2.2 Как правило, выполнение швов с полным гарантированным проваром должно предусматривать операцию зачистки корня шва и его сварку с противоположной стороны. Для способов сварки, позволяющих исключить эти операции (электроды с обратным формированием корня шва, различные типы гибких подкладок и т.п.), все параметры технологии, включая конструктивные элементы подготовки кромок, подлежат отдельному подтверждению путем проведения испытаний по одобрению технологических процессов сварки.

2.6.2.3 В том случае, если угловое соединение требуется выполнить заподлицо (без выпуска свободной кромки), для равноценных соединений специальных элементов, следует применять двухсторонний несимметричный скос кромок в соответствии с указанными на [рис. 2.6.2.3-1](#). При этом для предотвращения вероятности слоистого разрушения основного металла предусматривается увеличенный угол скоса разделки кромок в сторону от теоретической линии совмещения пластин.

Аналогичная подготовка кромок должна применяться для монтажных тавровых соединений (или крестообразных без выпуска неразрезной пластины), когда стыкуемый под углом лист находится между прилегающими ([рис. 2.6.2.3-2](#)).

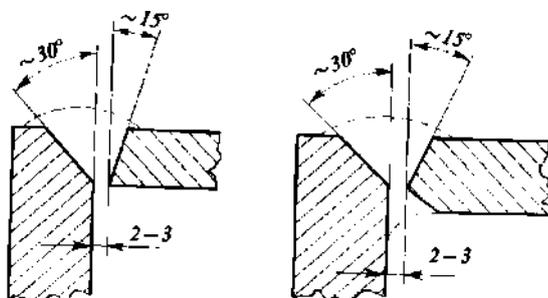


Рис. 2.6.2.3-1

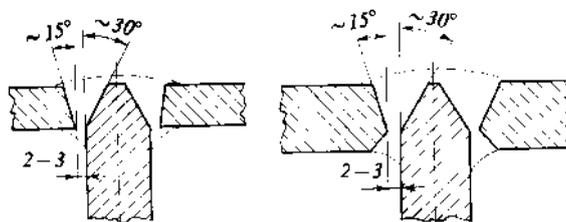


Рис. 2.6.2.3-2

2.6.2.4 Угловые, тавровые и крестообразные соединения, которые имеют доступ для выполнения сварки только с одной стороны, допускается выполнять с односторонним скосом кромок на остающейся подкладке. При этом действуют ограничения и рекомендации, перечисленные в [2.6.1.3](#).

2.6.3 Угловые, тавровые и крестообразные соединения с полным негарантированным проваром.

2.6.3.1 Данный тип сварных соединений по форме разделки кромок идентичен соединениям, указанным в [2.6.2](#), и отличается от последних наличием допустимого неполного проплавления f шва (см. [рис. 2.6.3.1](#)). Технология выполнения соединений с негарантированным проваром не предусматривает операции зачистки корня шва перед сваркой с противоположной стороны, что и обуславливает вероятность появления неполного проплавления.

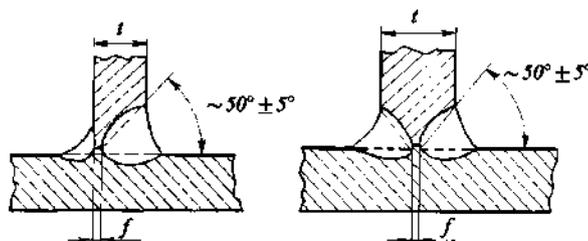


Рис. 2.6.3.1

Примеры двухстороннего таврового соединения с полным негарантированным проваром для одно- и двухстороннего скоса кромок на стыкуемой пластине

2.6.3.2 В обычной практике неполное проплавление корня шва ограничивается значением $f \leq 0,2t$, но не более 3 мм, где t — толщина стыкуемой пластины (с разделкой кромок). Эффективная толщина сварного шва в этом случае принимается равной толщине t стыкуемой пластины, а неполное проплавление корня шва f должно компенсироваться за счет дополнительного увеличения высоты угловых швов а не менее чем на f для каждой стороны соединения.

2.6.3.3 Соединения с полным негарантированным проваром не должны применяться в специальных конструкциях, а для основных конструкций возможность их использования подлежит рассмотрению Регистром с учетом обеспечения требований по усталостной прочности. В любом случае, вопрос о применении в конструкции соединений с полным негарантированным проваром может быть принят Регистром к рассмотрению только при наличии подтвержденных гарантий от предприятия по проведению контроля величины f неразрушающими методами в процессе производства, а также при приемочном контроле соединений.

2.6.3.4 Односторонние соединения с негарантированным полным проваром без сварки с противоположной стороны (см. [рис. 2.6.3.4](#)) не должны применяться в специальных и основных конструкциях. Для второстепенных конструкций вопрос о возможности их применения рассматривается Регистром аналогично требованиям [2.6.3.3](#).

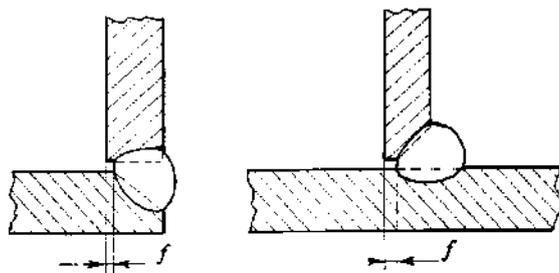


Рис. 2.6.3.4

Примеры односторонних угловых и тавровых соединений с негарантированным полным проваром

Примечание. Данное ограничение не распространяется на соединения, выполненные с применением специализированных способов сварки и сварочных материалов, предназначенных для односторонней сварки. Неполное проплавление в этом случае называется усадкой одностороннего шва, а его значение обычно ограничивается $f \leq 0,05t$, но не более 1,0 мм (при одновременном ограничении по протяженности единичного дефекта и их суммарной длины на 1 м шва).

2.6.4 Угловые, тавровые и крестообразные соединения с разделкой кромок и конструктивным непроваром.

2.6.4.1 Соединения с конструктивным непроваром (см. [рис. 2.6.4.1](#)) характеризуются тем, что скос разделки кромок захватывает только часть толщины присоединяемой пластины. В результате этого, после выполнения сварки в корне шва образуется непровар с номинальным значением $d = c + f$, где c — значение конструктивного непровара корня шва, принимаемое равным значению притупления разделки; f — значение допустимого неполного проплавления в корне шва, обусловленное отсутствием зачистки и подварки.

Конструктивные элементы подготовки кромок, размеры шва и характеристики соединения c , d и f должны быть приведены на чертежах и в спецификации на выполнение работ по сварке (пример, см. [рис. 2.6.4.1](#)).

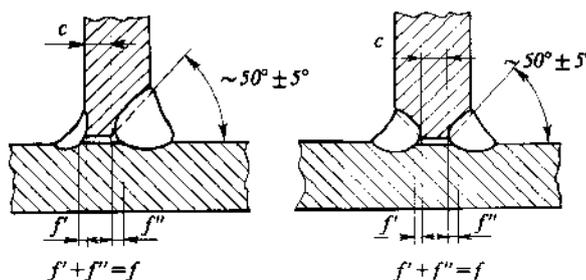


Рис. 2.6.4.1

Примеры двухсторонних тавровых соединений с конструктивным непроваром

2.6.4.2 Неполное проплавление корня шва ограничивается значением $f \leq 0,02t$, но не более 3,0 мм, а значение c , как правило, не должно превышать $1/3t$. Для данного типа соединений эффективная толщина углового шва принимается равной толщине присоединяемой пластины t за вычетом номинального неполного провара $d = c + f$.

2.6.4.3 Применение соединений с конструктивным непроваром ограничивается только двухсторонним типом, которое должно быть одобрено Регистром.

При этом их применение должно быть ограничено основными и второстепенными конструкциями, не испытывающими значительных динамических или усталостных нагрузок. Предприятие должно гарантировать посредством приемочного контроля соответствие фактических и расчетных значений параметра d , а также приемлемый уровень дефектности в сечении угловых швов.

2.6.5 Угловые, тавровые и крестообразные соединения, выполняемые угловым швом без разделки кромок.

2.6.5.1 Соединения угловым швом без разделки кромок должны применяться в конструкциях в двухстороннем исполнении.

Расчетная высота угловых швов a должна определяться согласно требованиям 1.7 части II «Корпус» Правил РС/К.

2.6.5.2 В зависимости от провара в корне углового шва различают соединения с нормальным и глубоким проваром. В последнем случае проникновение шва в основной металл значительно глубже теоретической точки корня шва (см. [рис. 2.6.5.2](#)), что при

выполнении соответствующих требований может быть учтено в расчете высоты a углового шва.

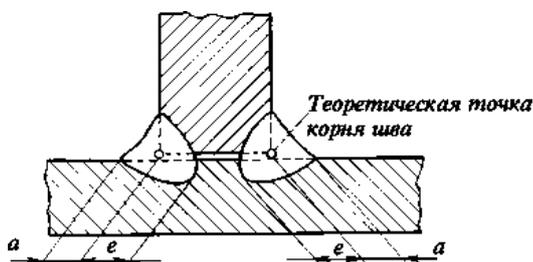


Рис. 2.6.5.2

Тавровое соединение, выполненное двухсторонним угловым швом с глубоким проваром

2.6.5.3 Применение и одобрение технологических процессов сварки, обеспечивающих получение угловых швов с глубоким проваром, должно быть согласовано с Регистром.

В случае успешного проведения испытаний по одобрению технологических процессов, Регистр может допустить определение расчетного значения толщины углового шва с глубоким проваром по зависимости (см. [рис. 2.6.5.2](#)):

$$a_d = a + 2e_{min}/3, \quad (2.6.5.3)$$

где a — расчетная высота углового шва, определенная по размерам усиления (от теоретической точки корня);
 e_{min} — минимальная глубина проплавления, установленная индивидуально на основе испытаний по одобрению технологических процессов сварки.

2.6.5.4 Допускаемые отклонения от теоретической формы и расчетных размеров угловых швов должны соответствовать требованиям национальных стандартов или других руководящих документов и приводиться в документации на сварку, подлежащей одобрению Регистром.

2.7 СВАРКА КОРПУСОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ПБУ

2.7.1 Требования к подготовке соединений под сварку.

2.7.1.1 Детали, поступающие на сборку соединений для последующей сварки, должны быть обработаны, выправлены и однозначным образом идентифицированы в соответствии с требованиями технической документации на изготовление сварных конструкций.

2.7.1.2 Применяемые способы резки и оборудование должны обеспечивать соответствие размеров и чистоты поверхности подготовки кромок деталей под сварку требованиям, указанным в документации, одобренной Регистром.

2.7.1.3 Дополнительная зачистка кромок и поверхности деталей под сварку механическим способом после тепловой резки или для удаления защитных покрытий должна производиться перед сборкой в тех случаях, когда это предусмотрено спецификацией процесса сварки, согласно требованиям настоящего раздела, а также технической документацией на изготовление сварных конструкций.

2.7.1.4 Поверхности свариваемых деталей и конструкций должны быть чистыми и сухими. Окалина, ржавчина, остатки грата от тепловой резки, заусенцы, масло, краска и грязь должны быть тщательным образом удалены перед сваркой.

Качество очистки кромок под сварку должно контролироваться и приниматься ответственным лицом предприятия.

2.7.1.5 Допускается выполнять сварку стальных деталей, которые покрыты межоперационным защитным грунтом без его удаления при условии выполнения следующих требований:

.1 защитный грунт прошел соответствующие испытания и одобрен Регистром для применения;

.2 предприятие, использующее межоперационный защитный грунт, должно гарантировать и подтвердить посредством контрольных проверок, что условия применения грунта, установленные в Свидетельстве об одобрении, остаются справедливыми и при сварке (особенно угловыми швами) отсутствует чрезмерное порообразование, которое неблагоприятно влияет на качество сварных швов;

.3 отсутствуют дополнительные ограничения на применение не удаляемых перед сваркой защитных грунтов в соответствии с требованиями настоящей главы или документации, признанной Регистром.

Примечание. Контрольные проверки, которые выполняются в ходе изготовления конструкций, должны включать измерение толщины покрытия на образцах-свидетелях, а также сварку тавровых соединений для оценки склонности к порообразованию путем испытаний на излом.

2.7.1.6 Зазор в соединениях, собранных под сварку деталей, должен соответствовать нормативным требованиям (допускам), указанным в Спецификации процесса сварки и/или технической документации, одобренной Регистром.

