

ПРАВИЛА

КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ СУДОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ НАЛИВОМ

ЧАСТЬ IX МАТЕРИАЛЫ И СВАРКА

НД № 2-020101-176



Санкт-Петербург

ПРАВИЛА КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ СУДОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ НАЛИВОМ (ЧАСТЬ IX)

Настоящая версия части IX «Материалы и сварка» Правил классификации и постройки судов для перевозки сжиженных газов наливом Российского морского регистра судоходства (РС, Регистр) утверждена в соответствии с действующим положением и вступает в силу 1 января 2026 года.

Настоящая версия составлена на основании версии от 1 июля 2025 года и Бюллетеня изменений № 25-251415 с учетом изменений и дополнений, подготовленных непосредственно к моменту опубликования (см. Перечень изменений).

ПЕРЕЧЕНЬ ИЗМЕНЕНИЙ¹

Для данной версии нет изменений для включения в Перечень.

¹ За исключением изменений и дополнений, вводимых Бюллетенями, а также опечаток.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Требования настоящей части Правил классификации и постройки судов для перевозки сжиженных газов наливом¹ распространяются на листовой и профильный прокат, трубы, поковки и отливки, предназначенные для изготовления грузовых емкостей, технологических сосудов под давлением, грузовых и технологических трубопроводов, вторичных барьеров, а также на сварные конструкции указанных изделий.

Требования также распространяются на листовой и профильный прокат из судостроительной стали согласно 3.2 части XIII «Материалы» Правил классификации и постройки морских судов², предназначенной для изготовления конструкций, воспринимающих низкую температуру, но не являющихся частью вторичного барьера.

Требования к прокату, поковкам и отливкам приведены в [табл. 2.1-1 — 2.1-5](#), к сварным конструкциям — в [разд. 3](#).

1.2 Изготовление, испытания, освидетельствование и документация должны удовлетворять требованиям части XIII «Материалы» Правил классификации, согласованным стандартам и требованиям настоящей части Правил LG.

1.3 Если Регистром не требуется иное, должны быть проведены испытания на ударный изгиб в соответствии с 2.2.3 части XIII «Материалы» Правил классификации на образцах согласно рис. 2.2.3.1-2 и табл. 2.2.3.1-2 указанной части; при этом устанавливаются нормы минимальной работы удара KV согласно 2.2.3.1 и табл. 2.2.3.1-4 указанной части.

Для основного металла должны изготавливаться образцы наибольшего размера для данной толщины материала. Требования к испытаниям металла толщиной менее 5 мм должны соответствовать национальным и/или международным стандартам. Для толщин стали до 40 мм включительно образцы должны быть отобраны в 2 мм от поверхности проката таким образом, чтобы их продольная ось была параллельна направлению проката, а поверхности механически обработаны. Для толщин стали более 40 мм образцы отбираются таким образом, чтобы их продольные оси располагались посередине между поверхностью и центром сечения по толщине. Надрезы выполняются перпендикулярно к поверхности.

По согласованию с Регистром в дополнение к испытаниям на ударный изгиб или вместо них могут проводиться иные испытания для определения стойкости против хрупких разрушений (трещиностойкость), например, испытание падающим грузом.

В случае получения неудовлетворительных результатов испытаний на ударный изгиб повторные испытания проводятся в соответствии с 1.3.2 части XIII «Материалы» Правил классификации.

1.4 Временное сопротивление, предел текучести и относительное удлинение конкретного материала должны быть указаны в документации, подлежащей одобрению Регистра.

1.5 Испытание на изгиб может не проводиться для основного материала, однако требуется при испытании сварных соединений.

В случае различия уровней прочности основного металла и сварного шва вместо поперечной применяется продольная ориентация образцов.

1.6 Регистр может допустить материалы с иным химическим составом и/или иными механическими свойствами.

¹ В дальнейшем — Правила LG.

² В дальнейшем — Правила классификации.

1.7 Если предусматривается термическая обработка после сварки, свойства основного материала должны определяться в состоянии термической обработки в соответствии с [табл. 2.1-1 — 2.1-5](#), а свойства сварного соединения — после термической обработки согласно требованиям [разд. 3](#).

Если предусматривается термическая обработка после сварки, требования к испытаниям могут быть изменены по согласованию с Регистром.

1.8 Стали категорий А, В, D, E, AH, DH, EH и FH должны удовлетворять требованиям соответственно 3.2 и 3.5 части XIII «Материалы» Правил классификации.

1.9 При первоначальном освидетельствовании и в случае отклонений сдаточных испытаний от регламентированных соответствующим разделом Правил LG требований, необходимо проведение макро- и микроанализа структуры, а также определение твердости в соответствии с 3.2 части XIII «Материалы» Правил классификации.

1.10 Применяемые алюминиевые сплавы в конструкциях систем хранения грузов газозовозов должны соответствовать требованиям разд. 5 части XIII «Материалы» Правил классификации для алюминиевых сплавов, а также в соответствии с требованиями разд. 10 части XIII «Материалы» Правил классификации.

