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

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ ISO 3183—2015

ТРУБЫ СТАЛЬНЫЕ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Общие технические условия

ISO 3183:2012
Petroleum and natural gas industries —
Steel pipes for pipeline transportation systems
(IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2015

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0—92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2009 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 357 «Стальные и чугунные трубы и баллоны» и Открытым акционерным обществом «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности» (ОАО «РосНИТИ») на основе аутентичного перевода на русский язык указанного в пункте 5 стандарта, который выполнен ООО «Специализированная переводческая фирма «Интерсервис»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 357 «Стальные и чугунные трубы и баллоны»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 18 июня 2015 г. № 47)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004— 97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт
Украина	UA	Минэкономразвития Украины

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 сентября 2015 г. № 1393-ст межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 3183—2015 введен в действие с 1 июня 2016 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 3183:2012 Petroleum and natural gas industries — Steel pipes for pipeline transportation systems (Нефтяная и газовая промышленность. Трубы стальные для трубопроводных транспортных систем).

Международный стандарт разработан техническим комитетом по стандартизации ISO/TC 67 «Материалы, оборудование и морские конструкции для нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности», подкомитет SC 2 «Трубопроводные транспортные системы» Международной организации по стандартизации (ISO).

Перевод с английского языка (en).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования международного стандарта в связи с особенностями построения межгосударственной системы стандартизации.

Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам приведены в дополнительном приложении ДА.

Степень соответствия – идентичная (IDT)

6 ВЗАМЕН ГОСТ ISO 3183—2012

7 Часть содержания данного стандарта может быть объектом патентных прав

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агенства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2015

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

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Соответствие . . . 1
2.1 Единицы измерения . . . 1
2.2 Округление . . . 1
2.3 Соответствие настоящему стандарту . . . 1
3 Нормативные ссылки . . . 2
4 Термины и определения . . . 6
5 Обозначения и сокращения . . . 10
5.1 Обозначения . . . 10
5.2 Сокращения . . . 11
6 Группы прочности и состояние поставки . . . 11
6.1 Группы прочности . . . 11
6.2 Состояние поставки . . . 13
7 Информация, которая должна быть предоставлена заказчиком . . . 13
7.1 Обязательная информация . . . 13
7.2 Дополнительная информация . . . 14
8 Производство . . . 16
8.1 Способ производства . . . 16
8.2 Процессы, требующие валидации . . . 18
8.3 Исходная заготовка . . . 18
8.4 Технологические сварные швы . . . 19
8.5 Сварные швы на трубах COW . . . 20
8.6 Сварные швы на трубах SAW . . . 20
8.7 Сварные швы на трубах с двумя швами . . . 20
8.8 Термообработка сварных швов труб EW и LW . . . 20
8.9 Холодная деформация и холодное экспандирование . . . 20
8.10 Стыковые сварные швы концов рулонного или листового проката . . . 20
8.11 Стыкованные трубы . . . 21
8.12 Термообработка . . . 21
8.13 Прослеживаемость . . . 21
9 Критерии приемки . . . 21
9.1 Общие положения . . . 21
9.2 Химический состав . . . 21
9.3 Механические свойства при растяжении . . . 25
9.4 Гидростатическое испытание . . . 27
9.5 Испытание на загиб . . . 28
9.6 Испытание на сплющивание . . . 28
9.7 Испытание на направленный загиб . . . 28
9.8 Испытания на ударный изгиб образцов с V-образным надрезом (CVN) труб уровня PSL-2 . . . 28
9.9 Испытание падающим грузом (DWT) для сварных труб уровня PSL-2 . . . 30
9.10 Состояние поверхности, несовершенства и дефекты . . . 30
9.11 Размеры, масса и отклонения . . . 31

9.12 Отделка концов труб . . . 35
9.13 Предельные отклонения для сварных швов . . . 36
10 Контроль . . . 39
10.1 Виды контроля и приемочные документы . . . 39
10.2 Приемочный контроль . . . 41
11 Маркировка . . . 64
11.1 Общие положения . . . 64
11.2 Маркировка труб . . . 65
11.3 Маркировка муфт . . . 66
11.4 Маркировка труб несколькими группами прочности . . . 67
11.5 Маркировка нарезной трубы и подтверждение соответствия резьбы . . . 67
11.6 Маркировка труб обработчиком . . . 67
12 Покрытия и резьбовые предохранители . . . 67
12.1 Наружные и внутренние покрытия . . . 67
12.2 Резьбовые предохранители . . . 67
13 Сохранение записей . . . 68
14 Погрузка труб . . . 68
Приложение А (обязательное) Требования к стыкованным трубам . . . 69
Приложение В (обязательное) Аттестация технологии производства труб уровня PSL-2 . . . 70
Приложение С (обязательное) Обработка поверхностных несовершенств и дефектов . . . 73
Приложение D (обязательное) Технология ремонтной сварки . . . 75
Приложение Е (обязательное) Неразрушающий контроль труб, не предназначенных для эксплуатации в кислых средах и морских условиях . . . 79
Приложение F (обязательное) Требования к муфтам (только уровня PSL-1) . . . 89
Приложение G (обязательное) Трубы уровня PSL-2, стойкие к распространению вязкого разрушения . . . 91
Приложение Н (обязательное) Трубы уровня PSL-2, предназначенные для эксплуатации в кислых средах . . . 96
Приложение I (обязательное) Трубы, предназначенные для напорных трубопроводов (TFL) . . . 106
Приложение J (обязательное) Трубы уровня PSL-2, предназначенные для эксплуатации в морских условиях . . . 108
Приложение К (обязательное) Неразрушающий контроль труб, предназначенных для эксплуатации в кислых средах и/или в морских условиях . . . 120
Приложение L (справочное) Обозначение сталей . . . 124
Приложение М (обязательное) Трубы уровня PSL-2, заказываемые для европейских сухопутных магистральных газопроводов . . . 126
Приложение N (справочное) . . . 139
Приложение О (справочное) . . . 140
Приложение Р (справочное) Формулы расчета показателей для труб с резьбой и с муфтами и испытаний на направленный загиб и ударный изгиб образцов с V-образным надрезом (CVN) . . . 141
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам . . . 147
Библиография . . . 148

Введение

Настоящий стандарт является идентичным по отношению к международному стандарту ISO 3183: 2012, который был разработан с целью гармонизации требований следующих стандартов:

- API Spec 5L:2007;
- ISO 3183:2007.

При подготовке ISO 3183:2012 технический комитет ИСО ТК 67 принял за основу принцип разделения основных технических требований к трубам для трубопроводов по двум уровням: PSL-1 и PSL-2. PSL-1 устанавливает базовый уровень качества труб для трубопроводов. PSL-2 устанавливает более высокий уровень качества за счет дополнительных требований к химическому составу, ударной вязкости, прочностным свойствам и неразрушающему контролю. Требования, которые применимы только для уровня PSL-1 или только для уровня PSL-2, имеют в тексте соответствующее обозначение. Требования, не имеющие обозначения конкретного уровня, применимы и к уровню PSL-1, и к уровню PSL-2.

Для специальных областей применения в нефтяной и газовой промышленности ISO 3183:2007 были предусмотрены следующие дополнительные требования:

- трубы уровня PSL-2 могут быть заказаны с изготовлением по аттестованной технологии производства (приложение B), требования к которой были расширены включением подробных сведений о контроле ответственных процессов при производстве рулонного или листового проката, изготовлении труб, испытаниях и контроле продукции;
- трубы уровня PSL-2 для газопроводов могут быть заказаны со стойкостью к распространению вязкого разрушения (приложение G);
- трубы уровня PSL-2 могут быть заказаны со свойствами для эксплуатации в кислых средах (приложение H);
- трубы могут быть заказаны как трубы для напорных трубопроводов (TFL) (приложение I);
- трубы уровня PSL-2 могут быть заказаны со свойствами для эксплуатации в морских условиях (приложение J).

К настоящему стандарту добавлены два новых приложения:

- трубы уровня PSL-2, заказываемые для европейских сухопутных магистральных газопроводов (приложение M);
- формулы расчета показателей для труб с резьбой и с муфтами и испытаний на направленный загиб и ударный изгиб образцов с V-образным надрезом (CVN) (приложение P).

Если эти приложения указаны в заказе на поставку, применение этих требований становится обязательным.

Если трубы заказывают для двух или более областей применения, могут быть указаны требования двух и более специальных приложений. Если в таких случаях технические требования различных приложений не соответствуют друг другу, то для предполагаемых условий эксплуатации должны быть применимы более строгие требования.

В ISO 3183:2012 были приняты две эквивалентные системы обозначений сталей для трубопроводных труб:

- традиционная американская система обозначений групп прочности (обозначения A, B, A25 и обозначения, начинающиеся с буквы X);
- европейская система обозначений марок сталей, установленная в EN 10027-1:2005 (обозначения, начинающиеся с буквы L).

В части некоторых требований и применяемых методов испытаний в ISO 3183:2012 одновременно приведены ссылки на международные стандарты и на региональные или национальные стандарты других стран, взаимозаменяемые по своим требованиям.

В тексте настоящего стандарта по сравнению с ISO 3183:2012 изменены отдельные фразы, заменены некоторые термины и обозначения на их синонимы и эквиваленты с целью соблюдения норм русского языка и в соответствии с принятой национальной терминологией и системой обозначений. В том числе, в соответствии с традиционной национальной системой обозначения сталей для трубопроводных труб, термин «марка стали (steel grade)» заменен термином «группа прочности (pipe grade)». Уточнены виды исходной заготовки, применяемой для изготовления бесшовных труб. В связи с этим исключены слова «слиток» и «блюм», обозначающие изделия, непосредственно не являющиеся исходной заготовкой для труб. Исключены значения единиц величин в американской системе единиц (USC) для приведения в соответствие с ГОСТ 8.417. Проведена замена некоторых обозначений в соответствии с обозначениями, принятыми в национальной стандартизации. Исключены пояснения,

связанные с применением обозначений, принятых в американских стандартах, противоречащих обозначениям, принятым в международных стандартах.

Настоящий стандарт дополнен справочным приложением ДА, содержащим сведения о соответствии государственных стандартов ссылочным международным стандартам.

Настоящий стандарт, как и международный стандарт ISO 3183:2012, не содержит рекомендаций по применению указанных выше дополнительных требований. Необходимость выполнения каких-либо требований при исполнении конкретного заказа на поставку устанавливает заказчик на основании предполагаемого назначения продукции и требований по проектированию.

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

ТРУБЫ СТАЛЬНЫЕ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Общие технические условия

Steel pipes for pipelines of petroleum and natural gas industries. General specifications

Дата введения — 2016—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к бесшовным и сварным стальным трубам по двум уровням требований к продукции (PSL-1 и PSL-2), предназначенным для трубопроводов нефтяной и газовой промышленности.

Настоящий стандарт не распространяется на литые трубы.

2 Соответствие

2.1 Единицы измерения

В настоящем стандарте применены единицы международной системы СИ.

В написании значений показателей в качестве десятичного знака применима запятая, для отделения разряда тысяч — пробел.

2.2 Округление

Если для конкретного значения не указано иное, то в соответствии с ISO 80000-1 (приложение B, правило A) для определения соответствия установленным требованиям измеренные или рассчитанные значения, применяемые для выражения предельного значения, должны быть округлены до последнего значимого разряда.

Примечание — Для настоящего стандарта метод округления по стандарту [1] считается эквивалентным методу ISO 80000-1 (приложение B, правило A).

2.3 Соответствие настоящему стандарту

Для обеспечения соответствия требованиям настоящего стандарта должна быть применена система менеджмента качества.

Примечание — Сертификация системы менеджмента качества не требуется. Для соответствия требованиям настоящего стандарта необходимо создать и принять систему качества. Выбор системы качества, наиболее полно отражающий нужды компании, должен быть представлен менеджменту этой компании. Существует множество систем менеджмента качества, к которым можно обратиться как к справочному руководству при разработке необходимой системы качества, включая [2] и [3], которые содержат положения, специфичные для нефтегазовой промышленности, или же [4], где содержатся общие требования к системе менеджмента качества, подвергаемой аудиту. Этот список стандартов не является исчерпывающим, а представлен только для справки.

Издание официальное

Изготовитель должен обеспечивать соответствие продукции требованиям настоящего стандарта. Заказчик имеет право проверить выполнение изготовителем установленных требований и забраковать любое изделие, не соответствующее этим требованиям.