В стыковых сварных соединениях деталей, различающихся по толщине более чем на 4 мм, следует предусматривать односторонний или двухсторонний скос на кромке детали большей толщины с уклоном:

не менее 1:4 — для элементов, испытывающих усталостные нагрузки;

не менее 1:3 — для остальных конструкций.

2.7.1.7 Допускается, с предварительного разрешения инспектора Регистра, производить исправление увеличенных зазоров наплавкой, если отклонение от допускаемого номинального зазора (без учета допуска) не превышает наименьшей толщины стыкуемых элементов и при этом не более 10 мм. Исправление недопустимых зазоров наплавкой допускается на длине не более 500 мм на 1 м шва, при этом

суммарная длина наплавляемых участков не должна превышать 30 % длины технологически самостоятельного сварного соединения. При длине участка шва до 500 мм наплавка допускается по всей длине этого участка.

Примечания: 1. Исправленные наплавкой участки должны приниматься ответственным лицом предприятия и после этого предъявляться инспектору Регистра.

2. Для полуавтоматической и ручной сварки допускается вместо наплавки по всей ширине кромки выполнять местную наплавку одиночных валиков «гребешков». Наплавку в тавровом соединении допускается производить на любую из сопрягаемых деталей.

3. Для автоматической сварки и полностью механизированных способов сварки исправленные наплавкой участки должны быть зачищены шлифовальным или режущим инструментом до полного восстановления первоначальной формы подготовки кромок.

2.7.1.8 Свариваемые кромки, исправленные наплавкой в соответствии с требованиями [2.7.1.7](#), подлежат визуальному контролю и измерению, а при необходимости, подходящим методам неразрушающего контроля. При этом инспектор Регистра может назначить дополнительные участки контроля сварных соединений в местах, соответствующих исправлению зазоров наплавкой.

2.7.1.9 В тех местах, где увеличенные зазоры были исправлены наплавкой, ширина усиления шва или калибр углового шва должны быть увеличены на суммарную высоту наплавки с сохранением высоты усиления. Замер высоты наплавки на торце кромок следует производить параллельно поверхности детали.

2.7.1.10 Зазоры, многократно превышающие размеры, указанные в [2.7.1.7](#), допускается исправлять посредством сварки полос пластин с шириной по крайней мере в десять раз больше толщины соединяемых деталей, но не менее 300 мм (см. [рис. 2.7.1.10, е](#)), по согласованной с Регистром методике.

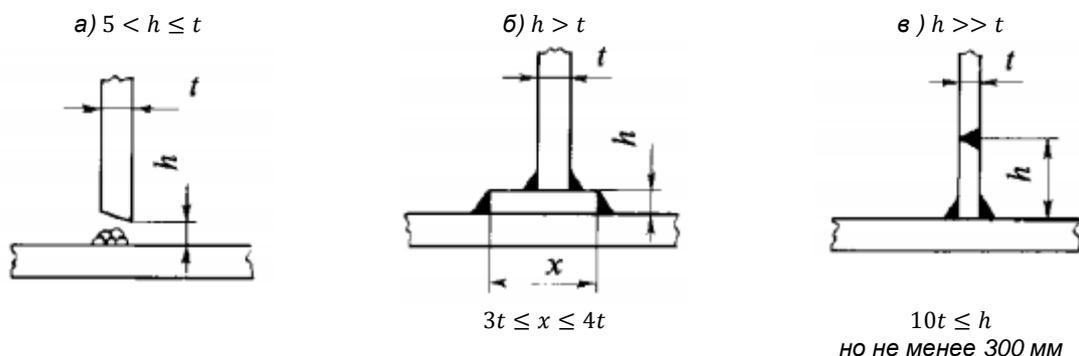


Рис. 2.7.1.10

Схемы устранения недопустимых зазоров для тавровых соединений:

а) наплавкой; б) установкой компенсирующей полосы; е) сваркой дополнительной полосы

Для специальных элементов исправление увеличенных зазоров с применением вариантов [рис. 2.7.1.10, б](#) и [е](#) не допускается.

Примечание. Для тавровых соединений, выполненных угловым швом без разделки кромок (калибром) при незначительном превышении размеров зазора, указанных в [2.7.1.7](#), допускается исправление чрезмерного зазора выполнять путем приварки на основную деталь накладной компенсирующей полосы шириной $3t \leq x \leq 4t$, где t — толщина присоединяемой детали ([рис. 2.7.1.10, б](#)).

2.7.1.11 При сборке конструкций под сварку особое внимание должно быть обращено на соблюдение плоскостности конструкций и соосности соединяемых свариваемых кромок.

Для стыковых сварных соединений допустимым считается несовпадение вершин разделки кромок e (или кромок деталей при отсутствии разделки), соответствующее указаниям [рис. 2.7.1.11-1](#).

Для крестообразных соединений допустимым считается нарушение соосности соединяемых деталей, соответствующее указаниям [рис. 2.7.1.11-2](#).

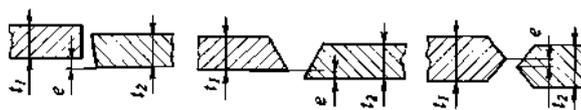


Рис. 2.7.1.11-1

Допуски на нарушение соосности деталей для стыковых сварных соединений:

$$e \leq 0,1t_{min}, \text{ но не более 4 мм — для специальных конструкций;}$$

$$e \leq 0,15t_{min}, \text{ но не более 4 мм — для основных конструкций;}$$

$$e \leq 0,30t_{min}, \text{ но не более 4 мм — для второстепенных конструкций;}$$

$$t_{min} = \min(t_1 \text{ и } t_2)$$

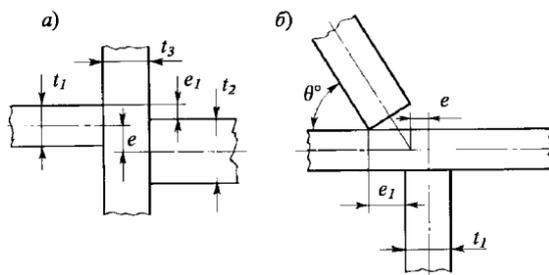


Рис. 2.7.1.11-2

Допуски на нарушение соосности деталей для крестообразных сварных соединений:

$$e \leq 0,15t_{min} \text{ — для специальных конструкций;}$$

$$e \leq 0,30t_{min} \text{ — для основных конструкций;}$$

$$e \leq 0,50t_{min} \text{ — для второстепенных конструкций;}$$

$$t_{min} = \min(t_1, t_2 \text{ и } t_3)$$

Для контроля соосности допускается выполнять контрольное сверление отверстий в поперечных связях, которые подлежат последующей заварке.

2.7.1.12 Закрепление деталей при сборке конструкций под сварку следует выполнять в специальных сборочных приспособлениях или при помощи эластичных креплений (гребенки, струбцины, талрепы и др.), или при помощи жесткого крепления (прихватки).

Применение временных сборочных приспособлений и прихваток должно быть ограничено до минимума. Работы по установке временных сборочных приспособлений и сварке прихваток должны выполняться лицами, прошедшими соответствующее обучение и имеющими квалификационное свидетельство на соответствующий способ сварки.

Примечание. В тех случаях, когда сборочные прихватки не подлежат удалению и полностью не переплавляются при выполнении основного шва (например, для ручной сварки покрытыми электродами или полуавтоматической сварки в защитных газах), требования к

квалификации лиц, выполняющих постановку прихваток в сварных соединениях с полным проваром, аналогичны требованиям к сварщикам, допускаемым Регистром к сварке.

2.7.1.13 Работы по установке временных сборочных приспособлений и прихваток должны выполняться с применением сварочных материалов, которые одобряются Регистром для сварки данных конструкций. Условия выполнения сварочных работ (например, подогрев или просушка кромок), а также режимы сварки должны соответствовать требованиям соответствующих спецификаций процесса сварки для аналогичных конструкций.

Примечание. Для постановки прихваток на специальных и основных конструкциях из сталей повышенной прочности рекомендуется, а для конструкций из сталей высокой прочности требуется в обязательном порядке наличие спецификаций процесса сварки на выполнение этих работ и их одобрение Регистром в установленном порядке.

2.7.1.14 В собранных под сварку соединениях прихватки не должны располагаться со стороны установки подкладок.

В местах пересечения сварных швов не допускается расположение прихваток на расстоянии менее 50 мм от шва, выполняемого в первую очередь.

Не допускается установка временных креплений и выравнивающих приспособлений на поверхности деталей и связей, воспринимающих высокие напряжения (специальные конструкции и районы конструктивной концентрации напряжений основных конструкций). В этом случае рекомендуется применение механических зажимов и других приспособлений, не требующих приварки для установки.

2.7.1.15 Прихватки должны быть зачищены от шлака, металлических брызг и подвергнуты визуальному контролю и измерению. В том случае, если качество прихваток не удовлетворяет требованиям, применяемым для подлежащих сварке соединений, они должны быть тщательно удалены перед выполнением основного сварного шва. Прихватки с трещинами ни при каких обстоятельствах не могут быть допущены под дальнейшую сварку и подлежат удалению.

Примечание. В том случае, если прихватки полностью переплавляются при выполнении основного шва (например, для автоматической сварки под флюсом), а также для двухсторонних стыковых или тавровых соединений, подвергаемых строжке корня шва со стороны прихваток (см. [2.7.1.14](#)), в металле шва прихваток может быть допущено наличие неопасных дефектов типа повышенной пористости или наличия подрезов.

2.7.1.16 Для автоматической сварки под флюсом стыковых швов, а также для других процессов сварки с высокой склонностью к образованию кратеров и дефектов в начале и конце сварного шва, должны применяться выводные планки, предотвращающие повреждение основного металла и шва согласно требованиям [2.7.4.11](#).

2.7.1.17 Собранные под сварку конструкции и изделия должны быть проконтролированы и приняты службой технического контроля предприятия, а после этого предъявлены инспектору Регистра для освидетельствования.

2.7.1.18 Перед выполнением сварки толстолистовых конструкций, в особенности из легированных сталей высокой прочности, имеющих замкнутое сечение, рекомендуется проверить наличие магнитных полей. Для нормального выполнения процесса сварки напряженность магнитных полей не должна превышать 790 А/м — для ручной дуговой сварки, 950 А/м — для полуавтоматической дуговой сварки в защитных газах, 1400 А/м — для автоматической дуговой сварки под флюсом. Конструкции, имеющие напряженность магнитного поля выше указанных значений, следует подвергать размагничиванию.

2.7.1.19 После выполнения сварки временные крепления и выравнивающие приспособления подлежат удалению способами, исключающими повреждение основного металла. В случае возникновения выхватов и других повреждений основного металла, образующихся при удалении временных креплений, они должны быть устранены заваркой и зачисткой с обеспечением плавного перехода к основному металлу.

При зачистке утонение или утолщение основного металла не должно превышать допустимых отклонений по толщине листов, регламентируемых 3.2.8 части XIII «Материалы» Правил РС/К.

Примечание. Полному удалению с последующей зачисткой до основного металла подлежат остатки швов крепежных деталей на специальных и основных конструкциях. На остальных конструкциях допускается оставлять швы приварки высотой до 10 мм без зачистки, если последняя не оговаривается технической документацией.

2.7.2 Сварка на открытых площадках и при низких температурах.

2.7.2.1 Сварку конструкций следует, по возможности, производить в закрытых помещениях, отапливаемых в зимний период. При необходимости выполнения работ на открытых площадках, должны быть приняты меры для защиты зоны сварки от ветра, влаги и холода.

При дуговой сварке в защитных газах особое внимание должно быть обращено на исключение возможности нарушения газовой защиты от ветра и сквозняков. Как правило, для обеспечения надежной газовой защиты скорость воздушных потоков в зоне сварки не должна превышать 0,5 м/с.

2.7.2.2 При выполнении работ на открытых площадках в неблагоприятных погодных условиях рекомендуется всегда производить просушку свариваемых кромок путем подогрева.

2.7.2.3 Если сварка конструкций выполняется при отрицательных температурах, должны быть приняты меры, гарантирующие удовлетворительное качество сварных швов. Такие меры, в зависимости от свариваемого металла, его толщины и других факторов (см. [2.7.2.5](#)), могут включать:

- .1 контроль и очистку свариваемых кромок от снега, инея и льда;
- .2 просушку свариваемых кромок путем подогрева по меньшей мере до 20 °С;
- .3 предварительный местный подогрев свариваемых кромок перед выполнением сварки;
- .4 применение теплоизолирующих средств;
- .5 применение технологических приемов, обеспечивающих повышенную межпроходную температуру в процессе сварки (например, сварку одного шва несколькими сварщиками одновременно, т. н. блочным способом и т.п.).