2 ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ

2.1 Требования к конструкционным материалам приведены в следующих таблицах:

[табл. 2.1-1](#): листы, трубы (бесшовные и сварные), профили и поковки для грузовых емкостей и технологических сосудов под давлением для расчетных температур не ниже 0 °С;

[табл. 2.1-2](#): листы, профили и поковки для грузовых емкостей, вторичных барьеров и технологических сосудов под давлением для расчетных температур от 0 до –55 °С;

[табл. 2.1-3](#): листы, профили и поковки для грузовых емкостей, вторичных барьеров и технологических сосудов под давлением для расчетных температур от –55 до –165 °С;

[табл. 2.1-4](#): труба (бесшовные и сварные), поковки и отливки для грузовых и технологических трубопроводов для расчетных температур от 0 до –165 °С;

[табл. 2.1-5](#): листовая и профильная сталь для корпусных конструкций, воспринимающих пониженную температуру груза.

2.2 Поковки и отливки, применяемые для грузовых и технологических трубопроводов при температуре эксплуатации ниже 0 °С, должны отвечать требованиям признанных национальных и/ или международных стандартов.

Таблица 2.1-1

Листы, трубы (бесшовные и сварные¹), профили и поковки для грузовых емкостей, топливных емкостей и технологических сосудов под давлением для расчетных температур не ниже 0 °С	
Химический состав Углеродисто-марганцевая сталь. Спокойная. Мелкозернистая. Химический состав стали должен соответствовать требованиям национального, международного стандарта или спецификации изготовителя, одобренной Регистром.	
Термическая обработка Нормализация или закалка с отпуском ²	
Испытания на растяжение и ударный изгиб	
Листы	Испытаниям подвергается каждое изделие
Профили и поковки	Испытания по партиям
Испытания на растяжение	Расчетный минимальный предел текучести не должен превышать 410 МПа ³
Испытания на ударный изгиб	
Листы	Поперечные образцы
	Минимальная средняя величина работы удара KV 27Дж
Профили и поковки	Продольные образцы
	Минимальная средняя величина работы удара KV 41Дж
Температура испытаний на ударный изгиб	
Толщина t (мм)	Температура испытаний (°С)
$t \leq 20$	0
$20 < t \leq 40$	-20
$40 < t \leq 50^4$	-20 ⁵
$40 < t \leq 50^4$	-30 ⁶
<p>¹ Для бесшовных труб и арматуры — в соответствии с требованиями Правил классификации. Испытания на ударный изгиб не регламентированы.</p> <p>² При гарантии производителя получения регламентируемых Правилами свойств стали вместо нормализации или закалки с отпуском может быть применена прокатка при контролируемой температуре.</p> <p>³ Твердость сварного шва и зоны термического влияния должны отвечать одобренным международным и/или национальным стандартам и нормам.</p> <p>⁴ Для полуфабрикатов толщиной $t > 40$ мм требуется испытание дополнительного комплекта образцов, отобранных от середины толщины. Данное требование не распространяется на стальной прокат нормальной, повышенной и высокой прочности, отвечающий требованиям Правил Регистра и описанный в 3.2 и 3.13 части XIII «Материалы» Правил классификации и постройки морских судов.</p> <p>⁵ Применяется к вкладным емкостям типа С и технологическим сосудам под давлением. После сварки должна быть проведена термическая обработка для снятия напряжений. Освобождение от термической обработки для снятия напряжений после сварки на основании альтернативного подхода (например, инженерно-критической оценки) должно соответствовать согласованным стандартам, либо может быть отдельно согласовано Регистром.</p> <p>⁶ Применяется к грузовым или топливным емкостям кроме типа С.</p>	

Таблица 2.1-2

Листы, профили и поковки¹ для грузовых емкостей, вторичных барьеров и технологических сосудов под давлением для расчетных температур от –55 до 0 °С.						
Максимальная толщина² 25 мм						
Химический состав						
Углеродисто-марганцевая сталь. Спокойная. Мелкозернистая, обработанная алюминием Химический состав (ковшовая проба), %:						
C	Mn	Si	S	P		
0,16 макс. ³	0,70 — 1,60	0,10 — 0,50	0,025 макс.	0,025 макс.		
Легирующие и измельчающие зерно элементы в общем случае могут соответствовать следующим нормам, %:						
Ni	Cr	Mo	Cu	Nb	V	Al
0,80 макс.	0,25 макс.	0,08 макс.	0,35 макс.	0,05 макс.	0,10 макс.	0,02 мин.
Термическая обработка						
Нормализация или закалка с отпуском ⁴						
Испытания на растяжение и ударный изгиб						
Листы	Испытаниям подвергается каждое изделие					
Профили и поковки	Испытания по партиям					
Испытания на растяжение	Расчетный минимальный предел текучести не должен превышать 410 МПа ⁵					
Испытания на ударный изгиб						
Листы	Поперечные образцы					
	Минимальная средняя величина работы удара KV 27 Дж					
Профили и поковки ¹	Продольные образцы					
	Минимальная средняя величина работы удара KV 41 Дж					
Температура испытаний на ударный изгиб						
На 5 °С ниже расчетной температуры или –20 °С, смотря по тому, что меньше						
¹ Химический состав должен соответствовать одобренной Регистром спецификации.						
² Испытания на ударный изгиб материалов толщиной более 25 мм должны проводиться следующим образом:						
Толщина материала <i>t</i> , мм		Температура испытаний, °С				
25 < <i>t</i> ≤ 30		На 10 °С ниже расчетной или –20 °С, смотря по тому, что меньше				
30 < <i>t</i> ≤ 35		На 15 °С ниже расчетной или –20 °С, смотря по тому, что меньше				
35 < <i>t</i> ≤ 40		На 20 °С ниже расчетной				
Величина работы удара должна соответствовать приведенной в таблице для соответствующего образца.						
Материалы для грузовых емкостей и их частей, которые полностью подвергаются термической обработке для снятия напряжений после сварки, могут испытываться при температуре на 5 °С ниже расчетной или –20 °С, смотря по тому, что меньше.						
Материалы для фундаментов и их соединений должны испытываться при температуре, которая требуется для соответствующей толщины соседней грузовой емкости.						
³ Содержание углерода может быть увеличено до 0,18 при условии, что расчетная температура конструкции не ниже –40 °С.						
⁴ При гарантии производителя получения регламентируемых Правилами LG свойств стали вместо нормализации или закалки с отпуском может быть применена прокатка при контролируемой температуре. Для материалов толщиной более 25 мм, для которых температура испытаний равна –60 °С или ниже, Правилами LG регламентируется применение специально обработанной стали или стали согласно табл. 2.1-3 .						
⁵ Твердость сварного шва и зоны термического влияния должны отвечать одобренным международным и/или национальным стандартам и нормам.						
Листы, профили и поковки для грузовых емкостей, вторичных барьеров и технологических сосудов под давлением для расчетных температур от строго –10 до 0 °С.						
Толщина более 40 мм.						
Требования к испытаниям на ударный изгиб						
Определение температуры испытаний	Толщина <i>t</i> , мм		Температура испытания °С			
	40 < <i>t</i> ≤ 50 ⁶		На 5 °С ниже расчетной или –20 °С, смотря какое значение ниже ⁷			
	40 < <i>t</i> ≤ 50 ⁶		На 25 °С ниже расчетной ⁸			
	40 < <i>t</i> ≤ 50 ⁶		На 30 °С ниже расчетной ⁸			