3 Нормативные ссылки

Для применения настоящего стандарта необходимы следующие ссылочные документы. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного документа, для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного документа (включая все его изменения):

ISO 148-1 Metallic materials — Charpy pendulum impact test — Part 1: Test method (Материалы металлические. Испытание на удар по Шарпи на маятниковом копре. Часть 1. Метод испытания)

ISO 404 Steel and steel products — General technical delivery requirements (Сталь и стальные заготовки. Общие технические условия поставки)

ISO 2566-1 Steel — Conversion of elongation values — Part 1: Carbon and low alloy steels (Сталь. Таблицы перевода величин относительного удлинения. Часть 1. Сталь углеродистая и низколегированная)

ISO 4885 Ferrous products — Heat treatments — Vocabulary (Черные металлы. Термическая обработка. Словарь)

ISO 5173 Destructive tests on welds in metallic materials — Bend tests (Разрушающие испытания на сварных швах в металлических материалах. Испытания на загиб)

ISO 6506 (все части) Metallic materials — Brinell hardness test (Материалы металлические. Определение твердости по Бринеллю)

ISO 6507 (все части) Metallic materials — Vickers hardness test (Материалы металлические. Определение твердости по Виккерсу)

ISO 6508 (все части) Metallic materials — Rockwell hardness test (Материалы металлические. Определение твердости по Роквеллу)

ISO 6892-1 Metallic materials — Tensile testing — Part 1: Method of test at room temperature (Материалы металлические. Испытания на растяжение. Часть 1. Метод испытания при комнатной температуре)

ISO 6929 Steel products — Vocabulary (Продукты из стали. Определение и классификация)

ISO 7438 Metallic materials — Bend test (Материалы металлические. Испытание на загиб)

ISO 7539-2 Corrosion of metals and alloys — Stress corrosion testing — Part 2: Preparation and use of bentbeam specimens (Коррозия металлов и сплавов. Испытание на коррозию под напряжением. Часть 2. Приготовление и использование коромыслообразных образцов)

ISO 8491 Metallic materials — Tube (in full section) — Bend test (Материалы металлические. Трубы (отрезки). Испытание на изгиб)

ISO 8492 Metallic materials — Tube — Flattening test (Материалы металлические. Трубы. Испытание на сплющивание)

ISO 8501-1:2007 Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Visual assessment of surface cleanliness — Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings (Подготовка стальной поверхности перед нанесением красок и относящихся к ним продуктов. Визуальная оценка чистоты поверхности. Часть 1. Степени ржавости и степени подготовки непокрытой стальной поверхности и стальной поверхности после полного удаления прежних покрытий)

ISO 9712 Non-destructive testing — Qualification and certification of NDT personnel (Неразрушающий контроль. Квалификация и аттестация персонала)

ISO/TR 9769 Steel and iron — Review of available methods of analysis (Сталь и чугун. Обзор существующих методов анализа)

ISO 10474:1991 Steel and steel products — Inspection documents (Сталь и стальные изделия. Документы о контроле)

ISO 10893-2:2011 Non-destructive testing of steel tubes — Part 2: Automated eddy current testing of seamless and welded (except submerged arc-welded) steel tubes for the detection of imperfections (Неразрушающий контроль стальных труб. Часть 2. Автоматический метод вихретокового контроля стальных бесшовных и сварных труб (кроме труб, полученных дуговой сваркой под флюсом) для обнаружения дефектов)

ISO 10893-3:2011 Non-destructive testing of steel tubes — Part 3: Automated full peripheral flux leakage testing of seamless and welded (except submerged arc-welded) ferromagnetic steel tubes for the detection

of longitudinal and/or transverse imperfections (Неразрушающий контроль стальных труб. Часть 3. Автоматический контроль методом рассеяния магнитного потока по всей окружности бесшовных и сварных труб из ферромагнитной стали (кроме труб, полученных дуговой сваркой под флюсом) для обнаружения продольных и/или поперечных дефектов)

ISO 10893-4 Non-destructive testing of steel tubes — Part 4: Liquid penetrant inspection of seamless and welded steel tubes for the detection of surface imperfections (Неразрушающий контроль стальных труб. Часть 4. Контроль методом проникающих жидкостей стальных бесшовных и сварных труб для обнаружения поверхностных дефектов)

ISO 10893-5 Non-destructive testing of steel tubes. — Part 5: Magnetic particle inspection of seamless and welded ferromagnetic steel tubes for the detection of surface imperfections (Неразрушающий контроль стальных труб. Часть 5. Метод магнитопорошкового контроля бесшовных и сварных труб из ферромагнитной стали для обнаружения поверхностных дефектов)

ISO 10893-6 Non-destructive testing of steel tubes — Part 6: Radiographic testing of the weld seam of welded steel tubes for the detection of imperfections (Неразрушающий контроль стальных труб. Часть 6. Радиографический контроль шва сварных стальных труб для обнаружения дефектов)

ISO 10893-7:2011 Non-destructive testing of steel tubes — Part 7: Digital radiographic testing of the weld seam of welded steel tubes for the detection of imperfections (Неразрушающий контроль стальных труб. Часть 7. Цифровой радиографический контроль шва сварных стальных труб для обнаружения дефектов)

ISO 10893-8:2011 Non-destructive testing of steel tubes — Part 8: Automated ultrasonic testing of seamless and welded steel tubes for the detection of laminar imperfections (Неразрушающий контроль стальных труб. Часть 8. Автоматический ультразвуковой контроль бесшовных и сварных стальных труб для обнаружения дефектов расслоения)

ISO 10893-9:2011 Non-destructive testing of steel tubes — Part 9: Automated ultrasonic testing for the detection of laminar imperfections in strip/plate used for the manufacture of welded steel tubes (Неразрушающий контроль стальных труб. Часть 9. Автоматический ультразвуковой контроль для обнаружения дефектов расслоения в полосовом/листовом металле, используемом для изготовления сварных стальных труб)

ISO 10893-10:2011 Non-destructive testing of steel tubes — Part 10: Automated full peripheral ultrasonic testing of seamless and welded (except submerged arc-welded) steel tubes for the detection of longitudinal and/or transverse imperfections (Неразрушающий контроль стальных труб. Часть 10. Автоматический ультразвуковой контроль по всей окружности бесшовных и сварных стальных труб (кроме труб, полученных дуговой сваркой под флюсом) для обнаружения продольных и/или поперечных дефектов)

ISO 10893-11:2011 Non-destructive testing of steel tubes — Part 11: Automated ultrasonic testing of the weld seam of welded steel tubes for the detection of longitudinal and/or transverse imperfections (Неразрушающий контроль стальных труб. Часть 11. Автоматический ультразвуковой контроль шва сварных стальных труб для обнаружения продольных и/или поперечных дефектов)

ISO 10893-12 Non-destructive testing of steel tubes — Part 12: Automated full peripheral ultrasonic thickness testing of seamless and welded (except submerged arc-welded) steel tubes (Неразрушающий контроль стальных труб. Часть 12. Автоматический ультразвуковой контроль толщины по всей окружности бесшовных и сварных стальных труб (кроме труб, полученных дуговой сваркой под флюсом)

ISO 11484 Steel products — Employer's qualification system for nondestructive testing (NDT) personnel (Изделия стальные. Система квалификации работодателя для персонала по неразрушающему контролю)

ISO 11699-1:2008 Non-destructive testing — Industrial radiographic film — Part 1: Classification of film systems for industrial radiography (Контроль неразрушающий. Рентгенографические пленки для промышленной радиографии. Часть 1. Классификация пленочных систем для промышленной радиографии)

ISO 12135 Metallic materials — Unified method of test for the determination of quasistatic fracture toughness (Материалы металлические. Унифицированный метод испытания на определение вязкости разрушения под действием квазистатической нагрузки)

ISO 13678 Petroleum and natural gas industries — Evaluation and testing of thread compounds for use with casing, tubing, line pipe and drill stem elements (Промышленность нефтяная и газовая. Оценка и испытания многопокомпонентных смазок для резьбы на обсадных, насосно-компрессорных трубах и трубопроводах и элементах бурильных колонн)

ISO 14284 Steel and iron — Sampling and preparation of samples for the determination of chemical composition (Сталь и чугун. Отбор и приготовление образцов для определения химического состава)

ISO 19232-1:2004 Non-destructive testing — Image quality of radiographs — Part 1: Image quality indicators (wire type) — Determination of image quality value (Контроль неразрушающий. Качество изображения на рентгеновских снимках. Часть 1. Показатели качества изображения (проволочный тип). Определение значения качества изображения)

ISO 80000-1:2009 Quantities and units — Part 1: General (Величины и единицы. Часть 1. Общие положения)

API Spec 5B[1] Specification for threading, gauging, and thread inspection of casing, tubing, and line pipe threads (US customary units) (Требования к нарезанию, калиброванию и контролю резьб обсадных, насосно-компрессорных и трубопроводных труб (в американских единицах)

API RP 5A 3 Recommended practice on thread compounds for casing, tubing, and line pipe (Рекомендуемая практика по резьбовым многокомпонентным смазкам для обсадных, насосно-компрессорных и трубопроводных труб)

API RP 5L 3 Recommended practice for conducting drop-weight tear tests on line pipe (Рекомендуемая практика проведения испытаний на отрыв падающим грузом для трубопроводных труб)

API Std 5T 1 Standard on imperfection terminology / Note: tenth edition; formerly bull 5T 1; addendum 1: 9/2003 (Терминология по несовершенствам. Стандарт)

ASNT SNT-TC-1A[2] Recommended practice No. SNT-TC-1A — Non-destructive testing (Рекомендуемая практика № SNT-TC-1A. Неразрушающий контроль)

ASTM A 370[3] Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products (Стандартные методы испытаний и определения для механических испытаний стальных изделий)

ASTM A 435 Standard specification for straight-beam ultrasonic examination of steel plates (Стандартные требования к ультразвуковому контролю толстолистовой стали прямым излучением)

ASTM A 578/ A578M Specification for Straight-Beam Ultrasonic Examination of Plain and Clad Steel Plates for Special Applications (Стандартные требования к ультразвуковому контролю прямым излучением толстолистовой стали специального назначения без покрытия и с плакировкой)

ASTM A 751 Standard test methods, practices, and terminology for chemical analysis of steel products (Стандартные методы испытаний, практика и терминология для химического анализа стальных изделий)

ASTM A 941 Terminology relating to steel, stainless steel, related alloys, and ferroalloys (Терминология по сталям, нержавеющим сталям, родственным сплавам и ферросплавам)

ASTM A 956 Standard test method for leeb hardness testing of steel products (Стандартные методы контроля твердости стальных изделий по Либу)

ASTM A 1038 Standard practice for portable hardness testing by the ultrasonic contact impedance method (Стандартная практика контроля твердости переносными твердомерами методом ультразвукового контактного импеданса)

ASTM E 18 Standard test methods for rockwell hardness and rockwell superficial hardness of metallic materials (Стандартные методы контроля твердости по Роквеллу и поверхностной твердости по Роквеллу металлических материалов)

ASTM E 94 Standard guide for radiographic examination (Стандартное руководство по радиографическому контролю)

ASTM E 110 Standard test method for indentation hardness of metallic materials by portable hardness testers (Стандартный метод контроля твердости металлических материалов вдавливанием с применением переносных твердомеров)

ASTM E 114 Standard practice for ultrasonic pulse-echo straight-beam examination by the contact method (Стандартная практика применения контактного метода ультразвукового контроля с использованием прямолинейного эхо-импульсного ультразвукового излучения)

ASTM E 164 Standard practice for contact ultrasonic testing of weldments (Контактный ультразвуковой контроль сварных соединений. Стандартная методика)

---

[1] Американский нефтяной институт, 1220 L Street, N.W., Washington, DC 20005, USA.

[2] Американское общество специалистов по неразрушающим испытаниям, 1711 Arlingate Lane, Columbus, Ohio 43228-0518, USA.

[3] Американское общество по испытаниям и материалам — ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, Pennsylvania 19428-2959, USA

ASTM E 165 Standard test method for liquid penetrant examination (Стандартный метод контроля для исследования проникающей жидкостью)

ASTM E 213 Standard practice for ultrasonic examination of metal pipe and tubing (Стандартная практика ультразвукового исследования металлических труб и трубных изделий)

ASTM E 273 Standard practice for ultrasonic examination of the weld zone of welded pipe and tubing (Стандартная практика ультразвукового исследования зоны сварного соединения трубопроводных и насосно-компрессорных сварных труб)

ASTM E 309 Standard practice for eddy-current examination of steel tubular products using magnetic saturation (Стандартная практика вихретокового контроля стальных трубных изделий с применением эффекта магнитного насыщения)

ASTM E 384 Standard method for Knoop and Vickers hardness of materials (Стандартный метод определения твердости материалов по Кнупу и Виккерсу)

ASTM E 570 Standard practice for flux leakage examination of ferromagnetic steel tubular products (Стандартная практика контроля ферромагнитных стальных трубных изделий методом рассеяния магнитного потока)

ASTM E 587 Standard practice for ultrasonic angle-beam contact testing (Контактный ультразвуковой контроль наклонным лучом. Стандартная методика)

ASTM E 709 Standard guide for magnetic particle examination (Стандартное руководство по проведению магнитопорошковых испытаний)

ASTM E 747 Standard practice for design, manufacture and material grouping classification of wire image quality indicators (IQI) used for radiology (Стандартная практика проектирования, изготовления и классификации проволочных индикаторов качества для радиологического контроля)

ASTM E 1290 Standard test method for crack-tip opening displacement (CTOD) fracture toughness measurement (Стандартный метод определения вязкости разрушения в вершине раскрытия трещины (CTOD))

ASTM E 1806 Standard practice for sampling steel and iron for determination of chemical composition (Стандартная практика отбора проб стали и чугуна для определения химического состава)

ASTM E 1815-08 Standard test method for classification of film systems for industrial radiography (Стандартный метод испытания для классификации пленок для промышленной рентгенографии)

ASTM E 2033 Standard practice for computed radiology (photostimulable luminescence method (Компьютерная радиография (фотоиндукционный люминесцентный метод). Стандартная методика)

ASTM E 2698 Standard practice for radiological examination using digital detector arrays (Радиографический контроль с использованием цифровой детекторной решетки)

ASTM G 39 Standard practice for preparation and use of bent-beam stress-corrosion test specimens (Стандартная практика подготовки и применения образцов в форме изогнутой балки для испытания на коррозию под напряжением)

BS 7448-1 Fracture mechanics toughness tests. Method for determination of K_{Ic}, critical CTOD and critical J values of metallic materials (Испытания на вязкость разрушения. Часть 1. Метод определения K_{Ic}, критических значений CTOD и критических значений J металлических материалов)

EN 10168[1)] Steel products — Inspection documents — List of information and description (Продукция из стали. Акты приемочного контроля. Перечень информации и описание)

EN 10204:2004 Metallic products — Types of inspection documents (Изделия металлические. Типы актов приемочных документов)

NACE TM 0177:2005[2)] Laboratory testing of metals for resistance to sulfide stress cracking and stress corrosion cracking in H_2S environments (Лабораторные испытания стойкости металлов к сульфидному растрескиванию под напряжением и коррозионному растрескиванию под напряжением в H_2S-содержащих средах)

NACE TM 0284:2011 Standard test method — Evaluation of pipeline and pressure vessel steels for resistance to hydrogen-induced cracking (Стандартный метод испытаний. Оценка стойкости к водородному растрескиванию сталей для трубопроводов и сосудов под давлением)

---

1) CEN, Европейский комитет по стандартизации, Менеджмент-центр, Avenue Marnix 17, B-1000, Brussels, Belgium.