Выбор конкретных мер, применяемых при выполнении работ по сварке при отрицательных температурах, определяется предприятием и согласуется с Регистром в процессе одобрения технологических процессов сварки.

2.7.2.4 При обеспечении должного качества сварных соединений, сварочные и все связанные с ними работы на конструкциях, подлежащих техническому наблюдению Регистра, из судостроительных сталей нормальной и повышенной прочности толщиной до 20 мм включительно, допускается производить при температуре наружного воздуха до минус 25 °С. При этом для конкретных условий минимально допустимая температура окружающего воздуха для сварки без подогрева должна быть согласована с Регистром при одобрении технологических процессов сварки. Предварительный подогрев кромок перед сваркой для сталей нормальной прочности должен выполняться при температуре окружающего воздуха ниже –5 °С; для сталей повышенной прочности — ниже 0 °С. Для

сталей высокой прочности предварительный подогрев кромок перед сваркой должен выполняться при температуре окружающего воздуха в соответствии с [табл. 2.8.16](#).

Для стальных поковок и отливок корпуса ПБУ сварочные работы допускается производить, как правило, при температуре окружающего воздуха до $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Подогрев кромок деталей на ширине 100 мм в обе стороны от шва должен производиться перед сваркой, как минимум, до $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Подогрев следует осуществлять со стороны соединения, подлежащего сварке в первую очередь.

В случае понижения температуры окружающего воздуха в процессе сварки ниже минимально допустимого значения работы по сварке соединений следует прекратить после заполнения разделки с одной стороны соединения и выполнения подварочного шва или первого валика с другой стороны соединения. Перед сваркой после перерыва в работе следует, если необходимо, провести повторный подогрев или просушку кромок.

2.7.2.5 При понижении в процессе сварки температуры, ниже указанной в [2.7.2.4](#), работы по сварке соединений следует прекратить после заполнения разделки с одной стороны соединения и выполнения подварочного шва или первого валика с другой стороны соединения. Перед сваркой после перерыва в работе следует, в случае необходимости, провести повторный подогрев или просушку кромок, согласно требованиям [2.7.2.3](#) и [2.7.2.4](#).

2.7.2.6 Тепловую строжку и постановку прихваток следует выполнять при тех же температурах воздуха, при которых допускается сварка этих конструкций.

2.7.3 Предварительный подогрев и термообработка.

2.7.3.1 Необходимость и температура подогрева перед сваркой, а также минимальная межпроходная температура должны назначаться с учетом следующих основных факторов:

- .1 химического состава основного металла и металла шва;
- .2 толщины свариваемых деталей и типа соединения;
- .3 процесса и режимов сварки (погонной энергии);
- .4 уровня и распределения рабочих и остаточных напряжений в конструкции;
- .5 температурной зависимости механических свойств металла шва и зоны термического влияния;
- .6 содержания диффузионного водорода в металле шва.

2.7.3.2 При сварке судостроительных сталей повышенной и высокой прочности категорий до (A/F)550 включительно предварительный подогрев допускается осуществлять путем местного нагрева до требуемой температуры кромок деталей на ширине 100 мм по обе стороны от шва.

Для высокопрочных конструкционных сталей категорий прочности от (A/F)620 до (A/F)690 включительно, особенно в толщинах свыше 50 мм, метод предварительного подогрева и способ поддержания минимальной межпроходной температуры устанавливается индивидуально и подлежит согласованию с Регистром в каждом конкретном случае. При этом, для массивных изделий с большим объемом сварочных работ Регистр может потребовать применения общего предварительного подогрева всей детали.

2.7.3.3 Если технология сварочных работ предусматривает применение предварительного подогрева и контроля межпроходной температуры, то их параметры должны надлежащим образом поддерживаться постоянными, а температура контролироваться и фиксироваться в процессе сварочной операции. Применяемые для измерения температуры технические средства должны обеспечивать соответствующую точность измерения.

2.7.3.4 При сварке корпусных конструкций термообработка после сварки должна применяться в тех случаях, когда необходимо устранение остаточных напряжений. Режимы термической обработки устанавливаются изготовителем сварных конструкций

или проектантом на основе стандартов с учетом рекомендаций или ограничений производителей основного металла. Одобрение Регистром применяемых режимов термической обработки производится на основании испытаний по одобрению технологических процессов сварки.

2.7.3.5 Оборудование и технические средства, применяемые для термической обработки конструкций, должны обеспечивать равномерность нагрева, а также должны быть снабжены приборами, обеспечивающими заданные скорости нагрева, охлаждения изделия и поддержания температуры в пределах заданного диапазона. Параметры термообработки каждого изделия должны тщательно контролироваться и фиксироваться.

2.7.3.6 Если размеры конструкции не позволяют провести термообработку целиком, то она может выполняться в отдельных секциях по частям. Технические средства, применяемые для термической обработки, и ее методика должны быть одобрены Регистром.

2.7.4 Общие требования к выполнению работ по сварке.

2.7.4.1 Сварку конструкций и изделий следует выполнять в соответствии с требованиями чертежей и соответствующих спецификаций процесса сварки, одобренных Регистром.

2.7.4.2 При проектировании и изготовлении сварных конструкций следует предусматривать возможность проведения сварки в оптимальных, с точки зрения обеспечения качества и удобства выполнения, пространственных положениях.

2.7.4.3 Применяемые в производстве технологические процессы сварки, а также операционные технологические проверки и контроль, должны обеспечивать высокую стабильность качества сварных соединений в реальных условиях производства. В этой связи Регистр может потребовать от производителя сварных конструкций дополнительных доказательств стабильности качества сварных соединений для технологических процессов с повышенной степенью риска (см. [2.2.2.2](#)). В качестве таких доказательств могут применяться испытания в процессе производства в сочетании с назначением дополнительных участков неразрушающего контроля по требованию инспектора Регистра.

2.7.4.4 Для особо ответственных конструкций (специальные, а также основные по согласованию с проектантом и Регистром) контроль на предприятии должен включать для каждого сварного соединения регистрацию следующей информации:

- .1** идентификацию технологически самостоятельного сварного соединения с указанием его протяженности;
- .2** идентификационный номер СПС;
- .3** рабочий номер (сертификат) сварщика;
- .4** идентификацию персонала, осуществлявшего контрольные операции по приемке на всех стадиях изготовления и для всех методов контроля;
- .5** сведения о наличии несоответствий качества сборки и сварки требованиям нормативной документации, в том числе об имевших место исправлениях;
- .6** результаты приемочного контроля с указанием номеров протоколов испытаний.

2.7.4.5 Технология сборки и сварки должна быть разработана таким образом, чтобы, по возможности, свести к минимуму угловые деформации, коробление конструкций, а также остаточные напряжения.

При необходимости вварки листов, пластин и т.п. в жесткий контур должны быть приняты технологические меры, снижающие напряжения от сварки. Жестким контуром считается замкнутый по периметру вырез, один из размеров которого меньше 60 толщин листов в данном месте. В сложных конструкциях контур может считаться жестким и при больших отношениях размеров выреза.

2.7.4.6 Конструкции и детали не должны подвергаться каким-либо перемещениям и вибрациям в течение процесса сварки. Секции, подлежащие сборке на плаву или подвешенные на кранах, должны быть надежно зафиксированы на временных сборочных приспособлениях или прихватках с тем, чтобы исключить возможность их перемещения при сварке.

2.7.4.7 Правка конструкций может производиться только в ограниченном объеме. Для судостроительных сталей нормальной и повышенной прочности допускается тепловая правка с механическим воздействием и без него. При этом повреждения поверхности шва или листа не допускаются. Температура нагрева при тепловой правке не должна превышать 650 °С, но в любом случае нагрев не должен приводить к структурным превращениям в металле.

2.7.4.8 Выборку корня шва в сварных соединениях с полным проваром допускается производить тепловой газовой строжкой, электродуговой (газоэлектрической) строжкой, а также механическим способом с соблюдением указанных ниже требований.

После тепловой газовой строжки поверхность канавки и прилегающие к ней поверхности на ширине 100 мм в обе стороны от кромки детали соединения подлежат зачистке от шлака, окалины, наплывов и брызг металла. Поверхность канавки должна быть чистой и гладкой без резких переходов по глубине и ширине на всей длине соединения.

После электродуговой строжки поверхность канавки и места замыкания электрода следует зачищать до чистого металла. Зачистку поверхности канавок, образующихся при строжке, и прилегающих к ним поверхностей, а также мест замыкания электродов на металл следует выполнять с применением абразивного инструмента. Приемку простроганных поверхностей рекомендуется производить с применением эталонных образцов внешнего вида.

Форма разделки кромок после удаления корня шва должна соответствовать действующей нормативной документации и быть указана на чертежах, и/или спецификации процесса сварки.

Тепловую строжку следует выполнять при тех же температурах воздуха, при которых допускается сварка этих деталей и с соблюдением соответствующих требований по применению предварительного подогрева.

2.7.4.9 Автоматическую дуговую сварку под флюсом (сочетание проволока — флюс) применяют для выполнения соединений в нижнем положении. Допускается угол наклона соединения к горизонту вдоль шва до 8° и поперек шва до 15°.

Для способов сварки, позволяющих производить сварку в различных пространственных положениях, диаметр электрода должен удовлетворять соответствующим рекомендациям и/или ограничениям изготовителя сварочных материалов для конкретных условий применения.

2.7.4.10 Перед выполнением автоматической или полуавтоматической дуговой сварки конструкций или изделий, режимы сварки, предусмотренные технологическим процессом согласно СПС, следует проверять на пробных планках. Толщина пробных планок должна соответствовать минимальной толщине свариваемых деталей соединения.

2.7.4.11 При сварке соединения начало шва длиной от 20 до 30 мм и конец шва длиной от 30 до 40 мм следует выводить на технологические планки, устанавливаемые перед сваркой. При наличии припуска по концам соединения размером не менее 30 мм установка технологических планок не требуется, а начало и конец шва выводятся на металл припуска.

Допускается не устанавливать технологические планки для соединений, выполняемых ручной дуговой сваркой и полуавтоматической в среде защитных газов.

Размеры технологических планок должны соответствовать толщине свариваемых деталей (t) и способу сварки:

.1 толщина планок должна быть равна толщине свариваемых деталей. Для соединений толщиной более 20 мм, выполняемых двусторонним швом, допускается применение меньшей толщины;

.2 для соединений, выполняемых односторонней автоматической сваркой под флюсом на медном ползуне, начальная выводная планка должна иметь размеры $200 \times 100 \times t$, мм, а концевая выводная — $600 \times 400 \times t$, мм;

.3 для соединений, выполняемых газозлектрической вертикальной сваркой с принудительным формированием шва, размер выводной планки должен быть равен $700 \times 450 \times t$, мм;

.4 для соединений, выполняемых способами, кроме указанных выше, размер выводных (начальной и концевой) планок принимается $100 \times 100 \times t$, мм.

В выводных планках, устанавливаемых для соединений с разделкой кромок, должна быть предусмотрена аналогичная разделка. Допускается применение выводных планок без разделки, если выполнение соединения предусмотрено с двух сторон.

2.7.4.12 При сварке без выводных планок не допускается возбуждать дугу или выводить кратер на поверхность основного металла соединения вне зоны расположения шва. По окончании сварки обрывать дугу следует после заполнения кратера металлом.

2.7.4.13 При выполнении двусторонних швов начинать сварку следует со стороны, противоположной поставленным сборочным прихваткам. Допускается начинать сварку со стороны расположения прихваток в тех случаях, когда при сборке соединений выполнение прихваток со второй стороны было затруднено и имеется соответствующее указание в СПС.

2.7.4.14 При многослойной сварке начало и конец каждого слоя должны быть смещены относительно предыдущего на 20 — 30 мм в сторону, противоположную направлению сварки. При выполнении криволинейных соединений в местах поворотов не следует начинать и заканчивать сварку.

2.7.4.15 После выполнения каждого слоя и шва в целом необходимо производить зачистку металла шва и околошовной зоны с целью удаления шлака и металлических брызг. Зачистку следует выполнять после остывания шлаковой корки.

В случае обрыва дуги в процессе сварки, кратер шва и прилегающий к нему участок на длине от 10 до 15 мм должен быть очищен от шлака. Возбуждать дугу следует на зачищенном участке шва.

2.7.4.16 Для получения необходимых размеров шва при изготовлении конструкции с пересекающимися сварными соединениями, необходимо перед автоматической дуговой сваркой в участках пересечения швов первого соединения удалить с последующим восстановлением конструктивных элементов подготовки кромок, если соединение со скосом кромок, или удалить усиление шва, если соединение без скоса кромок.