⁶ Для полуфабрикатов толщиной $t > 40$ мм требуется испытание дополнительного комплекта образцов, отобранных от середины толщины. Данное требование не распространяется на стальной прокат нормальной, повышенной и высокой прочности, отвечающий требованиям Правил Регистра и описанный в главах 3.2 и 3.13 части XIII «Материалы» Правил классификации и постройки морских судов.

⁷ Применяется к вкладным емкостям типа С и технологическим сосудам под давлением. После сварки должна быть проведена термическая обработка для снятия напряжений. Освобождение от термической обработки для снятия напряжений после сварки на основании альтернативного подхода (например, инженерно-критической оценки) должно соответствовать согласованным стандартам, либо может быть отдельно согласовано Регистром.

⁸ Применяется к грузовым или топливным емкостям кроме типа С.

Листы, профили и поковки для грузовых емкостей, вторичных барьеров и технологических сосудов под давлением для расчетных температур от -55 до -10 °С. Толщина более 40 мм.

Требования к испытаниям на ударный изгиб.

Определение температуры испытаний	Толщина t , мм	Температура испытания °С
	$40 < t \leq 50^9$	На 5 °С ниже расчетной или -20 °С, смотря какое значение ниже ¹⁰
	$40 < t \leq 50^9$	На 25 °С ниже расчетной ¹¹
	$40 < t \leq 50^9$	На 30 °С ниже расчетной ¹¹

⁹ Для полуфабрикатов толщиной $t > 40$ мм требуется испытание дополнительного комплекта образцов, отобранных от середины толщины. Данное требование не распространяется на стальной прокат нормальной, повышенной и высокой прочности, отвечающий требованиям правил Регистра и описанный в 3.2 и 3.13 части XIII «Материалы» Правил классификации и постройки морских судов.

¹⁰ В отношении остаточных напряжений после сварки применяются требования 6.6.2.2 Международного кодекса постройки и оборудования судов, перевозящих сжиженные газы наливом. Освобождение от термической обработки для снятия напряжений после сварки на основании альтернативного подхода (например, инженерно-критической оценки) должно соответствовать согласованным стандартам, либо может быть отдельно согласовано Регистром.

¹¹ Применяется к грузовым или топливным емкостям кроме типа С.