2) Национальная ассоциация специалистов по коррозии — NACE International, P.O. Box 201009, Houston, Texas, 77216-1009, USA.

4 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по:

- ISO 6929 или ASTM A 941 для стальных изделий;
- ISO 4885 или ASTM A 941 для термообработки;
- API Std 5T1 для терминологии несовершенств;
- ISO 404, ISO 10474 или ASTM A 370 (по применимости) для отбора проб, контроля и документов о приемочном контроле, а также следующие термины с соответствующими определениями:

4.1 **анализ изделия** (product analysis): Химический анализ металла труб, рулонного или листового проката.

4.2 **бесшовная труба, SMLS** (seamless pipe, SMLS): Труба без сварного шва, полученная деформацией в горячем состоянии, после которой может быть проведена холодная деформация или отделка в холодном состоянии для получения заданной формы, размеров и свойств.

4.3 **внепечная доводка стали** (ladle refining): Вторичный процесс после выплавки стали до ее разливки с целью улучшения ее качества, примерами чего могут служить дегазация, десульфурация и различные способы удаления неметаллических включений и контроля формы включений.

4.4 **в состоянии после прокатки** (as-rolled): Состояние поставки без применения какого-либо специального вида прокатки и/или термообработки.

4.5 **группа прочности трубы** (pipe grade): Обозначение уровня прочности трубы.

Примечание — Химический состав или состояние термообработки труб одной группы прочности могут быть различными.

4.6 **дефект** (defect): Несовершенство и/или плотность залегающих несовершенств, не соответствующих критериям приемки, установленным настоящим стандартом.

4.7 **дочерний листовой прокат** (daughter plate): Часть стали, отделенная от материнского листового проката путем продольного роспуска, поперечной резки или резки ножницами, которая может использоваться для получения одной или нескольких труб.

4.8 **дочерний рулонный прокат** (daughter coil): Часть стали, отделенная от материнского рулонного проката путем продольного роспуска, поперечной резки или резки ножницами, которая может использоваться для получения одной или нескольких труб.

4.9 **дуговая сварка металлическим покрытым электродом, SMAW** (shielded metal arc welding, SMAW): Способ сварки, при котором соединение кромок металла происходит за счет нагрева дугой между покрытым металлическим электродом и свариваемым изделием, а защитная среда создается при разложении покрытия электрода.

Примечание — Давление не применяют, а присадочный металл поступает из электрода.

4.10 **дуговая сварка металлическим электродом в среде защитного газа** (gas metal-arc welding): Способ сварки, при котором плавление и соединение кромок металла происходит за счет нагрева электрической дугой или дугами между расходуемым стержнем электрода и основным металлом в среде подаваемого извне газа или газовой смеси, защищающей дугу и расплавленный металл.

Примечание — Давление не применяют, а присадочный металл поступает из электрода.

4.11 **дуговая сварка под флюсом, SAW** (submerged-arc welding, SAW): Способ сварки, при котором плавление и соединение кромок металла происходит за счет нагрева электрической дугой или дугами между расходуемым металлическим электродом или электродами и основным металлом, при котором дугу и расплавленный металл защищают слоем гранулообразного флюса.

Примечание — Давление не применяют, а часть присадочного металла или весь присадочный металл поступает из электродов.

4.12 **дуговая сварка с порошковым электродом** (flux core arc welding): Процесс сварки, при котором соединение металлов получают путем их нагрева дугой, горящей между непрерывно подаваемым электродом из присадочного металла и свариваемым изделием, а защитная среда обеспечивается флюсом, содержащимся в порошковом трубчатом электроде.

Примечание — В некоторых случаях создается дополнительное экранирование от газа или газовой смеси, подаваемых извне.

4.13 **если согласовано** (if agreed): Требование, которое должно быть выполнено так, как указано, или более строго, если это согласовано между изготовителем и заказчиком и указано в заказе на поставку.

Примечание — Например, требования, указанные в 7.2, перечисление c).

4.14 **если не согласовано иное** (unless otherwise agreed): Требование, которое должно быть выполнено так, как указано, если только между изготовителем и заказчиком не согласовано и не указано в заказе на поставку иное требование.

Примечание — Например, требования, указанные в 7.2, перечисление b).

4.15 **заказчик** (purchaser): Сторона, несущая ответственность за определение требований при заказе на изделие и за оплату заказа.

4.16 **закалка и отпуск** (quenching and tempering): Термообработка, включающая закалочное упрочнение с последующим отпуском.

4.17 **изготовитель** (manufacturer): Фирма, компания или корпорация, отвечающая за изготовление и маркировку продукции в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

Примечания

1 Изготовителем может быть трубный завод, обрабатывающее предприятие, изготовитель муфт или предприятие, нарезающее резьбу.

2 Определение термина приведено в соответствии со стандартом [5].

4.18 **калибровка прибора** (instrument standardization): Настройка прибора для неразрушающего контроля по арбитражному эталонному значению.

4.19 **контроль** (inspection): Процессы измерения, исследования, калибрования, взвешивания и испытания одной или нескольких характеристик изделия и сравнение полученных результатов с установленными требованиями для определения соответствия.

Примечание — Контроль проводят в соответствии с ISO 404.

4.20 **контролируемая партия** (test unit): Заданное количество труб одного заданного наружного диаметра и толщины стенки, изготовленных по одной технологии, из одной плавки, в одних условиях производства.

4.21 **лазерная сварка**, **LW** (laser welding, LW): Способ получения шва при применении сварки лазерным лучом, который плавит и соединяет свариваемые кромки, с предварительным нагревом или без предварительного нагрева кромок, с защитой зоны сварки подаваемым извне газом или газовой смесью.

4.22 **материнский листовой прокат** (mother plate): Горячекатаная листовая сталь, выработанная из одного нагретого сляба, которая может использоваться для производства одной или нескольких труб.

4.23 **материнский рулонный прокат** (mother coil): Горячекатаная рулонная сталь, выработанная из одного нагретого сляба, которая может использоваться для производства одной или нескольких труб.

4.24 **непрерывная сварка, CW** (continuous welding): Способ получения шва при применении печного нагрева полосы и механического сжатия подготовленных кромок, при котором последующие участки полосы соединяются таким бразом, чтобы обеспечить непрерывную подачу полосы в оборудование для сварки.

4.25 **неразрушающий контроль, NDT** (non-destructive inspection, NDT): Контроль труб для выявления несовершенств с использованием рентгенографического, ультразвукового или иного метода, указанного в настоящем стандарте, не приводящего к изменению, напряжению или разрушению материалов.

4.26 **несовершенство** (imperfection): Несплошность или неоднородность в стенке изделия или на его поверхности, выявляемая методами контроля, указанными в настоящем стандарте.

4.27 **обработчик** (processor): Фирма, компания или корпорация, эксплуатирующая оборудование, предназначенное для термообработки труб, изготовленных трубным заводом.

Примечание — Определение термина приведено в соответствии со стандартом [6].

4.28 **образец** (test piece): Часть пробы с заданными размерами, механически обработанная или необработанная, приведенная в требуемое состояние для испытания.

4.29 **обязательные элементы** (normative elements): Элементы, которые описывают область применения документа, и которые устанавливают положения, являющиеся обязательными для реализации стандарта.

Примечание — Директивы ISO/IEC, часть 2.

4.30 **окончательная холодная обработка** (cold finishing): Операция холодной обработки (обычно холодная деформация) с остаточной деформацией более 1,5 %.

Примечание — Окончательная холодная обработка отличается от холодного экспандирования и калибрования в холодном состоянии по величине остаточной деформации.

4.31 **плавка** (heat): Металл, произведенный в одном цикле процесса периодической плавки.

4.32 **подрез** (undercut): Канавка, проплавленная в основном металле у кромки лицевой поверхности сварного шва и незаполненная наплавленным металлом.

4.33 **показание** (indication): Свидетельство, полученное при неразрушающем контроле.

4.34 **после прокатки с нормализацией** (normalizing rolled): Состояние поставки труб после процесса прокатки, при котором окончательную деформацию проводят в определенном интервале температур, что позволяет получить материал в состоянии, эквивалентном состоянию после отдельной нормализации, с заданными механическими свойствами, не изменяемыми последующей отдельной нормализацией.

4.35 **после термомеханической прокатки** (thermomechanical rolled): Состояние поставки труб, изготовленных из горячекатаного листового или рулонного проката, которое достигнуто при проведении окончательной деформации труб в определенном интервале температур, что позволяет получить материал с определенными свойствами, которые не могут быть получены или воспроизведены за счет отдельной термообработки; с последующим охлаждением (возможно с повышенной скоростью охлаждения), с отпуском или без отпуска, включая самоотпуск.

Примечание — Последующая термообработка при температуре свыше 580 °С может привести к снижению прочностных свойств материала.

4.36 **после формоизменения с нормализацией** (normalizing formed): Состояние поставки труб после процесса формоизменения, при котором окончательную деформацию проводят в определенном интервале температур, что позволяет получить состояние материала, эквивалентное состоянию после отдельной нормализации, с заданными механическими свойствами, не изменяемыми при последующей отдельной нормализации.

Примечание — Последующая термообработка при температуре свыше 580 °С может привести к снижению прочностных свойств материала.

4.37 **по согласованию** (as agreed): Требование должно быть согласовано между изготовителем и заказчиком и указано в заказе на поставку.

Примечание — Например, требования, указанные в 7.2, перечисление с).

4.38 **проба** (sample): Объем материала, отобранного от испытуемого изделия с целью получения одного или нескольких образцов.

4.39 **расслоение** (lamination): Внутреннее разделение в металле, слои которого обычно параллельны поверхности трубы.

4.40 **сварная труба** (welded pipe): Труба CW, COWH, COWL, EW, HFW, LFW, LW, SAWH или SAWL, согласно опредедениям, данным в настоящем стандарте.

4.41 **справочные элементы** (informative elements): Элементы, которые:

a) идентифицируют документ, дают понятие о его содержании и объясняют его основания, процесс разработки и/или взаимосвязь с другими документами;

b) дают дополнительную информацию, помогающую в понимании или использовании документа.

Примечание — Директивы ISO/IEC, часть 2.

4.42 **стыкованная труба** (jointer): Труба, состоящая из двух отрезков, соединенных или сваренных вместе изготовителем труб.

4.43 **стыковой сварной шов концов рулонного или листового проката** (coil/plate end weld): Сварной шов, соединяющий концевые кромки рулонного или листового проката.

4.44 **тело трубы** (pipe body): Для бесшовных труб — вся труба.

4.45 **тело трубы** (pipe body): Для сварных труб — вся труба, за исключением сварного шва (швов) и зоны термического влияния.

4.46 **термомеханическое формообразование** (thermomechanical forming): Процесс формообразования труб в горячем состоянии, при котором окончательную деформацию проводят в определенном интервале температур, что позволяет получить материал с определенными свойствами, которые не могут

быть получены или воспроизведены за счет отдельной термообработки; с последующим охлаждением (возможно с повышенной скоростью охлаждения), с отпуском или без отпуска, включая самоотпуск.

Примечание — Последующая термообработка при температуре свыше 580 °С может привести к снижению прочностных свойств материала.

4.47 **технологический шов** (tack weld): Прерывистый или непрерывный сварной шов, используемый для выравнивания соединяемых кромок до момента выполнения окончательного сварного соединения.

4.48 **труба COW** (COW pipe): Труба с одним или двумя продольными швами или одним спиральным швом, полученными способом сочетания дуговой сварки металлическим электродом в среде защитного газа и дуговой сварки под флюсом, имеющими валик металла, наплавленный при дуговой сварке металлическим электродом в среде защитного газа, полностью не удаляемый при проходах сварки под флюсом.

4.49 **труба COWH** (COWH pipe): Труба с одним спиральным швом, полученным способом сочетания дуговой сварки металлическим электродом в среде защитного газа и дуговой сварки под флюсом, имеющим валик металла, наплавленный при дуговой сварке металлическим электродом в среде защитного газа, полностью не удаляемый при проходах сварки под флюсом.

4.50 **труба COWL (**COWL pipe): Труба с одним или двумя продольными швами, изготовленная способом сочетания дуговой сварки металлическим электродом в среде защитного газа и дуговой сварки под флюсом, имеющими валик металла, наплавленный при дуговой сварке металлическим электродом в среде защитного газа, который при проходах сварки под флюсом полностью не удаляется.