2.7.4.17 Ручную и полуавтоматическую сварку следует выполнять симметрично от середины конструкции к ее краям при длине соединения > 2 м и напроход при длине соединения ≤ 2 м.

Тавровые соединения без разделки кромок, как правило, допускается выполнять за один проход при катете углового шва, не превышающем 8 мм.

2.7.4.18 Сварка деталей из судостроительной стали, изготовленных холодной гибкой, допускается без термической обработки, если внутренний радиус изгиба соответствует стандартам. При отсутствии таких стандартов он должен быть не менее трех толщин листа.

2.7.4.19 При производстве сварочных работ должны соблюдаться и подтверждаться, путем постоянного контроля, условия хранения, прокалки, контроля

перед запуском в производство (если требуется) и повторной выдачи неизрасходованных сварочных материалов, которые установлены требованиями соответствующей технической документации и рекомендациями изготовителя сварочных материалов. Особое внимание должно уделяться материалам, склонным к поглощению влаги из окружающей среды: покрытым электродам, сварочным флюсам, порошковым проволокам, применяемым для сварки сталей повышенной и высокой прочности.

2.7.4.20 Применяемые для сварки защитные газы и их смеси должны иметь контролируемую чистоту и точку росы, соответствующие требованиям национальных стандартов и/или требованиям документации на технологию сварки. Если с Регистром не согласовано другого, то должны соблюдаться указания табл. [2.7.4.20](#).

Таблица 2.7.4.20

Требования к точке росы и влажности защитных газов и их смесей, применяемых для сварки

Группа	Точка росы при 1,013 бар, °С, не более	Влажность ppm, не более
R	-50	40
I	-50	40
M1	-50	40
M2	-44	80
M3	-40	120
C	-40	120
F	-50	40
Кислород	-50	40
Азот	-50	40

2.7.4.21 Для выполнения работ по сварке может применяться оборудование, обеспечивающее заданные технологическим процессом параметры режима. Для установления и контроля правильности показаний параметров режима сварки сварочное оборудование должно быть укомплектовано исправными измерительными приборами:

автоматы — амперметром, вольтметром, указателем скорости или ретерировочной шкалой по установлению скорости;

полуавтоматы — амперметром и вольтметром;

посты для механизированной сварки в защитном газе — приборами для контроля расхода газа;

посты ручной сварки — амперметром.

При ручной дуговой сварке необходимое значение силы тока допускается устанавливать по указателям тока на балластных реостатах с периодическим контролем переносным амперметром.

2.7.5 Сварка конструкций, имеющих контакт с водой с одной стороны. Сварка под водой.

2.7.5.1 Сварка конструкций, с обратной стороны которых находится вода, должна выполняться с учетом изложенных ниже положений и требований.

Основным фактором риска, который имеет место при сварке в рассматриваемых условиях, является повышенная вероятность образования холодных трещин в шве и околошовной зоне, что обусловлено:

высокой скоростью охлаждения шва и околошовной зоны, вызывающей образование структур с более высокой твердостью;

возможностью наличия конденсата и других видов влаги на свариваемых кромках.

В этой связи, при выполнении сварочных работ на конструкциях, с обратной стороны которых находится вода, должны быть приняты следующие меры:

.1 следует применять сварочные материалы с контролируемым содержанием диффузионного водорода, удовлетворяющие требованиям для индексов H10 и H5 табл. 4.2.3.4 части XIV «Сварка» Правил РС/К;

.2 при сварке сталей нормальной прочности необходимо принять меры по удалению конденсата и других следов влаги на свариваемых кромках тепловой просушкой кромок перед сваркой;

.3 при сварке сталей повышенной прочности во всех случаях необходимо выполнять просушку и подогрев свариваемых кромок газовой горелкой. Данная операция должна выполняться с минимально возможным интервалом времени между просушкой и сваркой;

.4 при сварке сталей повышенной прочности с эквивалентом углерода $C_{equiv} > 0,45\%$ требуется проведение дополнительных испытаний по одобрению технологического процесса сварки на пробах, которые имитируют реальные условия выполнения сварных соединений, по одобренной Регистром программе;

.5 сварка сталей высокой прочности на конструкциях, имеющих контакт с водой с обратной стороны шва, не допускается.

2.7.5.2 Сварка и резка конструкций под водой могут быть допущены по технологическим инструкциям и/или стандартам предприятия, включая методы контроля, применение которых согласовано с Регистром:

.1 тепловая резка и сварка конструкций под водой «мокрым способом» (без изоляции зоны сварки от окружающей среды) может применяться в экстренных случаях. О проведении таких работ незамедлительно должно быть сообщено Регистру, а сварные соединения, выполненные данным способом, подлежат удалению и замене в возможно короткие сроки по технологии, одобренной Регистром;

.2 при необходимости выполнения работ по сварке конструкций под водой, должен применяться «сухой способ» сварки, который предусматривает полную изоляцию района выполнения сварного соединения с помощью различных устройств (кессоны, накидные или обитаемые камеры и т.п.);

.3 технологические процессы сварки, применяемые для такого рода работ, подлежат одобрению Регистром на основании проведения испытаний по отдельной программе. Эта программа должна предусматривать проведение испытаний в условиях, максимально приближенных к реальным, в том числе должны быть учтены состав и давление среды в изолирующем устройстве, длина токоподводящих кабелей, особенности теплоотвода и охлаждения, методы осушки свариваемых кромок и подогрева и т.п.

2.8 ОСОБЕННОСТИ СВАРКИ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ СТАЛЕЙ ВЫСОКОЙ ПРОЧНОСТИ

2.8.1 Требования настоящей главы распространяются на изготовление конструкций из сталей высокой прочности, отвечающих требованиям 3.13 части XIII «Материалы» Правил РС/К, а также могут применяться для сталей, поставляемых по международным или национальным стандартам и имеющих аналогичный уровень свойств и близкие требования к химическому составу.

2.8.2 Сварочные материалы, применяемые для изготовления конструкций из сталей высокой прочности, должны удовлетворять требованиям 4.7 части XIV «Сварка» Правил РС/К, а применяемые технологические процессы быть одобрены Регистром согласно требованиям разд. 6 части III «Техническое наблюдение за изготовлением материалов» Правил ТНПС.

2.8.3 При сварке конструкций из сталей высокой прочности должны выполняться требования 2.7 с учетом перечисленных ниже особых требований.

2.8.4 Рекомендуется применять сварные соединения симметричной формы, как по размерам усиления, так и по форме разделки кромок. Симметричная форма сварного соединения обеспечивается путем разделки кромок симметричной формы или путем предварительной разделки кромок несимметричной формы с последующим оформлением соединения до симметричной формы разделки.

Сварные соединения несимметричной формы применяются при необходимости, вызванной конструктивными особенностями изделия.

2.8.5 В стыковых соединениях деталей разной толщины следует предусматривать односторонний или двухсторонний скос на кромке детали большей толщины с уклоном не более 1:5.

Примечание. Допускается не предусматривать скос, если превышение одной кромки относительно другой не более:

- 1.5 мм — для деталей толщиной менее 20 мм;
- 2.5 мм — для деталей толщиной > 20 до 30 мм;
- 3.5 мм — для деталей толщиной > 30 до 40 мм;
- 4,0 мм — для деталей толщиной >40 до 50 мм;
- для больших толщин — не более 0,08t.

Снятие скоса рекомендуется производить механическим способом. Размеры шва в случае снятия скоса следует принимать по детали меньшей толщины. При отсутствии оборудования для снятия скоса механическим способом, допускается снятие скоса производить тепловой резкой с последующей зачисткой абразивным инструментом.

При расположении границы усиления от начала скоса 10 мм и менее необходимо предусмотреть минимальное перекрытие скоса на 2 мм с обеспечением плавного перехода на основной металл.

2.8.6 С целью повышения надежности и работоспособности сварных конструкций, швы следует располагать на возможно максимальном расстоянии между собой.

Рекомендуемое минимальное расстояние между границами швов для деталей толщиной до 40 мм приведено в [табл. 2.8.6](#).

Таблица 2.8.6

100 мм	60 мм
Для прямолинейных швов между собой	Для криволинейных швов с радиусом менее 250 мм между собой
Для криволинейных швов с радиусом 250 мм и более между собой	Для криволинейных швов с радиусом менее 250 мм с прямолинейными швами
Для криволинейных швов с радиусом 250 мм и более с прямолинейными швами	Для криволинейных швов с радиусом менее 250 мм с криволинейными швами с радиусом 250 мм и более

Для деталей толщиной более 40 мм минимальное расстояние между границами швов должно составлять во всех случаях более 2,5 толщин деталей.

2.8.7 Для специальных и основных элементов конструкций при их высокой циклической нагруженности обеспечение требуемой долговечности может достигаться за счет применения специальных конструктивно-технологических мероприятий:

- .1 зашлифовка стыкового сварного соединения с двух сторон заподлицо с основным металлом или механическая обработка под радиус таврового шва;
- .2 поверхностная пластическая обработка зон сопряжения сварного шва с основным металлом;
- .3 аргодуговое оплавление с присадкой зоны сопряжения сварного шва с основным металлом.

Детали оформления сварных узлов, выполненные с применением указанных мероприятий, должны быть приведены на чертежах и подлежат одобрению Регистром на стадии рассмотрения технической документации на изготовление сварных конструкций.

Необходимость применения упомянутых выше мероприятий устанавливается по результатам оценки усталостной прочности в соответствии с одобренной Регистром методикой.

2.8.8 При выполнении угловых сварных соединений наиболее предпочтительной является сварка с выпуском свободной кромки на величину не менее двух толщин привариваемой детали согласно [рис. 2.8.8-1](#). При невозможности выполнить угловые соединения согласно [рис. 2.8.8-1](#) следует предусматривать перекрытие торцов кромок усилением сварного шва. При этом расстояние от зоны сопряжения шва с основным металлом до края свободной кромки должно быть не более $1/3t$ или 8 мм (что меньше) согласно [рис. 2.8.8-2](#) (см. также [2.6.2.3](#)).

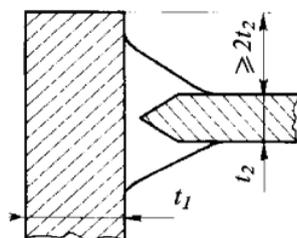


Рис. 2.8.8-1

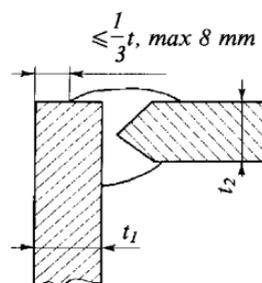


Рис. 2.8.8-2

2.8.9 При выполнении крестообразных сварных соединений (разрезных Т-образных) наиболее предпочтительным является выпуск основной (неразрезной) детали на величину не менее трех толщин привариваемой детали (см. [рис. 2.8.9-1](#)). При невозможности выполнения крестообразного (разрезного Т-образного) соединения в

соответствии с [рис. 2.8.9-1](#), кромка основной неразрезной детали должна лежать в одной плоскости с деталями, привариваемыми с разных сторон. При этом усиление сварного шва должно перекрывать каждую из разделок не менее 2 мм, согласно [рис. 2.8.9-2](#) (см. также [2.6.2.3](#)).

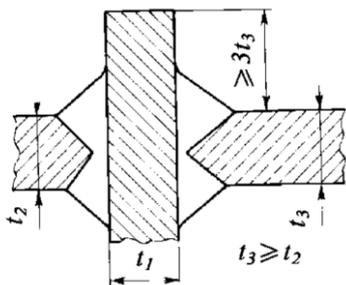


Рис. 2.8.9-1

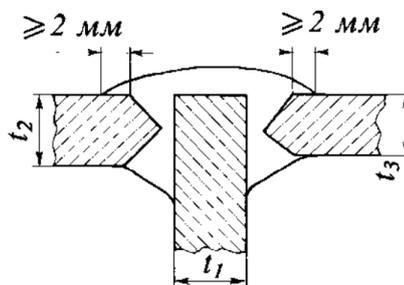


Рис. 2.8.9-2

2.8.10 Подготовку кромок под сварку и снятие скоса (в соединениях деталей разной толщины) рекомендуется производить механическим способом. При применении для подготовки кромок тепловой резки или при наличии на кромках и прилегающей поверхности стыкуемых под сварку деталей межоперационных защитных покрытий, должна быть выполнена их зачистка абразивным инструментом согласно требованиям [рис. 2.8.10](#).