Таблица 2.1-3

Листы, профили и поковки для грузовых емкостей, вторичных барьеров и технологических сосудов под давлением для расчетных температур ¹ от –165 до –55 °С. Максимальная толщина ² 25 мм		
Минимальная расчетная температура, °С	Химический состав ³ и термическая обработка	Температура испытания на ударный изгиб, °С
–60	Сталь с 1,5 % Ni N или N+T или Q+T или ТМСП	–65
–65	Сталь с 2,25 % Ni N или N+T или Q+T или ТМСП ⁴	–70
–90	Сталь с 3,5 % Ni N или N+T или Q+T или ТМСП ⁴	–95
–105	Сталь с 5 % Ni N или N+T или Q+T ^{4, 5}	–110
–165	Сталь с 9 % Ni N+N+T или Q+T	–196
–165	Аустенитные стали типов* 304, 304L, 316, 316L, 321 и 347 Обработанные на твердый раствор	–196
–165	Аустенитные стали с высоким содержанием марганца — горячекатаный прокат и контролируемое охлаждение ^{6, 7}	–196
–165	Алюминиевые сплавы типа* 5083, 1550, 1565ч Отожженные	Испытание не требуется
–165	Аустенитный сплав Fe – Ni (36 % Ni)	Испытание не требуется
Испытания на растяжение и ударный изгиб		
Листы	Испытаниям подвергается каждое изделие	
Профили и поковки	Испытания по партиям	
Испытания на ударный изгиб		
Листы	Поперечные образцы	
	Минимальная средняя величина работы удара KV 27Дж	
Профили и поковки	Продольные образцы	
	Минимальная средняя величина работы удара KV 41Дж	
¹ Требования для материалов, используемых при расчетных температурах ниже –165 °С должны соответствовать регламентируемым национальными или международными стандартами значениям.		
² Для сталей с 1,5 %; 2,25 %; 3,5 % и 5 % Ni толщиной более 25 мм температура испытаний на ударный изгиб должна корректироваться следующим образом:		
Толщина материала <i>t</i> , мм	Температура испытаний, °С	
25 < <i>t</i> ≤ 30	На 10 °С ниже расчетной	
30 < <i>t</i> ≤ 35	На 15 °С ниже расчетной	
35 < <i>t</i> ≤ 40	На 20 °С ниже расчетной	
Величина работы удара должна соответствовать приведенной в таблице для соответствующего образца.		
³ Предельные значения химического состава должны соответствовать одобренной спецификации.		
⁴ Для закаленной и отпущенной стали допускается более низкая минимальная расчетная температура.		
⁵ Сталь с содержанием Ni 5 % после тройной термической обработки может быть использована при температуре до –165 °С при условии, что испытания на ударный изгиб проводятся при температуре –196 °С.		
⁶ Применение материала должно производиться с учетом требуемых условий эксплуатации, на основании циркуляра ИМО MSC.1Circ.1599/Rev.3.		
⁷ Для аустенитной стали с высоким содержанием марганца не допускается не проводить испытания на ударный изгиб.		
* В соответствии с международными и национальными стандартами.		

Листы, профили и поковки для грузовых емкостей, вторичных барьеров и технологических сосудов под давлением для расчетных температур¹ от –165 до –55 °С. Толщина более 40 мм Требования к испытаниям на ударный изгиб.	
40 < t ≤ 45 ⁸ мм	На 25 °С ниже расчетной температуры
45 < t ≤ 50 ⁸ мм	На 30 °С ниже расчетной температуры
⁸ Для полуфабрикатов толщиной t > 40 мм требуется испытание дополнительного комплекта образцов, отобранных от середины толщины. Данное требование не распространяется на стальной прокат нормальной, повышенной и высокой прочности, отвечающий требованиям Правил Регистра и описанный в 3.2 и 3.13 части XIII «Материалы» Правил РС/К.	

**Правила классификации и постройки судов для перевозки сжиженных газов наливом
(часть IX)**

12

Таблица 2.1-4

Трубы (бесшовные и сварные), поковки и отливки для грузовых и технологических трубопроводов для расчетных температур от 0 до –165 °С. Максимальная толщина 25 мм			
Минимальная расчетная температура, °С	Химический состав ¹ и термическая обработка	Испытания на ударный изгиб (продольный образец)	
		Температура испытаний, °С	Минимальная сред. величина работы удара, Дж
–55	Углеродисто-марганцевая сталь. Спокойная. Мелкозернистая. Нормализованная	– ²	27
–65	Сталь с 2,25 % Ni N или N+T или Q+T ³	–70	34
–90	Сталь с 3,5 % Ni N или N+T или Q+T ³	–95	34
–165	Сталь с 9 % Ni ⁴ N+N+T или Q+T	–196	41
	Аустенитные стали типов* 304, 304L, 316, 316L, 321 и 347 Обработанные на твердый раствор	–196	41
	Алюминиевые сплавы типа* 5083 Отожженные		Испытания не требуются
Испытания на растяжение и ударный изгиб Испытаниям подвергается каждая партия			
Испытания на ударный изгиб Продольные образцы			
¹ Предельные значения химического состава должны отвечать требованиям одобренной Регистром спецификации.			
² Температура испытаний может быть на 5 °С ниже минимальной расчетной температуры или –20 °С, смотря по тому, что меньше.			
³ Для закаленной и отпущенной сталей допускается более низкая минимальная расчетная температура.			
⁴ Данный химический состав не применим для отливок.			
* В соответствии с международными и национальными стандартами.			

Таблица 2.1-5

Листы и профили для конструкций корпуса, воспринимающих пониженную температуру груза								
Минимальная расчетная температура конструкций корпуса, °С	Максимальная толщина, мм, для стали категории							
	A	B	D	E	A32 A36 A40	D32 D36 D40	E32 E36 E40	F32 F36 F40
0 и выше ¹ –5 и выше ²	В соответствии с 1.4 части II «Корпус» Правил классификации							
Ниже до –5	15	25	30	50	25	45	50	50
Ниже до –10	*	20	25	50	20	40	50	50
Ниже до –20	*	*	20	50	*	30	50	50
Ниже до –30	*	*	*	40	*	20	40	50
Ниже –30	В соответствии с табл. 2.1-2 , за исключением ограничений, приведенных в сноске ² к этой таблице, не применяются							
¹ Для случаев, указанных в 19.2.3 части IV «Хранение груза».								
² Для случаев, указанных в 19.2.2 части IV «Хранение груза».								
* Применение стали данной категории не допускается.								

3 СВАРКА И НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ

3.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1.1 Настоящие требования распространяются на сварные соединения первичного и вторичного барьеров, сварные соединения элементов корпуса, формирующих вторичный барьер, а также на сварные соединения грузовых и технологических трубопроводов, включая трубопроводы отпарного газа, трубопроводы газового топлива, трубопроводы газоотводной системы и подобных.