4.51 **труба CW** (CW pipe): Труба с одним продольным швом, полученным способом непрерывной сварки.

4.52 **труба EW** (EW pipe): Труба с одним продольным швом, полученным способом низко- или высокочастотной электросварки.

4.53 **труба HFW** (HFW pipe): Электросварная труба, изготовленная способом высокочастотной сварки с частотой тока 70 кГц и более.

4.54 **труба LFW** (LFW pipe): Электросварная труба, изготовленная способом низкочастотной сварки с частотой тока менее 70 кГц.

4.55 **труба LW** (LW pipe): Труба с одним продольным швом, полученным способом лазерной сварки.

4.56 **труба SAW** (SAW pipe): Труба с одним или двумя продольными швами или одним спиральным швом, полученными способом дуговой сварки под флюсом.

4.57 **труба SAWH** (SAWH pipe): Труба с одним спиральным швом, полученным способом дуговой сварки под флюсом.

4.58 **труба SAWL** (SAWL pipe): Труба с одним или двумя продольными швами, полученными способом дуговой сварки под флюсом.

4.59 **трубный завод** (pipe mill): Фирма, компания или корпорация, которая эксплуатирует оборудование для производства труб.

Примечание — Определение термина приведено в соответствии со стандартом [6].

4.60 **условия эксплуатации** (service condition): Условия применения, указанные заказчиком в заказе на поставку.

Примечание — Применяемые в настоящем стандарте термины «кислая среда» и «морские условия» обозначают условия эксплуатации.

4.61 **холодноэкспандированная труба** (cold-expanded pipe): Труба, наружный диаметр которой был увеличен по всей длине путем приложения внутреннего гидростатического давления в закрытых штампах или механическим устройством для внутреннего экспандирования при рабочей температуре оборудования.

4.62 **холоднодеформированная труба** (cold-sized pipe): Труба, наружный диаметр которой был увеличен или уменьшен на части ее длины или по всей длине в процессе окончательного изменения формы (в том числе в процессе электросварки EW) при рабочей температуре оборудования.

4.63 **холодное формообразование** (cold forming): Процесс формообразования рулонного или листового проката в трубу без нагрева.

4.64 **шов COW** (COW seam): Продольный или спиральный шов, полученный способом сочетания дуговой сварки металлическим электродом в среде защитного газа и дуговой сварки под флюсом,

имеющий валик металла, наплавленный при дуговой сварке металлическим электродом в среде защитного газа, полностью не удаляемый при проходах сварки под флюсом.

4.65 **шов EW** (EW seam): Продольный шов, полученный способом электросварки.

4.66 **шов SAW** (SAW seam): Продольный или спиральный шов, полученный способом дуговой сварки под флюсом.

4.67 **электросварка, EW** (electric welding, EW): Способ получения шва сваркой электросопротивлением, при которой свариваемые кромки прижимаются друг к другу под механическим воздействием, а тепло для сварки выделяется вследствие сопротивления приложенному или наведенному электрическому току.

5 Обозначения и сокращения

5.1 Обозначения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

a — длина стыкового сварного шва концов рулонного или листового проката, мм;

A_{gb} — размер оправки (пуансона) для испытания на направленный загиб, мм;

A_L — площадь внутреннего поперечного сечения трубы, мм^2;

A_P — площадь поперечного сечения стенки трубы, мм^2;

A_R — площадь поперечного сечения торцового уплотнения, мм^2;

A_{XC} — применяемая для расчета площадь поперечного сечения образца для испытания на растяжение, мм^2;

b — заданная ширина торцовой плоскости муфты, мм;

B — расстояние между стенками матрицы или опорами при испытании на направленный загиб;

C — константа;

CE_{IIW} — углеродный эквивалент, рассчитываемый по формуле Международного института сварки;

CE_{Pcm} — углеродный эквивалент, рассчитываемый по химической составляющей формулы Ито — Бессио;

d — расчетный внутренний диаметр трубы, мм;

D — наружный диаметр трубы, мм;

D_a — наружный диаметр трубы после деформации, задаваемый изготовителем, мм;

D_b — наружный диаметр трубы до деформации, задаваемый изготовителем, мм;

f — частота (циклы в секунду), Гц;

L — длина трубы, м;

P — гидростатическое испытательное давление, МПа;

P_R — внутреннее давление на торцовое уплотнение, МПа;

r — радиус, мм;

r_a — радиус оправки (пуансона) для испытания на направленный загиб, мм;

r_b — радиус матрицы для испытания на направленный загиб, мм;

r_0 — наружный радиус трубы, мм;

σ_h — расчетное тангенциальное напряжение для трубопровода, МПа;

s_r — коэффициент деформации;

S — тангенциальное напряжение при гидростатическом испытании, МПа;

t — толщина стенки трубы, мм;

t_{min} — допустимая минимальная толщина стенки трубы, мм;

V_t — поперечная скорость распространения ультразвука, м/с;

ε — коэффициент деформации;

λ — длина волны;

δ (A_f) — относительное удлинение после разрыва, округленное до целого числа, %;

Dм (*W*) — заданный наружный диаметр муфты;

D_f (*Q*) — заданный диаметр фаски в плоскости торца муфты, мм;

$\sigma_{T0,2}$ ($R_{p0,2}$) — предел текучести (непропорциональное удлинение 0,2 %), МПа;

$\sigma_{T0,5}$ ($R_{t0,5}$) — предел текучести (общее удлинение 0,5 %), МПа;

σ_{Bmin}(*U*) — заданный минимальный предел прочности, МПа;

$\sigma_{\hat{A}}$(R_m) — предел прочности на растяжение, МПа;

K_V (*KV*) — работа удара при испытании образца с *V*-образным надрезом полного размера, Дж;

$Lм_c(N_L)$ — заданная минимальная длина муфты, мм;
m_1 (ρ_1) — масса на единицу длины трубы без резьбы, кг/м.

5.2 Сокращения

В настоящем стандарте приняты следующие сокращения:

COWH (combination helical welding process for pipe during manufacturing) — комбинированный способ сварки для изготовления труб со спиральным швом;

COWL (combination longitudinal welding process for pipe during manufacturing) — комбинированный способ сварки для изготовления труб с продольным швом;

CTOD (crack tip opening displacement) — раскрытие в вершине трещины;

CVN (charpy V-notch) — V-образный надрез;

CW (continuous welding process for pipe during manufacturing) — непрерывный способ сварки для изготовления труб;

DWT (drop-weight tear) — испытание падающим грузом;

EDI (electronic data interchange) — электронный обмен данными;

EW (electric resistance or electric induction welding process for pipe during manufacturing) — способ электросварки сопротивлением или индукционной электросварки для изготовления труб;

HAZ (heat-affected zone) — зона термического влияния;

HBW (Brinell hardness) — твердость по Бринеллю;

HFW (high frequency electric welding process for pipe during manufacturing) — способ высокочастотной электросварки для изготовления труб;

HIC (hydrogen-induced cracking) — водородное растрескивание;

HRC (Rockwell hardness, C scale) — твердость по шкале С Роквелла;

HV (Vickers hardness) — твердость по Виккерсу;

IQI (image quality indicator) — эталон качества изображения;

LFW (low frequency electric welding process for pipe during manufacturing) — способ низкочастотной электросварки для изготовления труб;

LW (laser welding process for pipe during manufacturing) — способ лазерной сварки для изготовления труб;

MT (magnetic particle testing) — магнитопорошковый контроль;

NDT (non-destructive testing) — неразрушающий контроль;

PSL (product specification level) — уровень требований к продукции;

PT (penetrant testing) — капиллярный контроль;

SAWH (submerged arc helical welding process for pipe during manufacture) — способ дуговой сварки под флюсом для изготовления труб со спиральным швом;

SAWL (submerged arc longitudinal welding process for pipe during manufacture) — способ дуговой сварки под флюсом для изготовления труб с продольным швом;

SI (international system of units) — международная система единиц измерения;

SMLS (seamless pipe) — бесшовная труба;

SSC (sulphide stress cracking) — сульфидное растрескивание под напряжением;

SWC (step-wise cracking) — ступенчатое растрескивание;

TFL (through-the-flowline) — напорный трубопровод;

USC (United States customary units) — традиционная американская система единиц;

UT (ultrasonic testing) — ультразвуковой контроль.

6 Группы прочности и состояние поставки

6.1 Группы прочности

6.1.1 Группы прочности труб уровня PSL-1 указаны в таблице 1. Обозначение группы прочности представляет собой сочетание букв и цифр. Группа прочности идентифицирует уровень прочности труб и связана с химическим составом стали.

Примечание — Цифровая часть обозначения групп прочности соответствует заданному минимальному пределу текучести $\sigma_{T0,5}$, выраженному в МПа в единицах SI или в ksi в единицах USC, округленному до целого числа, кроме обозначения групп прочности А и В. Буква Р указывает, что для стали установлены пределы по массовой доле фосфора.

6.1.2 Группы прочности труб уровня PSL-2 указаны в таблице 1. Обозначение группы прочности представляет собой сочетание букв и цифр. Группа прочности идентифицирует уровень прочности труб и связана с химическим составом стали.

Группа прочности трубы дополнительно содержит буквы R, N, Q или M, которые указывают на состояние поставки труб (таблица 3).

Примечания

1 Обозначения группы прочности B не содержат указания на заданный минимальный предел текучести, однако цифровая часть других обозначений групп прочности соответствует заданному минимальному пределу текучести.

2 Обозначения групп прочности труб, предназначенных для эксплуатации в кислой среде, — в соответствии с H.4.1.1.

3 Обозначения групп прочности труб, предназначенных для эксплуатации в морских условиях, — в соответствии с J.4.1.1.

4 Обозначения групп прочности труб, предназначенных для эксплуатации европейских наземных газопроводов, — в соответствии с M.4.1.1.

Таблица 1 — Группы прочности и допустимые состояния поставки

PSL	Состояние поставки	Группа прочности [a, b]
PSL-1	В состоянии после прокатки, прокатки с нормализацией, нормализации или формообразования с нормализацией	L175 или A25
		L175P или A25P
		L210 или A
	В состоянии после прокатки, прокатки с нормализацией, термомеханической прокатки, термомеханического формообразования, формообразования с нормализацией, нормализации, нормализации и отпуска или, если согласовано, закалки и отпуска — только для бесшовных труб (SMLS)	L245 или B
	В состоянии после прокатки, прокатки с нормализацией, термомеханической прокатки, термомеханического формообразования, формообразования с нормализацией, нормализации, нормализации и отпуска или закалки и отпуска	L290 или X42
		L320 или X46
		L360 или X52
		L390 или X56
		L415 или X60
		L450 или X65
		L485 или X70
PSL-2	В состоянии после прокатки	L245R или BR
		L290R или X42R
	В состоянии после прокатки с нормализацией, формообразования с нормализацией, нормализации или нормализации и отпуска	L245N или BN
		L290N или X42N
		L320N или X46N
		L360N или X52N
		L390N или X56N
		L415N или X60N
	В состоянии после закалки и отпуска	L245Q или BQ
		L290Q или X42Q
		L320Q или X46Q
		L360Q или X52Q
		L390Q или X56Q

Окончание таблицы 1

PSL	Состояние поставки	Группа прочности [a, b]
		L415Q или X60Q
		L450Q или X65Q
		L485Q или X70Q
		L555Q или X80Q
		L625Q или X90Q[c]
		L690Q или X100Q[c]
	В состоянии после термомеханической прокатки или термомеханического формообразования	L245M или BM
		L290M или X42M
		L320M или X46M
		L360M или X52M
		L390M или X56M
		L415M или X60M
		L450M или X65M
		L485M или X70M
		L555M или X80M
	В состоянии после термомеханической прокатки	L625M или X90M
		L690M или X100M
		L830M или X120M

[a] Для промежуточных групп прочности обозначение должно быть в одном из следующих форматов:

1 Буква L, за ней заданный минимальный предел текучести в МПа, а для труб уровня PSL-2 — буква, обозначающая состояние поставки (R, N, Q или M);

2 Буква X, за которой следует двух- или трехразрядное число, равное заданному минимальному пределу текучести в ksi, округленному до целого числа, а для труб уровня PSL-2 — буква, обозначающая состояние поставки (R, N, Q или M).

[b] Буквы R, N, Q, M у групп прочности труб уровня PSL-2 относятся к состоянию поставки труб.

[c] Для бесшовных труб.

6.1.3 Обозначения марок стали (номера стали), применяемые в европейской нумерационной системе обозначений в дополнение к наименованию групп прочности, приведены в таблице L.1 для справки.

6.2 Состояние поставки

6.2.1 Если конкретное состояние поставки не указано в заказе на поставку, то состояние поставки труб уровня PSL-1 по каждой заказанной позиции выбирает изготовитель. Состояние поставки должно соответствовать требованиям таблиц 1 и 3.

6.2.2 При поставке труб уровня PSL-2 состояние поставки должно соответствовать требованиям заказа на поставку по указанному в нем обозначению группы прочности.

7 Информация, которая должна быть предоставлена заказчиком

7.1 Обязательная информация

Заказ на поставку должен содержать следующую информацию:

a) количество (например общая масса или общая длина труб);

b) уровень PSL-1 или уровень PSL-2;

c) тип труб (таблица 2);

d) обозначение настоящего стандарта;
e) группу прочности труб (6.1, Н.4.1.1, J.4.1.1, 1 или М.4.1.1 соответственно);
f) наружный диаметр и толщину стенки (9.11.1.2);
g) длину и тип длины (немерная или приблизительная) (9.11.1.3, 9.11.3.3 и таблица 12);
h) подтверждение применимости отдельных приложений настоящего стандарта.