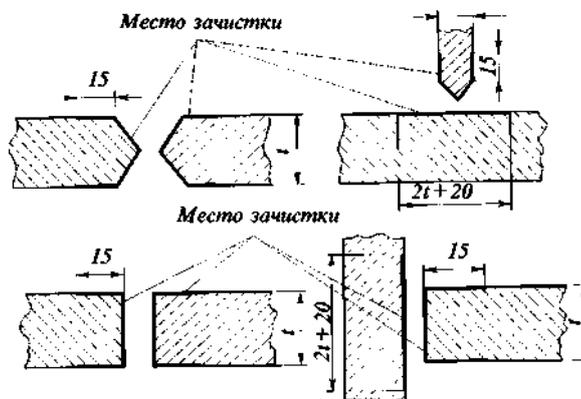


Рис. 2.8.10

Схема зачистки кромок стыкуемых деталей

Примечание. Сварка деталей из сталей высокой прочности без удаления со свариваемых кромок межоперационного защитного покрытия может быть допущена на основании испытаний (см. [2.7.1.5](#)), включающих определение содержания диффузионного водорода в наплавленном металле для применяемых сварочных материалов на образцах с покрытием.

2.8.11 Торцы свободных кромок основных и специальных конструкций, не подлежащие сварке, после тепловой резки должны быть зачищены наждачным кругом или обработаны механическим способом до шероховатости $R_z \leq 80$ мкм.

При этом наличие острых углов на свободных кромках не допускается, и они должны быть скруглены в соответствии с требованиями конструкторской документации на изготовление конструкций.

2.8.12 Приварка рымов, обухов и временных креплений должна выполняться с применением метода «отжигающего валика» ручной сваркой покрытыми электродами,

ручной арнодуговой сваркой неплавящимся электродом или механизированной в защитном газе. Применяемые для этой цели сварочные материалы и условия выполнения сварочных работ должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к сварке конструкций из стали соответствующей категории (см. также [2.7.1.13](#)).

2.8.13 Удаление швов временных креплений следует производить путем газовой резки или воздушно-дуговой строжки, оставляя «пенек» высотой 0,5 — 3,0 мм выше поверхности основного металла, с последующей зачисткой его абразивным инструментом заподлицо с поверхностью металла и контролем на отсутствие трещин. Неразрушающий контроль выполняется методом визуального контроля и измерения с применением лупы не менее чем двукратного увеличения. В сомнительных случаях контроль должен производиться с применением капиллярного или магнитопорошкового методов.

2.8.14 Устранение отдельных дефектов поверхности основного металла, образовавшихся в результате удаления временных креплений, должно выполняться с соблюдением требований 3.2.7 части XIII «Материалы» Правил РС/К, а также изложенных ниже требований.

Местной зачисткой допускается исправление дефектов глубиной до 1,0 мм при толщине металла до 20 мм включительно и до 1,5 мм при толщине металла более 20 мм.

При исправлении дефектов глубиной более 3 мм заваркой с последующей зачисткой требуется представление в Регистр для одобрения технологии их исправления, включая СПС.

Заварку дефектов следует производить только после их зачистки абразивным инструментом с последующим контролем мест зачистки на отсутствие трещин. Для заварки следует применять сварочные материалы, одобренные Регистром для сварки стали соответствующей категории, с соблюдением всех необходимых требований по выполнению сварочных работ. Места заварки после зачистки до номинальной толщины подлежат контролю на отсутствие трещин с применением капиллярного метода неразрушающего контроля.

2.8.15 Для сварки конструкций из сталей высокой прочности предпочтительным является использование многопроходной технологии с применением операции зачистки корня шва для соединений с полным проваром. Применение одно- и двухпроходной технологии, электрошлаковой и сварки дуговой с принудительным формированием и газовой защитой, а также многодуговой и односторонней сварки возможно на основании проведения испытаний по одобренной Регистром программе (см. также [2.5.5](#)).

2.8.16 При выполнении работ по сварке конструкций из сталей высокой прочности должны быть в полной мере выполнены соответствующие указания [2.7.2](#) и [2.7.3](#) с учетом следующего:

.1 минимальная температура подогрева и межпроходная температура должны соответствовать указаниям [табл. 2.8.16](#);

.2 при сварке на открытых площадках зону сварки и прилегающие к ней поверхности на ширине не менее 100 мм в обе стороны от кромок деталей соединения требуется просушить пламенем газовой горелки до полного удаления влаги. После перерывов в работе при многопроходной сварке перед выполнением очередного валика производится повторная просушка зоны сварки;

.3 подогрев следует производить нагревателями сопротивления, газовыми или электрическими нагревателями инфракрасного излучения, индукционными нагревателями. Допускается также в отдельных случаях производить нагрев с использованием открытого пламени газовой горелки;

.4 температура, в процессе сварки между проходами, может поддерживаться на заданном уровне путем внесения тепла непосредственно за счет сварки, т.е. автоподогрева или за счет посторонних источников подогрева;

.5 температура подогрева перед сваркой и температура в процессе сварки подлежат обязательному контролю службой технического контроля предприятия с регистрацией результатов в установленном порядке;

.6 при выполнении сварки покрытыми электродами в условиях абсолютной влажности воздуха 12 г/м^3 и более требуется применять подогрев зоны сварки до температуры не менее $50 \text{ }^\circ\text{C}$, если он не предусмотрен, или увеличить минимальные температуры подогрева и межпроходную на $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (см. табл. 2.8.16);

.7 в случае вынужденного перерыва при сварке многопроходных швов с подогревом должно быть обеспечено замедленное охлаждение сварного соединения, а перед продолжением сварки должен быть повторно произведен подогрев свариваемых кромок до установленной температуры;

.8 при выполнении сварки стали различных категорий и толщины необходимые температуры подогрева и межпроходную следует назначать по стали, для которой эта температура является наиболее высокой.

Таблица 2.8.16

Требования по температуре подогрева при сварке сталей высокой прочности

Категория свариваемой стали	Толщина металла, мм	Температура окружающего воздуха, $^\circ\text{C}$	Содержание диффузионного водорода в напл. металле, $\text{см}^3/100\text{г}$	Минимальная температура подогрева, $^\circ\text{C}$	Минимальная межпроходная температура, $^\circ\text{C}$
(A/F) 690	До 130	От 0 и выше	До 3,0 (H3)	80	80
			Свыше 3,0 до 5,0 (H5)	100	80
		От 0 до -10	До 3,0 (H3)	120	100
			Свыше 3,0 до 5,0 (H5)	130	120
	От -11 до -15	До 3,0 (H3)			
(A/F) 620 и (A/F) 550	До 40	От 0 и выше	До 3,0 (H3)	40	50
			Свыше 3,0 до 5,0 (H5)	60	60
		От 0 до -15	До 3,0 (H3)	80	80
			Свыше 3,0 до 5,0 (H5)	100	80
		От -16 до -20	До 3,0 (H3)		
	41 — 100	От 0 и выше	До 3,0 (H3)	60	60
			Свыше 3,0 до 5,0 (H5)	100	80
		От 0 до -15	До 3,0 (H3)	120	80
Свыше 3,0 до 5,0 (H5)			120	100	
	От -16 до -20	До 3,0 (H3)			
(A/F) 500	До 40 включительно	От 0 и выше	До 3,0 (H3)	Без подогрева	50
			Свыше 3,0 до 5,0 (H5)	40	50
			Свыше 5,0 до 10,0 (H10)	60	60
		Ниже 0 до -15	До 3,0 (H3)	60	80
			Свыше 3,0 до 5,0 (H5)	80	80
			Ниже -15 до -20	До 3,0 (H3)	100
	Св. 40 до 100 включительно	От 0 и выше	До 3,0 (H3)	60	60
			Свыше 3,0 до 5,0 (H5)	80	80
		Ниже 0 до -15	До 3,0 (H3)	80	80
			Свыше 3,0 до 5,0 (H5)	100	80
	Ниже -15 до -20	До 3,0 (H3)			
(A/F) 460 и (A/F) 420	До 40 включительно	От 0 и выше	До 3,0 (H3)	Без подогрева	40
			Свыше 3,0 до 5,0 (H5)	40	50
			Свыше 5,0 до 10,0 (H10)	60	60
		Ниже 0 до -15	До 3,0 (H3)	50	50
			Свыше 3,0 до 5,0 (H5)		
			Свыше 5,0 до 10,0 (H10)	80	60
		Ниже -15 до -20	До 3,0 (H3)	100	80
			Свыше 3,0 до 5,0 (H5)		
	Св. 40 до 100 включительно	От 0 и выше	До 3,0 (H3)	40	50
			Свыше 3,0 до 5,0 (H5)		
			Свыше 5,0 до 10,0 (H10)	60	60
Ниже 0 до -15		До 3,0 (H3)	60	60	

Категория свариваемой стали	Толщина металла, мм	Температура окружающего воздуха, °С	Содержание диффузионного водорода в напл. металле, см ³ /100г	Минимальная температура подогрева, °С	Минимальная межпроходная температура, °С
			Свыше 3,0 до 5,0 (Н5)		
			Свыше 5,0 до 10,0 (Н10)	80	60
		Ниже -15 до -20	До 3,0 (Н3)	100	80

Пр и м е ч а н и я : 1. Таблица устанавливает минимальный уровень требований к температуре подогрева и межпроходной температуре для закаленной и отпущенной стали по показателю склонности к образованию холодных трещин. При выполнении этих требований Регистр принимает к рассмотрению спецификации процесса сварки.

2. Для сталей категорий (A/F)500, (A/F)460 и (A/F)420, изготовленных с применением термомеханической обработки с ускоренным охлаждением и имеющих $C_{equip} \leq 0,41\%$, допускаются более низкие температуры подогрева и межпроходные температуры.

3. Фактические значения температур подогрева и межпроходной температуры подлежат одобрению Регистром на основании испытаний по одобрению технологических процессов сварки, включающих контроль всех ограничивающих параметров для конкретного проекта (максимальная твердость зоны термического влияния, CTOD по зоне термического влияния и шву и т.п.).

2.8.17 Эффективный автоподогрев свариваемых кромок в процессе ручной (покрытыми электродами и аргонодуговой неплавящимся электродом) и полуавтоматической сварки в защитных газах может быть обеспечен путем применения блочного метода. Последний заключается в разделении технологически самостоятельного сварного соединения на несколько равных по длине участков-блоков, свариваемых одновременно несколькими сварщиками. Длина блока зависит от толщины свариваемых деталей и рекомендуется:

до 2000 мм — при сварке стали толщиной до 40 мм включительно;

до 1500 мм — при сварке стали толщиной свыше 40 до 70 мм включительно;

до 1200 мм — при сварке стали толщиной свыше 70 мм.

Сварку всех блоков следует выполнять одновременно по всей длине технологического участка без перерывов до заполнения разделки или полного сечения шва. Наложение валиков в пределах одного блока следует производить напроход. При этом для двухсторонних соединений, при наличии соответствующих возможностей, сварка должна выполняться одновременно с двух сторон шва.

Начало и конец каждого слоя в блоке должны быть смещены относительно предыдущего слоя от 20 до 30 мм. Не допускается стыковать блоки в местах пересечения швов.

2.8.18 При выполнении корневых валиков ручной дуговой сваркой (покрытыми электродами и аргонодуговой неплавящимся электродом), а также полуавтоматической сваркой в среде защитных газов должны быть приняты дополнительные меры, обеспечивающие отсутствие образования трещин.

В качестве таких мер рекомендуется применение метода «перевязки валиков» (см. [рис. 2.8.18](#)), а также увеличение размера валиков по высоте сечения до 6 — 8 мм с каждой стороны соединения.

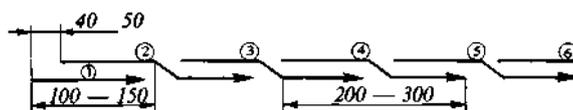


Рис. 2.8.18

Схема выполнения сварки корневых проходов по методу «перевязки валиков»

2.8.19 При сварке специальных конструкций, а также основных, имеющих контакт с морской водой, последний проход шва рекомендуется выполнять по методу «отжигающего валика» согласно [рис. 2.8.19](#). Отжигающий валик должен выполняться

таким образом, чтобы перекрывать примерно две трети ширины крайнего, относительно поверхности основного металла, валика (прохода).

При этом для временных сборочных креплений (см. 2.8.12), привариваемых угловым швом без разделки кромок, допускается выполнять отжигающий валик в качестве дополнительного с соответствующим несимметричным увеличением размера углового шва (см. рис. 2.8.19).