Требования настоящего раздела применяются для сварных соединений из углеродистых, углеродисто-марганцевых, легированных никелем и нержавеющей сталей и могут быть применены для испытаний сварных соединений из других материалов по согласованию с Регистром в каждом конкретном случае.

3.1.2 Испытания образцов на ударный изгиб из сварных соединений алюминиевых сплавов не требуются. Испытания образцов на ударный изгиб из сварных соединений нержавеющей сталей по согласованию с Регистром должны выполняться в том случае, если этот вид испытаний предусмотрен для основного металла правилами или документацией, одобренной Регистром. Если не согласовано иное, температура и критерии оценки результатов испытаний на ударный изгиб таких соединений должны соответствовать аналогичным значениям, регламентированным для основного металла.

3.1.3 Регистр может потребовать другие виды испытаний для любого материала конструкций, указанных в настоящем пункте.

3.1.4 Требования к сварным соединениям.

Требования к проектированию (выбору) сварных соединений грузовых емкостей типов А, В и С и технологические требования к ним указаны в 20.2 части IV «Хранение груза».

Требования к сварным соединениям трубопроводов указаны в 2.3.2 части VI «Системы и трубопроводы».

3.2 СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

3.2.1 Сварочные материалы, предназначенные для сварки грузовых емкостей, должны быть одобрены Регистром, иметь соответствующее Свидетельство об одобрении сварочных материалов, и соответствовать согласованным с Регистром стандартам и/или техническим условиям.

Для всех сварочных материалов, если иное не оговорено, должны проводиться испытания проб наплавленного металла и стыкового сварного соединения.

Требования для одобрения сварочных материалов, в частности, в отношении результатов испытаний образцов на статическое растяжение и ударный изгиб приведены в разд. 4 части XIV «Сварка» Правил РС/К.

При проведении испытаний должен быть определен химический состав наплавленного металла сварочного материала.

3.3 ОДОБРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ ГРУЗОВЫХ ЕМКостей, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СОСУДОВ ПОД ДАВЛЕНИЕМ, ВТОРИЧНЫХ БАРЬЕРОВ И ТРУБОПРОВОДОВ

3.3.1 Одобрение технологических процессов сварки должно быть выполнено для всех стыковых сварных соединений.

3.3.2 Сварка проб для одобрения технологических процессов сварки должна выполняться:

- для каждого основного материала;
- для каждого сварочного материала и процесса сварки;
- для каждого пространственного положения сварки.

3.3.3 Стыковые пробы из листов стали должны быть подготовлены таким образом, чтобы направление сварки было параллельно направлению прокатки листов.

Диапазон толщин по области одобрения для каждого технологического процесса сварки устанавливается с учетом требований табл. 6.6.2.2.2 и 6.6.2.2.9 (для сталей) или табл. 7.5.2.2 и 7.5.2.4 (для алюминиевых сплавов) части III «Техническое наблюдение за изготовлением материалов» Правил технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов¹.

Неразрушающий контроль сварных проб должен быть выполнен в соответствии с требованиями табл. 6.4.1.1 (для сталей) или табл. 7.3.2.1 (для алюминиевых сплавов) части III «Техническое наблюдение за изготовлением материалов» Правил ТНПС.

3.3.4 Проведение механических испытаний сварочных образцов, изготовленных из каждой сварной пробы стыкового соединения, должно соответствовать применимым требованиям разд. 6 части III «Техническое наблюдение за изготовлением материалов» Правил ТНПС и 4.2 части XIV «Сварка» Правил РС/К, и предусматривать следующие виды испытаний:

.1 испытания поперечных плоскоразрывных образцов на статическое растяжение;

.2 испытание продольных цилиндрических образцов, вырезанных вдоль сварного шва;

.3 испытания поперечных образцов на статический изгиб с растяжением корня и поверхности шва. Продольные образцы на статический изгиб, обычно требуется применять взамен поперечных образцов для разнородных стыковых соединений;

.4 испытания образцов на ударный изгиб должны включать серии из трех образцов с V-образным надрезом согласно [рис. 3.3.4.4](#):

- надрез по центру шва (1);
- надрез по линии сплавления (ЛС) (2);
- надрез по зоне ЗТВ на расстоянии 1 мм от ЛС (3);
- надрез по зоне ЗТВ на расстоянии 3 мм от ЛС (4);
- надрез по зоне ЗТВ на расстоянии 5 мм от ЛС (5);

¹ В дальнейшем — Правила ТНПС.

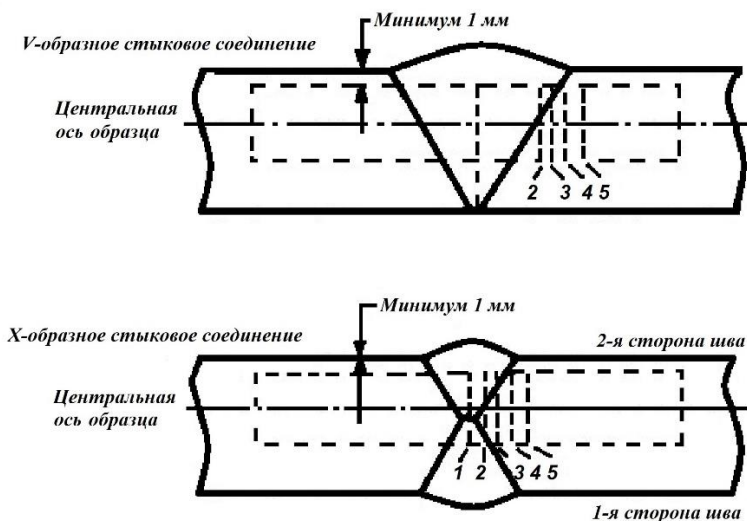


Рис. 3.3.4.4

Схема вырезки и расположения надреза на образцах для испытаний на ударный изгиб

.5 контроль макрошлифов и определение твердости.