7.2 Дополнительная информация

В заказе на поставку должно быть указано, какие из следующих положений применяют к конкретной позиции заказа.

a) Положения, которые должны быть согласованы в обязательном порядке, если применимы:

1) обозначение для промежуточных групп прочности труб (таблица 1, сноска a));
2) химический состав для промежуточных групп прочности (9.2.1 и 9.2.2);
3) химический состав для труб толщиной стенки $t > 25{,}0$ мм (9.2.3);
4) предельные значения углеродных эквивалентов для труб уровня PSL-2 группы прочности L415N или X60N (таблица 5);
5) предельные значения углеродных эквивалентов для труб уровня PSL-2 группы прочности L555Q или X80Q, L625Q или X90Q и L690Q или X100Q (таблица 5);
6) предельные значения углеродных эквивалентов для бесшовных труб (SMLS) уровня PSL-2 толщиной стенки $t > 20{,}0$ мм (таблица 5, сноска a));
7) предельные отклонения диаметра и овальность для труб наружным диаметром $D > 1\,422$ мм (таблица 10);
8) предельные отклонения диаметра и овальность концов для бесшовных труб (SMLS) толщиной стенки $t > 25{,}0$ мм (таблица 10, сноска b));
9) стандарт, применимый к швам стыкованных труб (А.1.2).

b) Положения, которые применимы в приведенной формулировке, если не согласовано иное:

1) интервал значений коэффициента деформации для холодноэкспандированных труб (8.9.2);
2) формула для определения коэффициента деформации (8.9.3);
3) предельные значения для химического состава труб уровня PSL-1 (таблица 4, сноски c), e) и f));
4) предельные значения для химического состава труб уровня PSL-2 (таблица 5, сноски c), e), f), g), h), i), k) и l));
5) отношение предела текучести к пределу прочности для групп прочности L625 или X90, L690 или X100 и L830 или X120 (таблица 7, сноски g) и h) или таблица J.2, сноски h) и i));
6) оценка и документирование площади вязкого разрушения после испытаний на ударный изгиб (9.8.2.3);
7) предельные отклонения для труб немерной длины (9.11.3.3, перечисление a));
8) тип резьбовой смазки (9.12.2.4);
9) вид торцевой поверхности (9.12.5.1 или 9.12.5.2);
10) стандарт на метод испытания на ударный изгиб (10.2.3.3, 10.2.4.3, D.2.3.4.2 и D.2.3.4.3);
11) метод химического анализа металла готового изделия (10.2.4.1);
12) альтернативный метод измерения диаметра труб наружным диаметром $D \geq 508$ мм (10.2.8.1);
13) смещение продольных сварных швов на сварном шве стыкованных труб (А.2.4);
14) ремонт холодноэкспандированных труб (С.4.2);
15) альтернативный тип эталона чувствительности изображения (Е.4.3.1).

c) Положения, которые применимы, если согласованы:

1) состояние поставки (6.2 и таблица 1);
2) поставка бесшовных труб уровня PSL-1 из группы прочности B или L245 в состоянии после закалки и отпуска (таблица 1);
3) поставка труб промежуточных групп прочности [таблица 2, сноска a)];
4) поставка труб SAWL с двумя швами [таблица 2, сноска c)];
5) альтернатива заданной термообработке шва для труб уровня PSL-1 (8.8.1);
6) поставка труб SAWH со стыковыми сварными швами концов рулонного или листового проката на концах труб (8.10.3);
7) поставка стыкованных труб (8.11);
8) температура испытаний на ударный изгиб образцов с V-образным надрезом (CVN) ниже 0 °С (9.8.2.1, 9.8.2.2 и 9.8.3);

9) испытание на ударный изгиб тела труб на образцах с V-образным надрезом (CVN) для сварных труб уровня PSL-2 наружным диаметром D < 508 мм для определения площади вязкого разрушения (9.8.2.2 и таблица 18);

10) испытание на ударный изгиб продольных сварных швов на образцах с V-образным надрезом (CVN) для труб HFW уровня PSL-2 (9.8.3 и таблица 18);

11) испытание падающим грузом (DWT) тела сварных труб уровня PSL-2 наружным диаметром $D \geq 508$ мм (9.9.1 и таблица 18);

12) температура испытания падающим грузом (DWT) ниже 0 °С (9.9.1);

13) альтернативные стыкованные трубы из 2 или 3 труб (9.11.3.3 c), d) и e));

14) механическое свинчивание с муфтами (9.12.2.3 и 10.2.6.1);

15) специальная форма фаски (9.12.5.3);

16) удаление наружного валика сварного шва на концах труб SAW или COW (9.13.2.2, перечисление e));

17) данные о свариваемости или испытание свариваемости для труб уровня PSL-2 (9.15);

18) вид документа о приемочном контроле для труб уровня PSL-1 (10.1.2.1);

19) информация о производстве для труб уровня PSL-1 (10.1.2.2);

20) альтернативный вид документа о приемочном контроле для труб уровня PSL-2 (10.1.3.1);

21) применение поперечных образцов для испытаний на растяжение бесшовных труб (SMLS), не подвергавшихся холодному экспандированию (таблица 20, сноска c);

22) применение для определения предела текучести в поперечном направлении кольцевого образца для испытания на раздачу ((10.2.3.2, таблица 19, сноска c) и таблица 20, сноска d));

23) применение контроля, альтернативного макрографическому (10.2.5.2);

24) контроль твердости в процессе производства труб EW и LW (10.2.5.3);

25) специальные условия гидростатических испытаний труб с нарезанной резьбой и навинченной муфтой (10.2.6.1);

26) альтернативное давление гидроиспытания (таблица 26);

27) применение минимально допустимой толщины стенки для расчета гидростатического испытательного давления (10.2.6.7);

28) применение специального метода для определения диаметра трубы (10.2.8.1);

29) применение измерений внутреннего диаметра для определения диаметра и овальности экспандированных труб наружным диаметром $D \geq 219{,}1$ мм и неэкспандированных труб (10.2.8.3 и таблица 10, сноска c));

30) применение специального метода для определения других размеров труб (10.2.8.7);

31) маркировка муфт краской (11.1.2);

32) дополнительная маркировка, указанная заказчиком (11.1.4);

33) специальная поверхность или участок для маркировки труб (11.2.2, перечисление b) и 11.2.6, перечисление b));

34) маркировка клеймением или виброгравировкой (11.2.3);

35) альтернативное расположение маркировки труб (11.2.4);

36) альтернативный формат маркировки длины труб ((11.2.6, перечисление a));

37) цветовая идентификация труб (11.2.7);

38) маркировка труб несколькими группами прочности (11.4.1);

39) временное наружное покрытие (12.1.2);

40) специальное покрытие (12.1.3);

41) внутреннее покрытие (12.1.4);

42) аттестация технологии производства для труб уровня PSL-2, применение приложения B (раздел B.2);

43) рентгенографический контроль сварных швов SAW или стыковых сварных швов концов рулонного или листового проката (таблица E1);

44) неразрушающий контроль бесшовных труб (SMLS) уровня PSL-1 (E.3.1.2);

45) неразрушающий контроль сварных швов EW после гидростатических испытаний (E.3.1.3, перечисление b));

46) ультразвуковой контроль сварных труб для выявления несовершенств типа расслоений на концах труб (E.3.2.3);

47) ультразвуковой контроль бесшовных труб (SMLS) для выявления несовершенств типа расслоений на концах труб (E.3.3.2);

48) рентгенографический контроль (раздел E.4 и K.5.3 перечисление a));

49) применение для ультразвукового контроля стандартных образцов с отверстиями и надрезами (таблица E.7);

50) альтернативная практика повторного контроля швов COW (E.5.5.5);

51) ультразвуковой контроль труб EW, SAW или COW для выявления несовершенств типа расслоений в теле трубы (раздел E.8);

52) ультразвуковой контроль для выявления несовершенств типа расслоений по кромкам рулонного или листового проката или в сварном шве труб EW, SAW или COW (раздел E.9);

53) поставка сварных муфт для труб наружным диаметром $D \geq 355{,}6$ мм (F.1.3);

54) применение приложения G к трубам уровня PSL-2, стойким к распространению вязкого разрушения на газопроводах, когда заказчик должен указать температуру испытания на ударный изгиб и минимальную среднюю работу удара (раздел G.2);

55) трубы уровня PSL-2 для эксплуатации в кислой среде, применение приложения H (раздел H.2);

56) трубы для TFL, применение приложения I (раздел I.2);

57) трубы, предназначенные для эксплуатации в морских условиях, применение приложения J (раздел J.2);

58) трубы уровня PSL-2, предназначенные для европейских магистральных газопроводов; применение приложения M (раздел M.2);

59) любые другие дополнительные или более жесткие требования.

8 Производство

8.1 Способ производства

Трубы, поставляемые по настоящему стандарту, должны быть изготовлены в соответствии с требованиями и ограничениями, указанными в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 — Допустимые процессы производства и уровни требований к продукции

Тип труб или концов труб	Группа прочности труб уровня PSL-1[a]					Группа прочности труб уровня PSL-2[a]		
	L175 или A25[b]	L175P или A25P[b]	L210 или A	L245 или B	от L290 или X42 до L485 или X70	от L245 или B до L555 или X80	более L555 или X80 и до L690 или X100	более L690 или X100 и до L830 или X120
Тип труб								
SMLS	X	X	X	X	X	X	X	—
CW	X	X	—	—	—	—	—	—
LFW	X	—	X	X	X	—	—	—
HFW	X	—	X	X	X	X	—	—
LW	—	—	—	—	X	—	—	—
SAWL[c]	—	—	X	X	X	X	X	X
SAWH[d]	—	—	X	X	X	X	X	X
COWL[c]	—	—	X	X	X	X	—	—
COWH[d]	—	—	X	X	X	X	—	—
Тип концов труб								
Раструбные концы[e]	X	—	X	X	X	—	—	—
Концы без резьбы	X	—	X	X	X	X	X	X

Окончание таблицы 2

Тип труб или концов труб	Группа прочности труб уровня PSL-1[a]					Группа прочности труб уровня PSL-2[a]		
	L175 или A25[b]	L175P или A25P[b]	L210 или A	L245 или B	от L290 или X42 до L485 или X70	от L245 или B до L555 или X80	более L555 или X80 и до L690 или X100	более L690 или X100 и до L830 или X120
Концы без резьбы для специальных муфт	X	—	X	X	—	—	—	—
Нарезные концы[f]	X	X	X	X	—	—	—	—

[a] По согласованию поставляют трубы промежуточных групп прочности выше L290 или X42.
[b] Трубы групп прочности L175, L175P, A25 и A25P поставляют диаметром $D \leq 141{,}3$ мм.
[c] По согласованию трубы диаметром $D \geq 914$ мм поставляют с двумя швами.
[d] Трубы со спиральным швом поставляют диаметром $D \geq 114{,}3$ мм.
[e] Трубы с раструбными концами поставляют диаметром $D \leq 219{,}1$ мм и толщиной стенки $t \leq 3{,}6$ мм.
[f] Трубы с нарезными концами поставляют диаметром $D \leq 508$ мм бесшовными (SMLS) и сварными с продольным сварным швом.

Таблица 3 — Маршруты изготовления, допустимые для труб уровня PSL-2

Тип труб	Исходная заготовка	Формообразование труб	Термообработка труб	Состояние поставки
SMLS	Трубная заготовка	Прокатка	—	R
		Деформация с нормализацией	—	N
		Горячая деформация	Нормализация	N
			Закалка и отпуск	Q
		Горячая деформация и окончательная холодная обработка	Нормализация	N
			Закалка и отпуск	Q
HFW	Рулонный прокат, полученный прокаткой с нормализацией	Холодное формообразование	Термообработка[a] только зоны сварного соединения	N
	Рулонный прокат, полученный термомеханической прокаткой	Холодное формообразование	Термообработка[a] только зоны сварного соединения	M
			Термообработка[a] зоны сварного соединения и снятие напряжений для всей трубы	M
	Рулонный прокат в состоянии после прокатки или термомеханической прокатки	Холодное формообразование	Нормализация	N
			Закалка и отпуск	Q
		Холодное формообразование с последующим горячим редуцированием при контролируемой температуре, позволяющим обеспечить нормализованное состояние	—	N
		Холодное формообразование с последующим термомеханическим формообразованием трубы	—	M

Окончание таблицы 3

Тип труб	Исходная заготовка	Формообразование труб	Термообработка труб	Состояние поставки
SAW или COW	Рулонный или листовой прокат, подвергнутые нормализации или полученные прокаткой с нормализацией	Холодное формообразование	—	N
	В состоянии после прокатки, термомеханической прокатки, прокатки с нормализацией или нормализации	Холодное формообразование	Нормализация	N
	Рулонный или листовой прокат, полученный термомеханической прокаткой	Холодное формообразование	—	M
	Закаленный и отпущенный листовой прокат	Холодное формообразование	—	Q
SAW или COW	Рулонный или листовой прокат в состоянии после прокатки, термомеханической прокатки, прокатки с нормализацией или нормализации	Холодное формообразование	Закалка и отпуск	Q
	Рулонный или листовой прокат в состоянии после прокатки, термомеханической прокатки, прокатки с нормализацией или нормализации	Формообразование с нормализацией	—	N
[a] Применяемая термообработка указана в 8.8.				