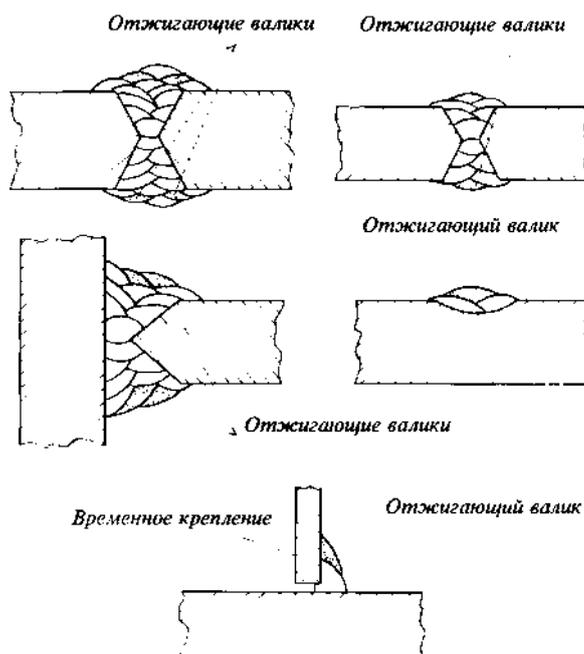


Рис. 2.8.19

Схема порядка выполнения швов по методу «отжигающего валика» (заштрихованы)

2.8.20 При термической обработке (отпуске для снятия остаточных напряжений) сварных конструкций из сталей высокой прочности следует учитывать возможность появления дополнительных неблагоприятных факторов:

- .1 образование в сварном соединении трещин отпуска (первого и второго рода);
- .2 склонность к охрупчиванию при отпуске зоны термического влияния для отдельных типов микролегированных ниобием и ванадием сталей, особенно при их сварке на больших погонных энергиях (более 35 — 40 кДж/см).

Примечание. Признаком наличия склонности сталей к образованию трещин отпуска является одновременное положительное значение параметров ΔG и P_{SR} , вычисляемых по формулам:

$$\Delta G = Cr + 3,3Mo + 8,1V + 10C - 2;$$

$$P_{SR} = Cr + Cu + 2Mo + 10V + 7Nb - 5Ti - 2,$$

где Cr, Cu, Mo, V, Nb, Ti, C — процентное содержание в стали соответствующих элементов.

В этой связи, неразрушающий контроль сварных соединений должен проводиться после их термической обработки, в том числе с применением методов контроля, обеспечивающих высокую выявляемость плоскостных дефектов.

2.8.21 Возможность проведения и технология тепловой правки конструкций из сталей высокой прочности должны определяться на основании рекомендаций изготовителя стали.

Тепловая правка может быть применена при условии положительных результатов испытаний, выполненных по отдельной программе. Методика проведения испытаний должна учитывать комплексное влияние всех неблагоприятных факторов, имеющих место при изготовлении конструкций в производственных условиях. Результаты испытаний считаются положительными в том случае, если свойства основного металла и сварного соединения после проведения операции тепловой правки находятся на уровне соответствующих требований Правил для основного металла и шва в исходном состоянии.

При этом моделирование реального теплового и деформационного воздействия на металл при тепловой правке реальных конструкций допускается производить с применением крупногабаритных проб-имитаторов.

2.9 СВАРКА ПЛАКИРОВАННОЙ СТАЛИ

2.9.1 Требования настоящей главы распространяются на сварку плакированной стали различных способов производства, а также ее соединения с нержавеющей или низколегированными сталями.

2.9.2 Сварочные материалы, применяемые для изготовления деталей и конструкций из плакированных сталей, должны быть одобрены Регистром и в зависимости от назначения отвечать перечисленным ниже требованиям:

.1 выполнение сварки основного слоя должно, как правило, выполняться низколегированными материалами, одобренными для сварки сталей, соответствующих по категории или по составу и свойствам основному слою;

.2 выполнение сварки плакирующего слоя должно выполняться материалами, одобренными для сварки нержавеющей стали, соответствующей по составу и свойствам металлу плакирующего слоя. При этом одним из основных является требование по обеспечению коррозионной стойкости металла шва на уровне требований к плакирующему слою с учетом условий эксплуатации (температура и агрессивность рабочей среды);

.3 выполнение сварки переходного слоя (от низколегированного металла шва к высоколегированному шву плакирующего слоя) должно выполняться высоколегированными материалами, которые одобрены для этой цели или для сварки разнородных соединений. При этом основным является требование по отсутствию в переходном слое дефектов типа трещин, обусловленных образованием хрупких составляющих при значительном разбавлении (до 40 %) наплавленного металла за счет нижних проходов (основного слоя);

.4 в том случае, если технологический процесс предусматривает выполнение сварки основного слоя высоколегированными материалами, они должны быть одобрены:

для сварки разнородных (низколегированного к высоколегированному) соединений — при отсутствии наплавки кромок сварочными материалами для переходного слоя;

для сварки соответствующего типа нержавеющей стали (соответствующей плакирующему слою) — при предварительной облицовке свариваемых кромок на основном слое. При этом подразумевается, что весь шов целиком выполняется сварочными материалами, соответствующими плакирующему слою.

Примечание. Для сварки переходного слоя и разнородных соединений, как правило, применяются высоколегированные присадочные материалы типа X2CrNi2412 (AISI: 309L), X10CrNi2412 (AISI: 309S) и X10CrNiCb2412 (AISI: 309SCb).

2.9.3 Сварщики, выполняющие сварку плакированной стали, должны пройти соответствующее обучение и быть допущены Регистром на основании проведения практических испытаний по отдельной программе.

Примечание. Сварщики, имеющие Свидетельства о допуске, область одобрения которых включает отдельно сварку соответствующих групп низколегированных и нержавеющей сталей, могут быть допущены Регистром к работам по сварке плакированной стали в индивидуальном порядке (при наличии подтверждения навыков по сварке плакированной стали).

2.9.4 Одобрение технологических процессов сварки плакированной стали проводится Регистром по отдельным программам. Объем испытаний при этом устанавливается индивидуально в каждом конкретном случае с учетом:

.1 типа соединения и деталей подготовки кромок (в том числе, со снятием или без металла плакировки);

.2 применяемых технологических процессов сварки и очередности сварки основного и плакирующего слоев;

.3 наличия у изготовителя сварных конструкций одобрения Регистра для технологических процессов, в которых применяются аналогичные сварочные материалы и основные металлы (раздельно для основного и плакирующего слоя);

.4 требований по коррозионной стойкости для металла шва плакирующего слоя по видам коррозионных повреждений (межкристаллитная коррозия, питтинг коррозия, сероводородное растрескивание).

2.9.5 При выборе конструктивных элементов подготовки кромок под сварку следует учитывать следующие особенности технологии сварки плакированных сталей:

.1 в первую очередь, как правило, должен быть сварен шов со стороны основного слоя и, во вторую очередь, — со стороны плакирующего слоя;

.2 при выполнении шва со стороны основного слоя низколегированными материалами должна исключаться возможность частичного расплавления плакирующего слоя;

.3 до сварки плакирующего слоя корень шва должен быть зачищен механическим способом;

.4 перед сваркой плакирующего слоя, как правило, должен быть выполнен промежуточный переходной слой с применением специального типа высоколегированных присадочных материалов;

.5 шов со стороны плакирующего слоя должен быть выполнен по меньшей мере в два слоя. В отдельных случаях, для процессов с незначительным участием основного металла в металле шва (например, типа плазменной наплавки) и соответствующем уровне легирования присадочного материала допускается выполнять плакирующий шов в один слой при его толщине не менее таковой для плакирующего слоя основного металла;

.6 при сварке шва со стороны плакирующего и основного слоя следует, по возможности, предусмотреть возможность выполнения отжигающих валиков. Для этого в стыковых соединениях возможно частичное удаление металла плакировки, прилегающего к свариваемым кромкам (на ширину 4 — 8 мм в обе стороны), или увеличение угла разделки кромок;

.7 при выполнении сварки шва основного слоя со стороны плакировки низколегированными сварочными материалами стыковых соединений с двухсторонним скосом кромок должны быть приняты меры, исключающие возможность частичного расплавления или повреждения плакирующего слоя основного металла. С этой целью допускается снятие плакирующего слоя основного металла на ширину 4 — 8 мм по обе стороны разделки;

.8 в тавровых и крестообразных соединениях с полным проваром и с высоким уровнем растягивающих напряжений (особенно при динамических нагрузках) рекомендуется выполнять сварку с частичным удалением плакирующего слоя на основной (неразрезной) детали.

Примеры выполнения сварных соединений с учетом перечисленных выше требований и рекомендаций приведены на [рис. 2.9.5-1 — 2.9.5-3](#).

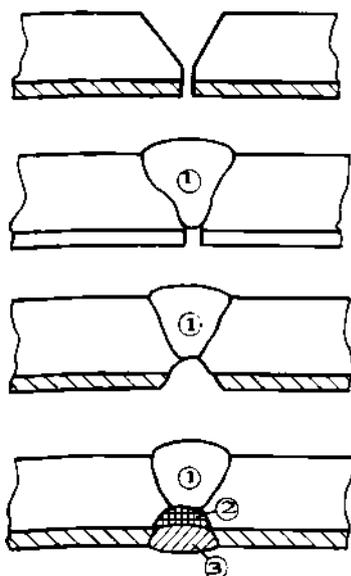


Рис. 2.9.5-1

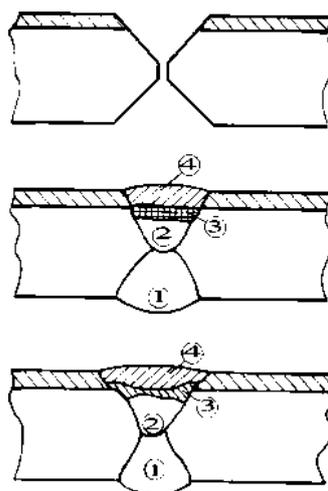


Рис. 2.9.5-2

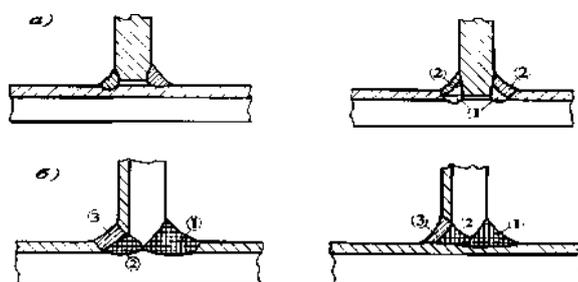


Рис. 2.9.5-3

2.9.6 При изготовлении конструкций и деталей из плакированной стали следует принять соответствующие меры для защиты от повреждений, а также загрязнения посторонними металлическими включениями поверхности плакирующего слоя.

Прихватки и временные сборочные приспособления, используемые при сборке конструкций из плакированной стали под сварку, должны располагаться со стороны основного слоя. Установка временных сборочных и выравнивающих приспособлений (посредством сварки) со стороны плакирующего слоя не допускается.

2.9.7 Подготовка кромок под сварку должна выполняться механическим способом.

В случае применения тепловой резки (например, плазменная или лазерная), кромки в обязательном порядке следует подвергать дополнительной зачистке. При этом со стороны плакирующего слоя глубина механической зачистки должна составлять 1,0 — 1,5 мм. Снятие скоса при выполнении сварки деталей разной толщины следует выполнять механическим способом со стороны основного слоя.

2.9.8 Технология и режимы сварки плакированных сталей должны соответствовать требованиям соответствующих нормативных документов и инструкциям изготовителей сварочных материалов. При этом следует руководствоваться следующими требованиями и рекомендациями:

.1 выборку корня шва со стороны плакирующего слоя допускается выполнять только с применением механической обработки или шлифовки;

.2 для сварки плакирующего слоя должны, по возможности, применяться электроды и сварочная проволока малого диаметра, а сварка должна выполняться на малой погонной энергии;

.3 для выполнения плакирующего шва в два слоя допускается проводить предварительное выравнивание поверхности металла предыдущего слоя механическим способом или шлифовкой (применимо для переходного слоя и для первого слоя плакировки).