3.3.5 Результаты механических испытаний сварочных образцов должны удовлетворять требованиям [3.3.5.1 — 3.3.5.3](#).

3.3.5.1 Испытание поперечных плоскоразрывных образцов на статическое растяжение.

Временное сопротивление (предел прочности при растяжении) при испытании сварных соединений должно быть не менее требуемого для основного металла. Для материалов, у которых временное сопротивление сварных соединений ниже минимального временного сопротивления основного материала, следует учитывать положения 18.2.4 части IV «Хранение груза». В каждом случае при проведении испытаний на статическое растяжение должно быть указано место разрушения образцов (по основному металлу или металлу шва).

3.3.5.2 Испытания поперечных образцов на статический изгиб.

При проведении испытаний на статический изгиб до достижения угла загиба 180° на оправке диаметром, равным четырем толщинам образца, поверхность образцов после испытаний не должна иметь дефектов с размером более 3 мм в любом направлении. Трещины, появившиеся по краям образца во время испытаний, не учитываются.

3.3.5.3 Испытания на ударный изгиб образцов с V-образным надрезом.

Испытания должны проводиться при температуре, предписанной для основных свариваемых материалов согласно значениям, указанным в [табл. 2.1-1 — 2.1-4](#).

При испытании металла шва (сварочных образцов с надрезом по центру шва) на ударный изгиб величина работы удара должна быть не менее 27 Дж.

Требования при испытании на ударный изгиб неполноразмерных образцов должны соответствовать 2.2.3.1 и табл. 2.2.3.1-4 части XIII «Материалы» Правил РС/К. Неполноразмерные образцы толщиной b менее 2,5 мм испытанию на ударный изгиб не подлежат.

Результаты испытаний на ударный изгиб по линии сплавления и зоне термического влияния должны удовлетворять требованиям к основному материалу для продольных или поперечных образцов в зависимости от того, что применимо.

3.3.6 Одобрение технологических процессов сварки угловых, нахлесточных, тавровых и крестообразных соединений листов (угловыми швами).

Требования к испытаниям сварных соединений, выполненных угловыми швами, изложены в 6.3.1.4 — 6.3.1.5 части III «Техническое наблюдение за изготовлением материалов» Правил ТНПС. Выбор сварочных материалов должен осуществляться в соответствии с требованиями Регистра к значению работы удара материала сварного соединения.

3.4 ОДОБРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ ТРУБОПРОВОДОВ

3.4.1 Одобрение технологических процессов сварки трубопроводов должно выполняться в соответствии с применимыми требованиями к испытаниям, указанным в [3.3](#) настоящего раздела с учетом применимых требований разд. 6 части III «Техническое наблюдение за изготовлением материалов» Правил ТНПС.

3.5 МЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА

3.5.1 Для всех грузовых емкостей и технологических сосудов под давлением, за исключением встроенных и мембранных емкостей, механические испытания сварных соединений в процессе производства должны, как правило, проводиться приблизительно на каждые 50 м стыковых сварных соединений для каждого применяемого пространственного положения шва.

Для вторичных барьеров должны быть проведены те же испытания, но их объем может быть уменьшен по согласованию с Регистром.

По усмотрению Регистра для грузовых емкостей или вторичных барьеров могут быть потребованы иные испытания, чем указаны в [3.5.2 — 3.5.5](#).

Проведение механических испытаний должно соответствовать требованиям [3.3.5](#).

3.5.2 Механические испытания сварных соединений в процессе производства для вкладных емкостей типов А и В и полумембранных емкостей должны быть выполнены в объеме испытания поперечных образцов на статический изгиб и испытания сварочных образцов на ударный изгиб, если это испытание требуется при одобрении технологических процессов сварки. Одна серия, состоящая из трех образцов, должна быть испытана на каждые 50 м сварных швов. Испытания на ударный изгиб должны проводиться на образцах с надрезом, расположенным либо по центру сварного шва, либо в зоне термического влияния (наиболее показательная серия выбирается с учетом результатов испытаний по одобрению технологических процессов сварки, где результаты испытаний имели более низкие значения). Для сварных соединений из аустенитной нержавеющей стали должны быть испытаны образцы на ударный изгиб с надрезами по центру шва.

3.5.3 Для вкладных емкостей типа С и технологических сосудов под давлением в дополнение к испытаниям, указанным в [3.5.2](#), должны быть также проведены испытания на растяжение поперечных плоскоразрывных образцов на статическое растяжение согласно требованиям [3.3.5.1](#).

3.5.4 Программа испытаний должна быть разработана предприятием изготовителем на основании положений [3.5.1 — 3.5.5](#) и одобрена Регистром.

3.5.5 Испытания сварных соединений в процессе производства для встроенных и мембранных емкостей должны выполняться в соответствии с [3.3](#).