8.2 Процессы, требующие валидации

Заключительные операции, выполняемые при производстве труб, влияющие на их соответствие требованиям настоящего стандарта (кроме химического состава и размеров), должны пройти процедуру валидации.

Процессы, требующие валидации:

- для бесшовных труб в состоянии после прокатки: операция заключительного подогрева и калибровка труб в горячем состоянии или редуцирование; высадка и холодная окончательная обработка, при применении;
- для бесшовных термообработанных труб: термообработка;
- для электросварных труб без термообработки: калибровка и сварка шва; термообработка шва и высадка, при применении;
- для электросварных термообработанных труб: сварка шва и термообработка труб по всему объему;
- для неэкспандированных труб SAW и COW: формообразование трубы, сварка шва, ремонтная сварка; по применимости, термообработка;
- для экспандированных труб SAW и COW: формообразование трубы, сварка шва, ремонтная сварка, экспандирование.

8.3 Исходная заготовка

8.3.1 Поставщики — сталеплавильные и прокатные заводы должны иметь документально оформленную систему качества.

Примечание — Сертификация системы менеджмента качества не требуется. Для соответствия требованиям настоящего стандарта необходимо создать и принять систему качества. Выбор системы качества, наиболее полно отражающий нужды компании, должен быть представлен менеджментом этой компании. Существует множество систем

менеджмента качества, к которым можно обратиться как к справочному руководству при разработке необходимой системы качества, включая [2] и [3], которые содержат положения, специфичные для нефтегазовой промышленности, или же [4], где содержатся общие требования к системе менеджмента качества, подвергаемой аудиту. Данный список стандартов не является исчерпывающим, а представлен только для справки.

8.3.2 Трубная заготовка, рулонный или листовой прокат, применяемые в качестве исходной заготовки для производства труб, должны быть изготовлены из стали, полученной:

- кислородно-конвертерным,
-электросталеплавильным процессом или
- мартеновским процессом в сочетании с процессом внепечной доводки.

8.3.3 Для труб уровня PSL-2 сталь должна быть раскислена и произведена по технологии, обеспечивающей получение мелкого зерна.

8.3.4 На рулонном или листовом прокате, применяемом для изготовления труб уровня PSL-2, не должно быть ремонтных сварных швов.

8.3.5 Ширина рулонного или листового проката, применяемого для производства спиральношовных труб, должна быть кратной не менее 0,8 и не более 3,0 наружного диаметра трубы.

8.3.6 Любые смазочные вещества, которые загрязняют зону разделки шва или прилегающие участки, должны быть удалены до выполнения продольных сварных швов на трубах SAWL или COWL или спиральных сварных швов на трубах SAWH или COWH.

8.3.7 Для сварных труб в состоянии поставки М необходимо установить и контролировать ответственные параметры технологии прокатки рулонного или листового проката (например: нагрев, температуры прокатки и охлаждения, время и предельные отклонения), чтобы гарантировать однородность механических свойств по всем трубам с учетом:

- характеристик рулонного или листового проката и их изменчивости;
- чувствительности свойств к параметрам технологии прокатки;
- обрезки рулонного или листового проката;
- изменений механических свойств при растяжении, которые неизбежны при формообразовании труб.

Допустимые интервалы изменения ответственных параметров технологии прокатки рулонного или листового проката должны быть документально оформлены.

8.3.8 Для сварных труб в состоянии поставки М необходимо осуществлять контроль технологии прокатки рулонного или листового проката для обеспечения запланированных результатов, упомянутый в 8.3.7, следующим образом:

- выборочные испытания рулонного или листового проката и труб или данные о параметрах технологии производства рулонного или листового проката и/или труб и их свойств, должны подтверждать, что допустимые интервалы изменения ответственных параметров технологии обеспечены, а требуемые свойства труб достигнуты;
- для рулонного или листового проката групп прочности выше L360M или X52M изготовитель труб должен провести технический аудит на месте его производства. Допускается использование результатов ранее проведенного аудита при условии проведения последующих периодических проверок, на месте или дистанционно, подтверждающих, что технология прокатки рулонного или листового проката по-прежнему обеспечивает получение запланированных результатов. Как часть аудита необходимо проверять критерии валидации технологии прокатки рулонного или листового проката.

8.3.9 Отступления от документально предусмотренных пределов в процессе изготовления рулонного или листового проката должны контролироваться с помощью механических испытаний горячекатаного проката и/или труб на соответствие установленным требованиям посредством документированных методик с присвоением контролируемой партии материала отдельного обозначения.

8.4 Технологические сварные швы

8.4.1 Технологические сварные швы должны быть выполнены с применением следующих способов сварки:

a) полуавтоматической дуговой сварки под флюсом;
b) электросварки;
c) дуговой сварки металлическим электродом в среде защитного газа;
d) дуговой сварки трубчатым электродом;
e) дуговой сварки покрытым металлическим электродом с низкой массовой долей водорода;
f) лазерной сварки.

8.4.2 Технологические сварные швы должны быть:
a) расплавлены и слиты с конечным сварным швом;
b) удалены механической обработкой;
c) обработаны в соответствии с С.2.

8.5 Сварные швы на трубах COW

При сварке труб COW первый слой должен быть непрерывным и должен быть выполнен дуговой сваркой металлическим электродом в среде защитного газа, после чего выполняют дуговую сварку под флюсом, причем должен быть выполнен хотя бы один валик на внутренней поверхности трубы и хотя бы один валик на наружной поверхности трубы; при этом валик, выполненный дуговой сваркой металлическим электродом в среде защитного газа, при дуговой сварке под флюсом полностью переплавляют.

8.6 Сварные швы на трубах SAW

При сварке труб SAW дуговой сваркой под флюсом хотя бы один валик должен быть выполнен на внутренней поверхности трубы и хотя бы один валик на наружной поверхности трубы.

8.7 Сварные швы на трубах с двумя швами

На трубах с двумя швами сварные швы должны быть расположены примерно на 180° друг от друга.

8.8 Термообработка сварных швов труб EW и LW

8.8.1 Трубы EW уровня PSL-1

На трубах групп прочности выше L290 или X42 сварной шов и зона термического влияния должны быть подвергнуты термообработке, моделирующей нормализацию, за исключением случаев, когда согласовано проведение альтернативной термообработки. В случае такой замены изготовитель должен продемонстрировать эффективность выбранной термообработки по согласованной процедуре подтверждения. Такая процедура должна включать как минимум контроль твердости, оценку микроструктуры или механические испытания. На трубах групп прочности L290 или X42 и ниже сварной шов должен быть подвергнут термообработке, моделирующей нормализацию или термообработке, обеспечивающей отсутствие неотпущенного мартенсита.

8.8.2 Трубы LW и трубы HFW уровня PSL-2

Сварной шов и вся зона термического влияния труб всех групп прочности должны быть подвергнуты термообработке, моделирующей нормализацию.

8.9 Холодная деформация и холодное экспандирование

8.9.1 За исключением предусмотренного в 8.9.2, коэффициент деформации для холоднодеформированных труб не должен превышать 0,015, кроме случаев, когда:

a) трубы подвергают последующей нормализации или закалке и отпуску;

b) трубы, подвергнутые холодной деформации, подвергают последующей термобработке для снятия напряжений.

8.9.2 Если не согласовано иное, коэффициент деформации для холодноэкспандированных труб должен быть не менее 0,003 и не более 0,015.

8.9.3 Если не согласовано иное, коэффициент деформации s_γ должен быть рассчитан по следующей формуле

$$s_r = \frac{|D_a - D_b|}{D_b}, \quad (1)$$

где D_a — наружный диаметр после деформации, задаваемый изготовителем, мм;
D_b — наружный диаметр до деформации, задаваемый изготовителем, мм;
$|D_a - D_b|$ — абсолютное значение разности наружных диаметров, мм.

8.10 Стыковые сварные швы концов рулонного или листового проката

8.10.1 На готовой трубе с продольным швом не допускаются стыковые сварные швы концов рулонного или листового проката.

8.10.2 На готовых спиральношовных трубах допускается пересечение стыковых сварных швов концов рулонного или листового проката и спиральных сварных швов на расстоянии не менее 300 мм от торцов трубы.

8.10.3 Если согласовано, стыковые сварные швы концов рулонного или листового проката на концах спиральношовных труб допускаются при условии разделения на соответствующих концах труб стыкового сварного шва концов рулонного или листового проката и спирального шва на расстояние не менее 150 мм по окружности.

8.10.4 Стыковые сварные швы концов рулонного или листового проката на готовых спиральношовных трубах должны быть:

a) выполнены дуговой сваркой под флюсом или сочетанием дуговой сварки под флюсом и дуговой сварки металлическим электродом в среде защитного газа;

b) проконтролированы по тем же критериям приемки, которые установлены для спиральных сварных швов.

8.11 Стыкованные трубы

8.11.1 Если согласовано, допускается поставка стыкованных труб.

8.11.2 Сварные стыкованные трубы должны быть изготовлены в соответствии с требованиями приложения А.

8.11.3 Трубы, используемые для изготовления стыкованных труб, должны быть не короче 1,5 м.

8.11.4 Части труб, используемые для изготовления стыкованных труб, должны пройти контроль, включая гидростатическое испытание. В качестве альтернативы допускается проведение гидростатического испытания готовой стыкованной трубы.

8.12 Термообработка

Термообработка должна быть проведена в соответствии с документированными процедурами изготовителя.

8.13 Прослеживаемость

8.13.1 Для труб уровня PSL-1 изготовитель должен разработать и выполнять документированные процедуры для сохранения следующих данных:

a) идентификационных данных плавки до того, пока не будут проведены все необходимые анализы для определения химического состава и продемонстрировано соответствие установленным требованиям;

b) идентификационных данных контролируемой партии до того, пока не будут проведены все необходимые механические испытания и продемонстрировано соответствие установленным требованиям.

8.13.2 Для труб уровня PSL-2 изготовитель должен разработать и выполнять документированные процедуры для сохранения идентификационных данных плавки и контролируемой партии. Такие процедуры должны предусматривать способы прослеживания любой отдельной трубы до соответствующей контролируемой партии и результатов химического анализа и механических испытаний.

9 Критерии приемки

9.1 Общие положения

9.1.1 Общие технические требования к поставке труб должны соответствовать требованиям ISO 404.

9.1.2 Трубы групп прочности L415 или X60 и выше должны поставляться вместо труб, заказанных как трубы групп прочности L360 или X52 и ниже, только по согласованию с заказчиком.

9.2 Химический состав

9.2.1 Химический состав стали труб стандартных групп прочности уровня PSL-1 толщиной стенки $t \leq 25{,}0$ мм должен соответствовать требованиям таблицы 4, химический состав промежуточных групп прочности должен быть согласован, но должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 4.

Примечание — Сталь групп прочности L175P или A25P подвергают рефосфорированию, и она, соответственно, более подходит для нарезания резьбы, чем сталь групп прочности L175 или A25, однако хуже поддается загибу.

9.2.2 Химический состав труб стандартных групп прочности уровня PSL-2 толщиной стенки $t \leq 25{,}0$ мм должен соответствовать требованиям таблицы 5, химический состав промежуточных групп прочности должен быть согласован, но должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 5.

Таблица 4 — Химический состав стали труб уровня PSL-1 толщиной стенки $t \leq 25{,}0$ мм

Группа прочности	Массовая доля элемента по анализу плавки и изделия[a, g], %							
	C, не более[b]	Mn, не более[b]	P		S, не более	V, не более	Nb, не более	Ti, не более
			не менее	не более				
Бесшовные трубы								
L175 или A25	0,21	0,60	—	0,030	0,030	—	—	—
L175P или A25P	0,21	0,60	0,045	0,080	0,030	—	—	—
L210 или A	0,22	0,90	—	0,030	0,030	—	—	—
L245 или B	0,28	1,20	—	0,030	0,030	c,d	c,d	d
L290 или X42	0,28	1,30	—	0,030	0,030	d	d	d
L320 или X46	0,28	1,40	—	0,030	0,030	d	d	d
L360 или X52	0,28	1,40	—	0,030	0,030	d	d	d
L390 или X56	0,28	1,40	—	0,030	0,030	d	d	d
L415 или X60	0,28[e]	1,40[e]	—	0,030	0,030	f	f	f
L450 или X65	0,28[e]	1,40[e]	—	0,030	0,030	f	f	f
L485 или X70	0,28[e]	1,40[e]	—	0,030	0,030	f	f	f
Сварные трубы								
L175 или A25	0,21	0,60	—	0,030	0,030	—	—	—
L175P или A25P	0,21	0,60	0,045	0,080	0,030	—	—	—
L210 или A	0,22	0,90	—	0,030	0,030	—	—	—
L245 или B	0,26	1,20	—	0,030	0,030	c,d	c,d	d
L290 или X42	0,26	1,30	—	0,030	0,030	d	d	d
L320 или X46	0,26	1,40	—	0,030	0,030	d	d	d
L360 или X52	0,26	1,40	—	0,030	0,030	d	d	d
L390 или X56	0,26	1,40	—	0,030	0,030	d	d	d
L415 или X60	0,26[e]	1,40[e]	—	0,030	0,030	f	f	f
L450 или X65	0,26[e]	1,45[e]	—	0,030	0,030	f	f	f
L485 или X70	0,26[e]	1,65[e]	—	0,030	0,030	f	f	f

[a] Cu ≤ 0,50 %; Ni ≤ 0,50 %; Cr ≤ 0,50 %: Mo ≤ 0,15 %.