2.9.9 Технология сварки плакированных труб с односторонним доступом (со стороны основного слоя) допускает применение следующих схем, обеспечивающих приемлемые характеристики качества сварных соединений:

.1 выполняется односторонняя сварка на весу плакирующего слоя с обратным формированием корня шва (как правило, наилучшие результаты обеспечивает способ сварки неплавящимся электродом в среде инертного газа с дополнительной газовой защитой корня шва). Присадочный материал рекомендуется подбирать с более высокой степенью легирования по отношению к плакирующему слою (соответственно и с более высокой коррозионной стойкостью), так как неизбежно частичное расплавление металла основного слоя. Заполнение разделки по основному слою выполняется высоколегированными присадочными материалами, пригодными для сварки разнородных соединений (например, типа AISI: 309, 309L, 309SCb);

.2 выполняется односторонняя сварка на весу плакирующего слоя аналогично [2.9.9.1](#). Заполнение разделки по основному слою выполняется сварочными материалами для сварки нержавеющей стали по предварительно облицованным кромкам. Облицовка кромок производится сварочными материалами для наплавки переходного слоя;

.3 выполняется односторонняя сварка на весу плакирующего слоя аналогично [2.9.9.1](#). На корневой проход производится двухслойная наплавка присадочными материалами на основе технически чистого железа с обеспечением минимального перемешивания металла слоев. Заполнение разделки по основному слою производится низколегированными сварочными материалами, которые полностью соответствуют категории или марке стали основного слоя плакированной стали;

.4 производится сварка всего сечения шва, включая корневую часть и заполнение разделки, высоколегированными присадочными материалами на никелевой основе (например, сплавы типа Inconel 625: 62Ni-22Cr-9Mo и т.п.). Предварительной облицовки кромок по основному слою при этом не требуется.

Выбор конкретного варианта сварки плакированных труб должен выполняться с учетом прочностных характеристик основного слоя и толщины стенки. Например, для толстостенных плакированных труб с основным слоем из стали высокой прочности наиболее приемлемым может являться вариант, соответствующий [2.9.9.3](#).

2.9.10 Технология сварки стыковых соединений плакированной стали с нержавеющей допускает применение следующих схем заполнения разделки (см. [рис. 2.9.10](#)):

.1 выполняется сварка по всему сечению шва с применением присадочных материалов для сварки плакирующего слоя. При этом должна быть выполнена предварительная облицовка свариваемых кромок со стороны основного слоя плакированной стали присадочными материалами для наплавки переходных слоев ([рис. 2.9.10, а](#));

.2 со стороны основного слоя выполняется сварка высоколегированными материалами для разнородных соединений после механической зачистки корня шва со стороны плакировки выполняется двухслойная плакирующая наплавка нержавеющими присадочными материалами (действительно для соединений с односторонним скосом кромок) ([рис. 2.9.10, б](#)).

Примечание. Для соединений с двухсторонним скосом кромок предварительно выполняется заполнение разделки заподлицо с нижней кромкой плакировки материалами для сварки разнородных соединений, а затем производится двухслойная плакирующая наплавка нержавеющими присадочными материалами.

Примеры выполнения швов тавровых соединений нержавеющей и плакированной стали угловым швом приведены на [рис. 2.9.5-3](#).

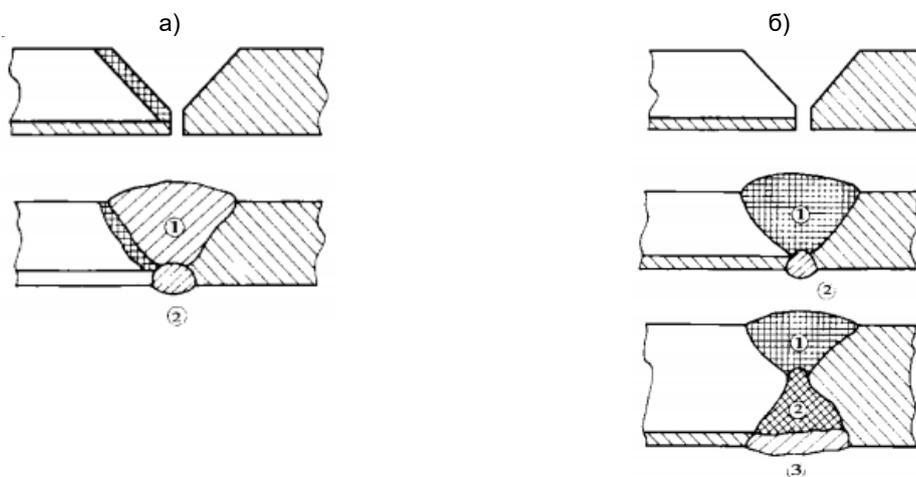


Рис. 2.9.10

1, 2, 3 — очередность выполнения сварных швов

2.9.11 При сварке стыковых соединений плакированной стали с низколегированной рекомендуется применять следующую последовательность операций (см. [рис. 2.9.11](#)):

.1 производится сварка со стороны основного слоя с применением низколегированных сварочных материалов, отвечающих требованиям 2.5 для соответствующих категорий стали;

.2 производится механическая зачистка корня шва со стороны плакировки и в соединениях с односторонним скосом кромок его подварка присадочными материалами для сварки разнородных соединений. В случае соединений с двухсторонней разделкой

кромки предварительно выполняется заполнение разделки низколегированными материалами до нижней кромки плакировки и далее производится одно-двухслойная наплавка материалами для сварки разнородных соединений.

Примечание. В двухсторонних соединениях большой толщины допускается выполнять сварку облицовочных валиков со стороны плакировки не по всей ширине разделки (см. [рис. 2.9.11](#)).

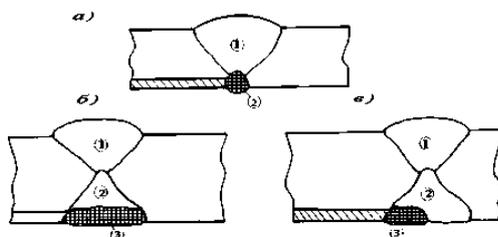


Рис. 2.9.11

1, 2, 3 — очередность выполнения сварных швов

2.9.12 Возможность проведения и режимы термической обработки конструкций и деталей из плакированной стали должны определяться в соответствии с инструкциями производителя стали и сварочных материалов. При одобрении технологических процессов сварки Регистром, все необходимые испытания должны проводиться после термической обработки, аналогичной применяемой в процессе производства.

2.10 СВАРКА КОНСТРУКЦИЙ МЕХАНИЗМОВ И МЕХАНИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

2.10.1 Настоящие требования распространяются на сварку конструкций и изделий машиностроения, изготавливаемых с применением основных и сварочных материалов, отвечающих требованиям части XIII «Материалы» Правил РС/К, части XII «Материалы» Правил ПБУ, а также требованиям настоящей части. Изготовление конструкций из материалов, не регламентируемых Правилами, должно выполняться по одобренной Регистром документации.

2.10.2 Выбор сварочных материалов для сварки конструкций механизмов и механических установок производится, исходя из конкретных марок стали, применяемых для изготовления с учетом требований [2.5.4 — 2.5.6](#).

Если конструкции работают при повышенной температуре или в химически активной среде, сварочные материалы должны выбираться с учетом этих условий.

2.10.3 Для сварки деталей механизмов и механических установок из стали толщиной 30 мм и более должны применяться сварочные материалы, обеспечивающие стойкость сварного соединения против образования холодных трещин, либо изготовитель должен предпринять технологические меры (подогрев, термическую обработку, ограничение минимальной температуры окружающего воздуха при сварке и т.п.) для предотвращения образования холодных трещин.

2.10.4 Сварные швы конструкций, работающих при динамических нагрузках, должны быть выполнены с полным проваром. Переход от основного металла к шву должен быть плавным.

2.10.5 Применение сварки при изготовлении валопровода и коленчатых валов допустимо при условии выполнения нижеследующего.

Необходимые условия для этого — выполнение неразрушающего контроля всех сварных швов и гарантированный предел усталостной прочности сварных соединений, принятый в расчетах.

Объем необходимой опытной сварки и программа испытаний должны быть согласованы с Регистром до начала работ.

2.10.6 Применение сварки, наплавки, металлизации распылением и других подобных методов при изготовлении и ремонте изделий машиностроения может быть допущено при положительных результатах испытаний, выполненных по методике, согласованной с Регистром, и подтверждающих возможность применения данного метода на конкретном предприятии.

Восстановление валопроводов из углеродистой стали (содержащей до 0,45 % углерода), изношенных или имеющих поверхностные трещины, может допускаться наплавкой, если износ или глубина трещин составляет не более 5 % диаметра вала, но не более 15 мм.

2.11 СВАРКА ПАРОВЫХ КОТЛОВ И СОСУДОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

2.11.1 Сварные швы котлов должны иметь маркировку, по которой можно установить, какой сварщик производил сварку.

Продольные и кольцевые швы корпусов котлов должны выполняться с подваркой, за исключением случаев, когда коэффициент прочности сварного шва, согласно 2.1.6 части X «Котлы, теплообменные аппараты и сосуды под давлением» Правил РС/К, принят $\leq 0,7$.

Вырезы и отверстия в корпусе котла, по возможности, не должны перерезать кольцевые и продольные швы корпуса котла.

Возможность приварки к корпусу котлов монтажных креплений, захватов и прочих деталей должна быть указана в представляемой в Регистр для согласования документации.

Продольные и поперечные швы коллекторов, корпусов котлов и сосудов, работающих под давлением, должны выполняться встык.

2.11.2 Выбор сварочных материалов для сварки котлов и сосудов под давлением производится, исходя из конкретных марок стали, применяемых для их изготовления с учетом требований [2.5.4 — 2.5.6](#).

2.11.3 Применение электродов с рутиловым и кислым покрытиями для сварки котлов и сосудов класса I (см. 1.3.1.2 части X «Котлы, теплообменные аппараты и сосуды под давлением» Правил РС/К) не допускается; для котлов и сосудов классов II и III — допускается при условии, если эти конструкции изготавливаются из углеродистой стали, и толщина свариваемых деталей не превышает 20 мм.

2.11.4 Термическая обработка котлов и сосудов выполняется по стандартам или принимаются во внимание рекомендации изготовителей стали.

Сварные соединения деталей, которые в связи с их размерами или специальной конструкцией нельзя подвергать термической обработке для снятия напряжений в целом могут быть обработаны по частям. При этом обработка должна производиться равномерным нагревом достаточно широкого участка вдоль шва (около шести толщин листа с обеих сторон сварного шва), исключая распространение тепловых напряжений в другие районы деталей. Местная обработка сварочной горелкой не допускается.

2.11.5 При заделке отверстий в котлах вварными заглушками должны выполняться требования национальных стандартов.

2.11.6 Ремонт изношенных стенок котлов и сосудов наплавкой должен быть согласован с Регистром. Площадь наплавки должна быть не более 500 см², а глубина — не более 30 % толщины листа. Если эти условия не выполнимы, дефектный участок следует заменить новым листом.

2.11.7 При изготовлении котлов, теплообменных аппаратов и сосудов под давлением, относящихся к классам I и II (см. 1.3.1.2 части X «Котлы, теплообменные аппараты и сосуды под давлением» Правил РС/К), для проверки механических свойств швов сварных соединений должны быть сварены контрольные планки при изготовлении единичных изделий, серийном изготовлении на головном образце изделия, при изменении конструкций основных узлов и деталей изделия и применении новых материалов и способов сварки.

Контрольные планки для изделий, относящихся к классу III, могут изготавливаться по требованию Регистра.

2.11.8 Контрольные планки должны прикрепляться к продольному шву котла или сосуда таким образом, чтобы сварной шов планок являлся продолжением шва изделия. Шов планок должен свариваться при тех же технологических условиях, что и шов изделия.

Из этой пробы должны быть изготовлены и испытаны: один поперечный образец — на растяжение, два поперечных образца — на изгиб, три образца — на ударный изгиб, вырезанных согласно рис. 4.3.3.1 части XIV «Сварка» Правил РС/К.

Образцы для конструкций класса III должны изготавливаться по требованию инспектора Регистра. Условия вырезки образцов из проб и проведения испытаний должны соответствовать требованиям 4.2 части XIV «Сварка» Правил РС/К.

2.12 СВАРКА ТРУБОПРОВОДОВ

2.12.1 Тип сварных соединений трубопроводов должен соответствовать стандартам.

2.12.2 Выбор сварочных материалов для сварки трубопроводов производится, исходя из конкретных марок стали, применяемых при изготовлении с учетом требований [2.5.4 — 2.5.6](#).

2.12.3 Сварные стыковые соединения труб должны быть выполнены с полным проваром корня шва. Допускается сварка на удаляемых подкладных кольцах.