3.6 НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА

3.6.1 Неразрушающий контроль и оценка качества сварных соединений должен производиться с учетом требований разд. 3 части XIV «Сварка» Правил РС/К и требований, изложенных ниже. Радиографический контроль (далее — РГК) сварных соединений является основным методом контроля для определения внутренних дефектов. Допускается в качестве альтернативы, проведение ультразвукового контроля (далее — УЗК) с учетом его возможностей проведения в зависимости от свариваемого материала и толщин сварных соединений и при условии проведения дублирующего РГК в объеме не менее 10 % от числа участков, проконтролированных УЗК. Дублирующий РГК проводится на участках, ранее проконтролированных УЗК. Результаты УЗК считаются положительными только при положительных результатах дублирующего РГК.

3.6.2 Для вкладных емкостей типа А и полумембранных емкостей, если расчетная температура равна или ниже -20 °С, и для вкладных емкостей типа В независимо от температуры все стыковые соединения с полным проваром листов обшивки грузовых емкостей по всей протяженности подлежат РГК. Проведение УЗК сварных соединений вместо РГК может быть назначено при соблюдении условий, указанных в [3.6.1](#).

Примечание. Под расчетной температурой подразумевается минимальная температура для выбора материала, при которой груз может приниматься на борт и/или перевозиться в грузовых емкостях.

3.6.3 При расчетной температуре выше -20 °С все пересечения стыковых сварных соединений с полным проваром и не менее 10 % остальных стыковых сварных соединений с полным проваром конструкций грузовых емкостей подлежат РГК или УЗК при соблюдении условий, указанных в [3.6.1](#).

3.6.4 Сварные соединения других конструкций грузовых емкостей, включая сварку ребер жесткости и другой арматуры и креплений, подлежат магнитопорошковому или капиллярному контролю по согласованию с Регистром в зависимости от того, какой метод применим. Не допускается применение магнитопорошкового контроля для конструкций из нержавеющей стали.

3.6.5 Вкладные емкости типа С и технологические сосуды под давлением в зависимости от одобренных Регистром стандартов качества изготовления конструкций должны быть подвергнуты полному или частичному неразрушающему контролю, объем которых должен быть не менее указанного в [3.6.5.1](#) и [3.6.5.2](#).

3.6.5.1 Полный объем неразрушающего контроля включает:

- .1 РГК всех стыковых соединений с полным проваром по всей их длине;
- .2 капиллярный или магнитопорошковый контроль (в зависимости от материала грузовой емкости) для обнаружения поверхностных трещин всех сварных соединений в объеме не менее 10 % их общей длины;
- .3 капиллярный или магнитопорошковый контроль сварных соединений подкрепляющих колец вокруг отверстий, горловин и т.п. по всей их длине.

Допускается, в качестве альтернативы, частичная замена РГК на УЗК при соблюдении условий, указанных в [3.6.1](#). Дополнительно Регистром может быть потребован УЗК сварных соединений подкрепляющих колец вокруг отверстий, горловин и т.п., по всей длине.

3.6.5.2 Частичный объем неразрушающего контроля включает:

- .1 РГК всех мест пересечений стыковых сварных соединений с полным проваром (стык – паз) и не менее 10 % общей длины стыковых сварных соединений в выбранных, равномерно распределенных местах;

.2 капиллярный или магнитопорошковый контроль (в зависимости от материала грузовой емкости) для обнаружения поверхностных трещин подкрепляющих колец вокруг отверстий, горловин и так далее по всей их длине;

.3 УЗК может быть дополнительно потребован Регистром в каждом конкретном случае.

3.6.6 Методики, инструкции (рабочие процедуры) на каждый метод неразрушающего контроля сварных соединений должны обеспечивать его надлежащее проведение в соответствии с принятом на предприятии руководством по качеству, признанным Регистром стандартам и разд. 3 части XIV «Сварка» Правил РС/К.

3.6.7 Неразрушающий контроль трубопроводов, расположенных внутри и снаружи грузовых емкостей, должен проводиться в следующем объеме:

.1 визуальный и измерительный контроль по всей длине;

РГК или УЗК (если применим) по всей длине в следующих случаях:

расчетная температура трубопровода ниже -10°C , или

для трубопроводов с внутренним диаметром более чем 75 мм или с толщиной стенок трубопроводов более 10 мм;

.2 в случае, если стыковые сварные соединения трубопроводов выполняются с применением автоматических или полностью механизированных процессов сварки, одобренных Регистром, и при этом фиксируется удовлетворительное качество сварных соединений, может быть согласовано снижение объема РГК или УЗК, однако во всех случаях этот объем не должен быть менее 10 % для каждого соединения. При обнаружении недопустимых дефектов объем контроля должен быть увеличен до 100 %, и при этом должны быть проконтролированы ранее принятые сварные соединения. Такое согласование может быть предоставлено только в случае регулярного предоставления результатов неразрушающего контроля, подтверждающих способность систематически выполнять сварочные работы с удовлетворительным качеством;

.3 для остальных стыковых соединений труб, на которые не распространяются положения [3.6.7.1](#) и [3.6.7.2](#), должен быть выполнен выборочный неразрушающий контроль сварных соединений согласно требованиям 3.3.4 части XIV «Сварка» Правил РС/К с учетом класса трубопровода и его материала. При этом, объем РГК или УЗК (если применим) стыковых соединений должен быть не менее 10 % их протяженности;

.4 участки трубопроводов газового топлива, которые не расположены в вентилируемых трубах или каналах, указанных в 11.2 части VI «Системы и трубопроводы», и находятся на открытых палубах за пределами грузовой зоны, должны иметь стыковые соединения с полным проваром и подлежат РГК или УЗК (если применим) по всей длине.