[b] Для каждого уменьшения массовой доли углерода на 0,01 % ниже установленной максимальной массовой доли допускается увеличение массовой доли марганца на 0,05 % по сравнению с установленной максимальной массовой долей, но не более 1,65 % для групп прочности от L245 или B до L360 или X52 включительно; не более 1,75 % для групп прочности от L360 или X52 до L485 или X70; и не более 2,00 % для группы прочности L485 или X70.

[c] Если не согласовано иное, то Nb + V ≤ 0,06 %.

[d] Nb + V + Ti ≤ 0,15 %.

[e] Если не согласовано иное.

[f] Если не согласовано иное, то Nb + V + Ti ≤ 0,15 %.

[g] Не допускается преднамеренное добавление бора, а остаточная массовая доля бора должна быть B ≤ 0,001%.

Таблица 5 — Химический состав стали труб уровня PSL-2 толщиной стенки t ≤ 25,0 мм

Группа прочности	Массовая доля элементов по анализу плавки и изделия, %, не более									Углеродный эквивалент [a], %, не более	
	C[b]	Si	Mn[b]	P	S	V	Nb	Ti	Другие	$\tilde{N}E_{IIw}$	CE_{Pcm}
Бесшовные и сварные трубы											
L245R или BR	0,24	0,40	1,20	0,025	0,015	[c]	[c]	0,04	[e, l]	0,43	0,25
L290R или X42R	0,24	0,40	1,20	0,025	0,015	0,06	0,05	0,04	[e, l]	0,43	0,25
L245 или BN	0,24	0,40	1,20	0,025	0,015	[c]	[c]	0,04	[e, l]	0,43	0,25
L290N или X42N	0,24	0,40	1,20	0,025	0,015	0,06	0,05	0,04	[e, l]	0,43	0,25
L320N или X46N	0,24	0,40	1,40	0,025	0,015	0,07	0,05	0,04	[d, e, l]	0,43	0,25
L360N или X52N	0,24	0,45	1,40	0,025	0,015	0,10	0,05	0,04	[d, e, l]	0,43	0,25
L390N или X56N	0,24	0,45	1,40	0,025	0,015	0,10 [f]	0,05	0,04	[d, e, l]	0,43	0,25
L415N или X60N	0,24 [f]	0,45 [f]	1,40 [f]	0,025	0,015	0,10 [f]	0,05 [f]	0,04 [f]	[g, h, l]	По согласованию	
L245Q или BQ	0,18	0,45	1,40	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	[e, l]	0,43	0,25
L290Q или X42Q	0,18	0,45	1,40	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	[e, l]	0,43	0,25
L320Q или X46Q	0,18	0,45	1,40	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	[e, l]	0,43	0,25
L360Q или X52Q	0,18	0,45	1,50	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	[e, l]	0,43	0,25
L390Q или X56Q	0,18	0,45	1,50	0,025	0,015	0,07	0,05	0,04	[d, e, l]	0,43	0,25
L415Q или X60Q	0,18 [f]	0,45 [f]	1,70 [f]	0,025	0,015	[g]	[g]	[g]	[h, l]	0,43	0,25
L450Q или X65Q	0,18 [f]	0,45 [f]	1,70 [f]	0,025	0,015	[g]	[g]	[g]	[h, l]	0,43	0,25
L485Q или X70Q	0,18 [f]	0,45 [f]	1,80 [f]	0,025	0,015	[g]	[g]	[g]	[h, l]	0,43	0,25
L555Q или X80Q	0,18 [f]	0,45 [f]	1,90 [f]	0,025	0,015	[g]	[g]	[g]	[i, j]	По согласованию	
L625Q или X90Q	0,16[f]	0,45 [f]	1,90	0,020	0,010	[g]	[g]	[g]	[j, k]	По согласованию	
L690Q или X100Q	0,16[f]	0,45 [f]	1,90	0,020	0,010	[g]	[g]	[g]	[j, k]	По согласованию	

Окончание таблицы 5

Группа прочности	Массовая доля элементов по анализу плавки и изделия, %, не более									Углеродный эквивалент [a], %, не более	
	C[b]	Si	Mn[b]	P	S	V	Nb	Ti	Другие	$\tilde{N}E_{IIw}$	CE_{Pcm}
Сварные трубы											
L245M или BM	0,22	0,45	1,20	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	e, l	0,43	0,25
L290M или X42M	0,22	0,45	1,30	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	e, l	0,43	0,25
L320M или X46M	0,22	0,45	1,30	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	e, l	0,43	0,25
L360M или X52M	0,22	0,45	1,40	0,025	0,015	d	d	d	e, l	0,43	0,25
L390M или X56M	0,22	0,45	1,40	0,025	0,015	d	d	d	e, l	0,43	0,25
L415M или X60M	0,12 [f]	0,45 [f]	1,60 [f]	0,025	0,015	g	g	g	h, l	0,43	0,25
L450M или X65M	0,12 [f]	0,45 [f]	1,60 [f]	0,025	0,015	g	g	g	h, l	0,43	0,25
L485M или X70M	0,12 [f]	0,45 [f]	1,70 [f]	0,025	0,015	g	g	g	h, l	0,43	0,25
L555M или X80M	0,12 [f]	0,45 [f]	1,85 [f]	0,025	0,015	g	g	g	i, l	0,43 [f]	0,25
L625M или X90M	0,10	0,55 [f]	2,10 [f]	0,020	0,010	g	g	g	i, l	—	0,25
L690M или X100M	0,10	0,55 [f]	2,10 [f]	0,020	0,010	g	g	g	i, j		0,25
L830M или X120M	0,10	0,55 [f]	2,10 [f]	0,020	0,010	g	g	g	i, j		0,25

[a] По анализу изделия. Для бесшовных труб толщиной стенки $t > 20,0$ мм предельные значения $\tilde{N}E_{IIw}$ и CE_{Pcm} должны быть согласованы. Предельное значение $\tilde{N}E_{IIw}$ применяют, если массовая доля $C > 0,12$ %; предельное значение CE_{Pcm} применяют, если массовая доля $C \leq 0,12$ %.

[b] Для каждого уменьшения массовой доли углерода на 0,01 % ниже установленной максимальной массовой доли допускается увеличение массовой доли марганца на 0,05 % по сравнению с установленной максимальной массовой долей, но не более 1,65 % для групп прочности от L245 или B, но до L360 или X52 включительно; не более 1,75 % для групп прочности выше L360 или X52, но до L485 или X70; не более 2,0 % для групп прочности от L485 или X70, но до L555 или X80 включительно; и не более 2,20 % для групп прочности выше L555 или X80.

[c] Если не согласовано иное, то Nb + V ≤ 0,06 %.

[d] Nb + V + Ti ≤ 0,15 %.

[e] Если не согласовано иное, Cu ≤ 0,50 %, Ni ≤ 0,30 %, Cr ≤ 0,30 %, и Mo ≤ 0,15 %.

[f] Если не согласовано иное.

[g] Если не согласовано иное, то Nb + V + Ti ≤ 0,15 %.

[h] Если не согласовано иное, то Cu ≤ 0,50 %, Ni ≤ 0,50 %, Cr ≤ 0,50 % и Mo ≤ 0,50 %.

[i] Если не согласовано иное, то Cu ≤ 0,50 %, Ni ≤ 1,00 %, Cr ≤ 0,50 % и Mo ≤ 0,50 %.

[j] Не более 0,0040 % для бора.

[k] Если не согласовано иное, то Cu ≤ 0,50 %, Ni ≤ 1,00 %, Cr ≤ 0,55 %, Mo ≤ 0,80 %.

[l] Для труб всех групп прочности, кроме тех, к которым относится сноска «j», если не согласовано иное, не допускается преднамеренное добавление бора, а остаточная массовая доля бора должна быть B ≤ 0,001 %.

9.2.3 Требования к химическому составу для труб уровня PSL-1 или уровня PSL-2 толщиной стенки t > 25,0 мм должны быть согласованы, при этом за основу принимают требования, указанные в таблице 4 или 5.

9.2.4 Для труб уровня PSL-2 с массовой долей углерода в стали по анализу изделия, не превышающей 0,12 %, углеродный эквивалент CE_{Pcm} должен быть рассчитан по следующей формуле:

$$CE_{P_{cm}} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B, \%, \quad (2)$$

где обозначения химических элементов представляют собой массовую долю элемента в стали в процентах (таблица 5).

Если по анализу плавки массовая доля бора менее 0,0005 %, то допускается не определять содержание бора при анализе изделия и для расчета CE_{Pcm} считать массовую долю бора равной нулю.

9.2.5 Для труб уровня PSL-2 с массовой долей углерода в стали по анализу изделия, превышающей 0,12 %, углеродный эквивалент $\tilde{N}E_{IIW}$ должен быть рассчитан по следующей формуле:

$$CE_{IIW} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}, \quad (3)$$

где обозначения химических элементов представляют собой массовую долю элемента в стали в процентах (таблица 5).

Примечание — Формулы для расчета углеродных эквивалентов (2) и (3), отличающиеся от принятых по правилам ISO, приведены с учетом многолетней практики применения в нефтяной и газовой промышленности.

9.3 Механические свойства при растяжении

9.3.1 Механические свойства труб уровня PSL-1 при испытаниях на растяжение должны соответствовать требованиям таблицы 6.

Таблица 6 — Требования к механическим свойствам труб уровня PSL-1 при испытаниях на растяжение

Группа прочности	Тело бесшовной или сварной трубы			Сварной шов труб EW, LW, SAW и COW
	Предел текучести[a] $\sigma_{T0,05}$, МПа, не менее	Предел прочности[a] σ_B, МПа, не менее	Относительное удлинение на длине 50 мм δ, %, не менее	Предел прочности[b] σ_B, МПа, не менее
L175 или A25	175	310	[c]	310
L175P или A25P	175	310	[c]	310
L210 или A	210	335	[c]	335
L245 или B	245	415	[c]	415
L290 или X42	290	415	[c]	415
L320 или X46	320	435	[c]	435
L360 или X52	360	460	[c]	460
L390 или X56	390	490	[c]	490
L415 или X60	415	520	[c]	520
L450 или X65	450	535	[c]	535
L485 или X70	485	570	[c]	570

[a] Для промежуточных групп прочности разность между заданным минимальным пределом прочности и заданным минимальным пределом текучести для тела трубы должна быть равна разности для следующей более высокой группы прочности, указанной в настоящей таблице.

Окончание таблицы 6

[b] Для промежуточных групп прочности заданный минимальный предел прочности для сварного шва должен быть равен минимальному пределу прочности для тела трубы, определенному в соответствии со сноской «а».

[c] Установленное минимальное относительное удлинение, %, (с округлением до целого числа) должно быть рассчитано по следующей формуле:

$$\delta = 1940 \frac{A_{XC}^{0,2}}{\sigma_{B_{min}}^{0,9}}, \quad (4)$$

где A_{XC} — применяемая для расчета площадь поперечного сечения образца для испытания на растяжение, мм^2:

для цилиндрических образцов: 130 мм^2 — для образцов диаметром 12,5 мм и 8,9 мм; и 65 мм^2 — для образцов диаметром 6,4 мм;

для образцов полного сечения: меньшее из следующих значений: a) 485 мм^2 или b) площади поперечного сечения образца, рассчитанной по наружному диаметру и толщине стенки трубы и округленной до 10 мм^2;

для образцов в виде полосы: меньшее из следующих значений: a) 485 мм^2 или b) площади поперечного сечения образца, рассчитанной по ширине образца и толщине стенки трубы и округленной до 10 мм^2;

σ_{Bmin} — заданный минимальный предел прочности, МПа.

9.3.2 Механические свойства труб уровня PSL-2 при испытаниях на растяжение должны соответствовать требованиям таблицы 7.

Таблица 7 — Требования к механическим свойствам труб уровня PSL-2 при испытаниях на растяжение

Группа прочности	Тело бесшовной или сварной трубы						Сварной шов труб HFW, SAW и COW
	Предел текучести[a] $\sigma_{T0,5}$, МПа		Предел прочности[a] σ_B, МПа		Отношение[a, c] $\sigma_{T0,5}/\sigma_B$	Относительное удлинение на длине 50 мм δ, %	Предел прочности[d] σ_B, МПа
	не менее	не более	не менее	не более	не более	не менее	не менее
L245R или BR L245N или BN L245Q или BQ L245M или BM	245	450[e]	415	760	0,93	[f]	415
L290R или X42R L290N или X42N L290Q или X42Q L290M или X42M	290	495	415	760	0,93	[f]	415
L320N или X46N L320Q или X46Q L320M или X46M	320	525	435	760	0,93	[f]	435
L360N или X52N L360Q или X52Q L360M или X52M	360	530	460	760	0,93	[f]	460
L390N или X56N L390Q или X56Q L390M или X56M	390	545	490	760	0,93	[f]	490
L415N или X60N L415Q или X60Q L415M или X60M	415	565	520	760	0,93	[f]	520
L450Q или X65Q L450M или X65M	450	600	535	760	0,93	[f]	535
L485Q или X70Q L485M или X70M	485	635	570	760	0,93	[f]	570

Окончание таблицы 7

Группа прочности	Тело бесшовной или сварной трубы						Сварной шов труб HFW, SAW и COW
	Предел текучести[a] $\sigma_{T0,5}$, МПа		Предел прочности[a] σ_B, МПа		Отношение[a, c] $\sigma_{T0,5}/\sigma_B$	Относительное удлинение на длине 50 мм δ, %	Предел прочности[d] σ_B, МПа
	не менее	не более	не менее	не более	не более	не менее	не менее
L555Q или X80Q L555M или X80M	555	705	625	825	0,93	[f]	625
L625M или X90M	625	775	695	915	0,95	[f]	695
L625Q или X90Q	625	775	695	915	0,97 [g]	[f]	—
L690M или X100M	690 [b]	840 [b]	760	990	0,97 [h]	[f]	760
L690Q или X100Q	690 [b]	840 [b]	760	990	0,97 [h]	[f]	—
L830M или X120M	830 [b]	1050 [b]	915	1145	0,99 [h]	[f]	915

[a] Для промежуточных групп прочности разность между заданным максимальным и заданным минимальным пределами текучести должна быть равна разности для следующей более высокой группы прочности, указанной в настоящей таблице; а разность между заданными минимальным пределом прочности и пределом текучести для тела трубы должна быть равна разности для следующей более высокой группы прочности, указанной в настоящей таблице. Для промежуточных групп прочности L320 или X46 и ниже предел прочности не должен превышать 655 МПа. Для промежуточных групп прочности выше L320 или X46 и до L555 или X80 предел прочности не должен превышать 760 МПа. Для промежуточных групп прочности выше L555 или X80 максимальный допустимый предел прочности должен быть определен интерполяцией. Полученное расчетное значение должно быть округлено до 5 МПа.