2.12.4 Применение остающихся подкладных колец в стыковых соединениях труб допускается в тех трубопроводах, где они не влияют отрицательно на эксплуатационные свойства. Стыковые соединения фланцев с трубами не должны выполняться на остающихся подкладных кольцах.

2.12.5 Сварные соединения труб должны подвергаться термической обработке на трубах из низколегированной стали и при газовой сварке главных паропроводов, работающих при температуре свыше 350 °С.

2.12.6 При сварке труб из хромомолибденовой стали, содержащей 0,8 % или более хрома и более 0,16 % углерода, свариваемые кромки должны подогреваться до температуры 200 — 230 °С. Эта температура должна поддерживаться в процессе сварки.

2.12.7 Свариваемые кромки медных труб с толщиной стенок 5 мм и более перед началом сварки должны подогреваться до температуры 250 — 350 °С. Сварка медно-никелевых труб должна производиться без подогрева. Применение пайки для соединения медно-никелевых трубопроводов не допускается.

2.12.8 Возможность ремонта трубопроводов заваркой поврежденных мест возможно на основании одобренной Регистром методики.

2.13 СВАРКА ОТЛИВОК И ПОКОВОК

2.13.1 В следующих случаях сварка стальных отливок и поковок должна производиться независимо от температуры окружающего воздуха с предварительным подогревом либо должны быть приняты другие меры, обеспечивающие выполнение требований к сварным соединениям:

- .1 при содержании углерода в стали отливок или поковок более 0,25 %;
- .2 при содержании углерода в стали отливок или поковок более 0,23 %, если отливки и поковки входят в состав корпусных конструкций ПБУ.

2.13.2 Температура подогрева и режим термической обработки отливок и поковок определяется в зависимости от конструкции, размеров и условий эксплуатации согласно [2.7.2.4](#), [2.7.3.1](#) и [2.7.3.6](#).

2.13.3 Дефекты на стальных поковках и отливках допускается исправлять сваркой только в тех случаях, когда была предварительно проверена свариваемость данной стали и учтены условия работы литой или ковальной детали.

Исправление дефектов сваркой, как правило, должно производиться до окончательной термической обработки. Заварка после нее допускается только в исключительных случаях. Дефекты, систематически появляющиеся в поковках и отливках, не допускается исправлять сваркой.

2.13.4 Заварка дефектов в отливках должна производиться после удаления литников и прибылей и тщательной очистки отливок от формовочных материалов, окалины, посторонних включений. Места, подлежащие заварке, должны быть разделаны до здорового металла так, чтобы во всех местах была возможность обеспечить провар.

Стенки подготовленных под заварку мест должны быть пологими, а поверхность подготовленного углубления не должна иметь острых углов.

2.14 СВАРКА ЧУГУНА

2.14.1 Исправление дефектов отливок из чугуна сваркой допускается способом, получившим одобрение Регистра на основании результатов испытаний по программе, согласованной с Регистром.

2.15 СВАРКА АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

2.15.1 Сварочные работы должны производиться наиболее целесообразным способом, обеспечивающим качественное соединение, максимальную его прочность, химический состав, приближающийся к составу основного металла, и достаточную стойкость против коррозии.

2.15.2 Сварные швы должны по возможности располагаться в районах наиболее низких напряжений.

Сварка должна производиться, как правило, в нижнем положении.

2.15.3 Непосредственно перед сваркой (прихваткой) свариваемые кромки деталей из алюминия и его сплавов должны обезжириваться специальными растворителями (ацетон, спирт и др.) и зачищаться стальными проволочными щетками. Прихватки перед сваркой также должны быть зачищены стальной щеткой. При многопроходной сварке должна производиться зачистка щетками каждого предыдущего слоя перед наложением последующего.

2.15.4 Сварочные материалы из алюминия и его сплавов перед сваркой должны быть зачищены для удаления загрязнений и оксидной пленки.

2.15.5 Допускается сварка алюминиевых сплавов на остающихся или удаляемых подкладках. Подкладки, удаляемые после сварки, должны изготавливаться из нержавеющей стали. Остающиеся подкладки должны изготавливаться из сплава той же марки, что и свариваемые детали.

2.15.6 При двусторонней сварке перед наложением шва с обратной стороны необходимо удалить корень шва до чистого металла рубкой, строжкой или фрезерованием. Удаление корня шва абразивными кругами не допускается.

2.15.7 Допускается горячая правка конструкций из алюминия и его сплавов. Температура нагрева при правке должна соответствовать свойствам данного сплава.

2.15.8 Если при сварке применяется флюс, он должен быть по возможности нейтральным. Если же в виде исключения применялся не нейтральный флюс, после сварки он должен быть тщательно удален.

2.15.9 В районе соединения конструкций из алюминиевых сплавов на заклепках все основные сварочные работы должны быть закончены до начала клепки.

2.16 СВАРКА МЕДИ И ЕЕ СПЛАВОВ, ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ДРУГИХ НЕЖЕЛЕЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.16.1 Сварка меди и ее сплавов, тяжелых металлов и других нежелезных металлов производится согласно требованиям стандартов и/или по одобренной Регистром документации.

3 КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

3.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1.1 При проведении контроля сварных соединений необходимо руководствоваться общими положениями, указанными в 3.1 части XIV «Сварка» Правил РС/К.

3.2 ТРЕБОВАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ И ОСНОВНЫМ ПАРАМЕТРАМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

3.2.1 Требования по проведению и основным параметрам неразрушающего контроля сварных соединений изложены в 3.2 части XIV «Сварка» Правил РС/К.

3.3 ОБЪЕМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

3.3.1 Сварные соединения конструкций ПБУ всех категорий должны подвергаться визуальному контролю и измерению по всей длине с учетом указаний 3.2.1.2 части XIV «Сварка» Правил РС/К. Объем применения физических методов неразрушающего контроля должен соответствовать указаниям [табл. 3.3.1](#).

Таблица 3.3.1

Минимальный объем неразрушающего контроля сварных соединений ПБУ в %-ном отношении к общей длине сварных соединений

Категория конструкции ¹	Типы сварных соединений	Сварные соединения, находящиеся в атмосферной зоне				Сварные соединения, находящиеся в зоне переменного смачивания и под водой			
		Методы контроля							
		Визуальный контроль и измерение	Магнито-порошковый ²	Радиографический ³	Ультразвуковой ⁴	Визуальный контроль и измерение	Магнито-порошковый ²	Радиографический ³	Ультразвуковой ⁴
Специальные	Стыковые	100 %	20 %	100 %	–	100 %	100 %	100 %	–
	Угловые, тавровые и крестообразные с полным проваром	100 %	100 %	–	100 %	100 %	100 %	–	100 %
	Угловые, тавровые и крестообразные с разделкой кромок и конструктивным непроваром	100 %	100 %	–	–	100 %	100 %	–	–
	Угловые, тавровые и крестообразные, выполненные угловым швом без разделки кромок	100 %	100 %		–	100 %	100 %	–	–
Основные	Стыковые	100 %	10 % ⁵	10–20% ⁶		100 %	20%	20 %	–
	Угловые, тавровые и крестообразные с полным проваром	100 %	20 %	–	10 – 20 % ⁶	100 %	20 % ⁵	–	20 % ⁶
	Угловые, тавровые и крестообразные с разделкой кромок и конструктивным непроваром	100 %	20 %	–	–	100 %	20%	–	–
	Угловые, тавровые и крестообразные, выполненные угловым швом без разделки кромок	100 %	20 %			100 %	20%		

Категория конструкции ¹	Типы сварных соединений	Сварные соединения, находящиеся в атмосферной зоне				Сварные соединения, находящиеся в зоне переменного смачивания и под водой			
		Методы контроля							
		Визуальный контроль и измерение	Магнито-порошковый ²	Радиографический ³	Ультразвуковой ⁴	Визуальный контроль и измерение	Магнито-порошковый ²	Радиографический ³	Ультразвуковой ⁴
Второстепенные	Стыковые	100 %	По месту ⁷	По месту ⁷	–	100 %	По месту ⁷	По месту ⁷	–
	Угловые, тавровые и крестообразные с полным проваром	100 %	По месту ⁷	–	По месту ⁷	100 %	По месту ⁷	–	По месту ⁷
	Угловые, тавровые и крестообразные с разделкой кромок и конструктивным непроваром	100 %	По месту ⁷	–	–	100 %	По месту ⁷	–	–
	Угловые, тавровые и крестообразные, выполненные угловым швом без разделки кромок	100 %	По месту ⁷			100 %	По месту ⁷		

¹ Требования к объемам неразрушающего контроля сварных соединений, соединяющих конструкции различных категорий, должны устанавливаться как для более высокой категории.

² Для немагнитных материалов должен применяться капиллярный метод контроля.

³ По согласованию сторон радиографический метод контроля может быть полностью или частично заменен на ультразвуковой с учетом возможностей его применения.

⁴ Ультразвуковой метод контроля должен применяться для толщин основного металла 10 мм и более.

⁵ Для сварных соединений обшивки корпуса, не подверженных высоким растягивающим напряжениям, объем контроля может быть уменьшен до 5 %.

⁶ Применяется следующая схема назначения объемов контроля:
10 % — для соединений, воспринимающих статические нагрузки;
20 % — для соединений, воспринимающих переменные нагрузки.

⁷ «По месту» — означает объем контроля от 2 % до 5 % по усмотрению инспектора Регистра или проектанта.

3.3.2 Неразрушающему контролю должны подвергаться, как правило, пересечения стыковых сварных соединений, крестообразные соединения и другие соединения, находящиеся в зонах с высоким уровнем напряжений, а также места начала и концов сварных соединений автоматической сварки, зоны, вызывающие сомнения после визуального контроля и измерения, соответственно.

3.3.3 При контроле пересечений стыковых сварных соединений радиографическим методом, согласно указаниям **3.3.2**, снимок следует располагать симметрично относительно оси контролируемого сварного соединения так, чтобы он частично охватывал и второе соединение (по ширине снимка).

При выборочном контроле ультразвуковым методом пересечений стыковых сварных соединений следует проконтролировать участки шириной 100 мм с каждой стороны от контролируемого сварного соединения в местах его пересечения.

3.3.4 Объем контроля сварных соединений радиографическим или ультразвуковым методами для головных заказов, строящихся на предприятии

(изготовителе), а также при ремонте, модернизации и переоборудовании может быть увеличен, от указанного в [табл. 3.3.1](#) значения, по требованию Регистра или проектанта.

3.3.5 При вварке элементов конструкций в жесткий контур (вырезы в которых имеют отношение минимального размера к толщине обшивки менее 60) стыковые и тавровые соединения специальных и основных конструкций должны контролироваться по всей их длине, а второстепенных — на длине не менее 20 % с применением радиографического или ультразвукового методов.

3.3.6 Контроль радиографическим или ультразвуковым методами сварных соединений конструкций, подвергаемых обработке давлением (гибка, штамповка и т.д.), следует производить по всей протяженности сварных соединений этих конструкций после обработки давлением.

Если конструкции проходят после обработки давлением термообработку, то контроль радиографическим или ультразвуковым методами следует выполнять после ее окончания.

3.3.7 В технически обоснованных случаях, например для сварных соединений толщиной 20 мм и более, выполненных калибром автоматической сваркой под флюсом, Регистр может потребовать проведения контроля ультразвуковым методом специальных и основных конструкций по всей длине сварного соединения только на предмет обнаружения поперечных (шевроновых) трещин в сварном соединении и прилегающей зоне.

3.3.8 Сварные соединения, в которых могут возникнуть напряжения в направлении толщины, должны подвергаться контролю ультразвуковым методом с целью обнаружения и оценки несплошностей основного металла после выполнения сварки.

При этом документация на проведение контроля ультразвуковым методом основного металла в прилегающей к сварному соединению зоне подлежит одобрению Регистром на основе проведения предшествующего контроля.

3.4 ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

3.4.1 Критерии оценки качества сварных соединений конструкций ПБУ должны соответствовать требованиям согласованных Регистром норм или признанных стандартов, а также требованиям 3.4 части XIV «Сварка» Правил классификации и постройки морских судов.

При отсутствии других требований качество сварных соединений должно соответствовать требованиям [табл. 3.4.1](#).

Таблица 3.4.1

Категория конструкции	Минимальный уровень качества согласно стандарту ISO 5817:2014	
Специальные		B
Основные		B
Второстепенные		C

Российский морской регистр судоходства

Правила классификации и постройки плавучих буровых установок

**Часть XIII
Сварка**

ФАУ «Российский морской регистр судоходства»
191186, Санкт-Петербург, Дворцовая набережная, 8
www.rs-class.org/ru/