3.6.8 Сварные швы конструкций вторичного барьера после проведенного визуального контроля и измерений подлежат РГК или УЗК (если применим) для определения внутренних дефектов в объеме, согласованном с Регистром.

Если наружная обшивка корпуса является частью вторичного барьера, все стыковые сварные соединения ширстрека и пересечения всех стыковых сварных соединений и соединений бортовой обшивки подлежат РГК или УЗК при условии соблюдения условий, указанных в [3.6.1](#).

3.7 ТЕРМООБРАБОТКА ПОСЛЕ СВАРКИ

3.7.1 Для вкладных емкостей типа С, изготовленных из углеродистой или углеродисто-марганцевой стали, если расчетная температура ниже -10°C , должна

быть выполнена термообработка после сварки. Режимы термообработки (температура нагрева и время выдержки) должны отвечать согласованным с Регистром стандартам.

3.7.2 Для вкладных емкостей типа С и крупных сосудов под давлением для груза, изготовленных из углеродистой или углеродисто-марганцевой стали, для которых выполнение термообработки является затруднительным, в качестве альтернативы может быть осуществлено снятие механических напряжений опрессовкой при соблюдении следующих условий:

.1 приварные части конструкций сосудов под давлением сложной формы, такие как колодцы, либо куполы с горловинами (люками) до их приварки к листам обшивки сосуда под давлением большего размера должны проходить предварительную термообработку;

.2 процесс снятия механических напряжений должен преимущественно выполняться в ходе гидростатического испытания пробным давлением, измеряемым в верхней части емкости и составляющим не менее $1,5P_0$ (где P_0 — расчетное давление, МПа). Для создания давления должна применяться вода;

.3 температура воды при проведении гидростатического испытания должна быть как минимум на $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше критической температуры вязко-хрупкого перехода материала конструкции;

.4 снятие напряжений должно проводиться в положении емкости на его штатных опорах или поддерживающих конструкциях либо, если снятие напряжений не может быть осуществлено на судне, таким образом, чтобы действующие напряжения и распределение напряжений были такими же, как и в случае размещения емкости на его штатных опорах или на поддерживающих конструкциях;

.5 максимальное пробное давление должно поддерживаться в течение 2 ч из расчета на 25 мм толщины, однако в любом случае не менее 2 ч.

.6 верхние пределы уровней расчетных напряжений, которые используются для снятия напряжений должны быть следующими:

общее первичное мембранное эквивалентное напряжение, равное $0,9 R_e$;

эквивалентное (приведенное) напряжение определяется сложением первичного изгибного напряжения и мембранного напряжения, равное $1,35 R_e$, где R_e — физический предел текучести или условный предел текучести ($R_{p0,2}$), полученный при температуре испытаний стали, используемой для изготовления емкости;

.7 для подтверждения указанных выше пределов обычно требуются измерения деформаций, по меньшей мере для первой из серии последовательно изготавливаемых емкостей. Схема размещения тензометрических датчиков должна быть включена в процедуру снятия механических напряжений, которая должна быть представлена в соответствии с [3.7.2](#);

.8 процедура испытаний должна подтвердить, что в конце процесса снятия напряжений достигнута линейная зависимость деформаций от давления, для чего давление вновь поднимается до расчетного;

.9 после снятия механических напряжений зоны высоких напряжений в районах изменения геометрических характеристик, таких как горловины и иные отверстия, должны быть проконтролированы на предмет отсутствия трещин капиллярным или магнитопорошковым контролем. Особое внимание при этом должно быть уделено листам толщиной свыше 30 мм;

.10 стали, характеризующиеся отношением предела текучести к пределу прочности более чем 0,8, обычно не должны подвергаться снятию механических напряжений. Однако если предел текучести достигается посредством метода, обеспечивающего высокую пластичность стали, могут быть приняты незначительно большие величины в каждом конкретном случае;

.11 снятие механических напряжений не может быть заменено термообработкой частей емкостей, изготовленных способом холодного деформирования (гибкой или штамповкой) в тех случаях, когда такая термообработка требуется при применении такого способа изготовления;

.12 толщина обшивки (стенок и днищ) емкостей не должна превышать 40 мм. Толщины выше 40 мм могут быть допущены для изготовления частей конструкций со снятыми внутренними напряжениями с помощью термообработки;

.13 необходимо принятие мер защиты конструкций от локальной потери устойчивости, особенно в случае куполов и днищ емкостей торосферической формы;

.14 процедура (инструкция) снятия механических напряжений должна отвечать согласованному с Регистром стандарту.

3.7.3 Термообработка после сварки трубопроводов из углеродистых, углеродисто-марганцевых или низколегированных сталей, расположенных внутри и снаружи грузовых емкостей, должна быть выполнена для всех стыковых соединений труб. По согласованию с Регистром термическое снятие напряжений может не производиться для трубопроводов, имеющих толщину стенки менее 10 мм, в зависимости от расчетных температур и давления в системе трубопроводов.

Российский морской регистр судоходства

**Правила классификации и постройки судов
для перевозки сжиженных газов наливом**

Часть IX

Материалы и сварка

ФАУ «Российский морской регистр судоходства»
191186, г. Санкт-Петербург, ул. Миллионная, д. 7, литера А
www.rs-class.org/ru/