[b] Для групп прочности выше L625 или X90 применяют $\sigma_{T0,2}$.

[c] Настоящее предельное значение применимо для труб наружным диаметром D > 323,9 мм.

[d] Для промежуточных групп прочности заданный минимальный предел прочности при растяжении для сварного шва должен быть равен заданному минимальному пределу прочности для тела трубы, определенному в соответствии со сноской «а».

[e] Предел текучести, определенный на образцах, вырезанных в продольном направлении, не должен превышать 495 МПа.

[f] Установленное минимальное относительное удлинение, %, должно быть расчитано по следующей формуле:

$$\delta = 1940 \frac{A_{XC}^{0,2}}{\sigma_{B_{min}}^{0,9}}, \quad (4)$$

где A_{XC} — применяемая для расчета площадь поперечного сечения образца для испытания на растяжение, мм^2:

- для цилиндрических образцов: 130 мм^2 — для образцов диаметром 12,5 мм и 8,9 мм; и 65 мм^2 — для образцов диаметром 6,4 мм;
- для образцов полного сечения: меньшее из следующих значений: a) 485 мм^2 или b) площади поперечного сечения образца, рассчитанной по наружному диаметру и толщине стенки трубы и округленной до 10 мм^2;
- для образцов в виде полосы: меньшее из следующих значений: a) 485 мм^2 или b) площади поперечного сечения образца, рассчитанной по ширине образца и толщине стенки трубы и округленной до 10 мм^2;

σ_{Bmin} — установленный минимальный предел прочности, МПа.

[g] По согласованию может быть установлено меньшее отношение $\sigma_{T0,5}/\sigma_B$

[h] Для групп прочности выше L625 или X90 применяют $\sigma_{T0,2}/\sigma_B$. По согласованию может быть установлено меньшее отношение $\sigma_{T0,2}/\sigma_B$.

9.4 Гидростатическое испытание

9.4.1 Труба должна выдерживать гидростатическое испытание без утечек через сварной шов или тело трубы, за исключением допускаемого в 9.4.2.

9.4.2 Стыкованные трубы допускается не подвергать гидростатическому испытанию при условии, что отрезки труб, использованные для их изготовления, выдержали гидростатическое испытание до операции соединения.

9.5 Испытание на загиб

Не допускается раскрытие сварного шва и образование трещин на любом участке образца для испытаний.

Примечание — При испытаниях на загиб к сварному шву относится расстояние 6,4 мм с каждой стороны от линии сплавления.

9.6 Испытание на сплющивание

При испытании на сплющивание применимы следующие критерии приемки:

a) для труб EW групп прочности L210 или A и выше и труб LW наружным диаметром $D < 323,9$ мм:

1) для труб групп прочности L415 или X60 и выше толщиной стенки $t \geq 12,7$ мм — не допускается раскрытие сварного шва, пока расстояние между плитами не станет менее 66 % исходного наружного диаметра трубы. Для всех других сочетаний групп прочности труб и толщины стенки — не допускается раскрытие сварного шва, пока расстояние между плитами не станет менее 50 % исходного наружного диаметра трубы;

2) для труб с отношением $D/t > 10$ — не допускаются трещины или разрывы на любом участке образца, кроме сварного шва, пока расстояние между плитами не станет менее 33 % исходного наружного диаметра трубы;

3) на протяжении всего испытания до соприкосновения противоположных стенок образца не должно быть признаков расслоения или трещин;

b) для труб EW и CW групп прочности L175 или A25 и L175P или A25P:

1) не допускается раскрытие сварного шва, пока расстояние между плитами не станет менее 75 % исходного наружного диаметра трубы;

2) не допускаются трещины или разрывы на любом участке образца, кроме сварного шва, пока расстояние между плитами не станет менее 60 % исходного наружного диаметра трубы.

Примечания

1 К сварному шву относится расстояние с каждой стороны от линии сплавления, равное 6,4 мм для труб наружным диаметром $D < 60,3$ мм и 13 мм для труб наружным диаметром $D \geq 60,3$ мм.

2 Если испытание на сплющивание труб EW, обрабатываемых на стане горячего редуцирования, проводят до такой обработки, то исходным диаметром является диаметр, указанный изготовителем; во всех других случаях исходным наружным диаметром является заданный наружный диаметр.

3 Термин «раскрытие шва» включает трещины, разломы или надрывы, которые стали видимыми в процессе испытания на сплющивание. Незначительные трещины в процессе испытания на кромках образца для испытаний не являются основанием для отбраковки.

9.7 Испытание на направленный загиб

9.7.1 За исключением допускаемого в 9.7.2, на образцах для испытаний не допускаются:

a) полное разрушение;

b) трещины или разрывы в металле сварного шва длиной более 3,2 мм независимо от их глубины;

c) трещины или разрывы в основном металле, зоне термического влияния или на линии сплавления длиной более 3,2 мм или глубиной более 12,5 % толщины стенки.

9.7.2 Трещины, возникающие в процессе испытания на кромках образца для испытаний, не являются основанием для отбраковки при условии, что их длина не превышает 6,4 мм.

9.8 Испытания на ударный изгиб образцов с V-образным надрезом (CVN) труб уровня PSL-2

9.8.1 Общие положения

9.8.1.1 Если применимы образцы меньшего размера, требуемое минимальное среднее значение работы удара (для комплекта из трех образцов) должно быть равным требуемому значению для образцов полного размера, умноженному на отношение ширины образца меньшего размера к ширине образца полного размера, с округлением расчетного значения до целого джоуля.

9.8.1.2 Значение результата испытаний для отдельного образца должно быть не менее 75 % требуемого минимального среднего значения работы удара (для комплекта из трех образцов).

9.8.1.3 Допускается проведение испытаний при температуре ниже установленной температуры испытания при условии соответствия результатов испытания при такой температуре установленным требованиям к работе удара и содержанию вязкой составляющей.

9.8.2 Испытания тела трубы

9.8.2.1 Минимальное среднее значение работы удара (для комплекта из трех образцов) при испытании тела трубы должно соответствовать требованиям таблицы 8, указанным для образцов полного размера, и температуре испытания 0 °С или, если согласовано, более низкой температуре испытаний.

Примечание — Значения работы удара, указанные в таблице 8, обеспечивают достаточную стойкость к началу разрушения для большинства конструкций трубопроводов.

Таблица 8 — Требования к работе удара образцов с V-образным надрезом (CVN) для тела труб уровня PSL-2 при испытаниях на ударный изгиб

Наружный диаметр D, мм	Работа удара образца с V-образным надрезом (CVN) полного размера K_V, Дж, не менее						
	Группа прочности						
	до L415 включ. или X60	св. L415 или X60 до L450 включ. или X65	св. L450 или X65 до L485 включ. или X70	св. L485 или X70 до L555 включ. или X80	св. L555 или X80 до L625 включ. или X90	св. L625 или X90 до L690 включ. или X100	св. L690 или X100 до L830 включ. или X120
До 508 включ.	27	27	27	40	40	40	40
Св. 508 до 762 включ.	27	27	27	40	40	40	40
Св. 762 до 914 включ.	40	40	40	40	40	54	54
Св. 914 до 1219 включ.	40	40	40	40	40	54	68
Св. 1219 до 1422 включ.	40	54	54	54	54	68	81
Св. 1422 до 2134 включ.	40	54	68	68	81	95	108

9.8.2.2 Для сварных труб наружным диаметром $D \leq 508$ мм, если согласовано, среднее содержание вязкой составляющей в изломе образцов после испытания (для комплекта из трех образцов) должно быть не менее 85 %, при проведении испытания при температуре 0 °С или, если согласовано, при более низкой температуре.

Примечание — Такое содержание вязкой составляющей обеспечивает стойкость к хрупкому разрушению при температуре, равной или выше температуры испытания.

9.8.2.3 Если 9.8.2.2 не применим для какой-либо позиции заказа, то содержание вязкой составляющей в изломе образцов после испытания все равно должно быть определено для всех групп прочности и размеров труб — для справки, если не согласовано иное.

9.8.3 Испытания сварных швов труб и зоны термического влияния

Для сварного шва и зоны термического влияния среднее значение работы удара (для комплекта из трех образцов) при испытании образцов полного размера и температуре испытания 0 °С или, если согласовано, при более низкой температуре, должно быть не менее:

a) 27 Дж — для труб наружным диаметром $D < 1\,422$ мм групп прочности L555 или X80 и ниже;

b) 40 Дж — для труб наружным диаметром $D \geq 1\,422$ мм;

c) 40 Дж — для труб групп прочности выше L555 или X80.

9.9 Испытание падающим грузом (DWT) для сварных труб уровня PSL-2

9.9.1 Среднее содержание вязкой составляющей в изломе образцов после испытания (комплекта из двух образцов) должно быть не менее 85 % при испытании при температуре 0 °С или, если согласовано, при более низкой температуре. Для труб толщиной стенки более 25,4 мм требования приемки результатов испытания падающим грузом (DWT) должны быть согласованы.

Примечания

1 Такое содержание вязкой составляющей обеспечивает стойкость к хрупкому разрушению при температуре, равной или выше температуры испытания.

2 Достаточное содержание вязкой составляющей в изломе образцов после испытания в сочетании с достаточной работой удара, при испытании образцов с V-образным надрезом (CVN), необходимо для предотвращения хрупкого разрушения и контроля вязкого разрушения в газопроводах (приложение G и таблица 20).

9.9.2 Допускается проведение испытания при температуре ниже установленной температуры испытания, при условии соответствия результатов испытания при такой температуре установленным требованиям к работе удара и содержанию вязкой составляющей.

9.10 Состояние поверхности, несовершенства и дефекты

9.10.1 Общие положения

9.10.1.1 Трубы в готовом состоянии не должны иметь дефектов.

9.10.1.2 Трубы не должны иметь трещин, раковин и непроваров.

9.10.1.3 Критерии приемки для несовершенств, выявленных неразрушающим контролем, должны соответствовать требованиям приложения Е.

9.10.2 Подрезы

Подрезы на трубах SAW и COW, выявляемые при визуальном контроле, должны быть изучены, классифицированы и обработаны следующим образом:

a) подрезы глубиной менее 0,4 мм, допустимые независимо от их длины, должны быть обработаны в соответствии с С.1;

b) подрезы глубиной более 0,4, но не более 0,8 мм, допустимы, если они обработаны в соответствии с С.2 при следующих условиях:

1) длина отдельных подрезов не более 0,5*t*;
2) глубина отдельных подрезов не более 0,1*t*;
3) на любом участке сварного шва длиной 300 мм не более двух таких подрезов;

c) подрезы, превышающие ограничения, установленные в перечислении b), должны быть классифицированы как дефекты и обработаны в соответствии с С.3.

Примечание — Подрезы лучше всего могут быть выявлены визуальным контролем.

9.10.3 Прожоги

9.10.3.1 Прожоги должны быть классифицированы как дефекты.

Примечания

1 Прожоги представляют собой локализованные точки проплавления поверхности, возникающие вследствие образования дуги между электродом и поверхностью трубы.

2 Прижоги представляют собой прерывистые отметки вдоль линии сплавления труб EW, которые возникают вследствие электрического контакта между электродами, подающими сварочный ток, и поверхностью трубы, их обрабатывают в соответствии с 9.10.7.

9.10.3.2 Прожоги должны быть обработаны в соответствии с С.2 или С.3 (перечисление b) или c)), если они не могут быть удалены зачисткой или механической обработкой, после которых образующееся углубление должно быть тщательно зачищено и проверено на полноту удаления дефекта путем травления 10%-ным раствором персульфата аммония или 5%-ного раствора ниталя.

9.10.4 Расслоения

Выходящие на торец трубы или фаску расслоения или включения, длина которых по окружности при визуальном определении превышает 6,4 мм, должны быть классифицированы как дефекты. Трубы с такими дефектами должны быть забракованы или подрезаны до тех пор, пока на концах труб не останется следов расслоений или включений.

9.10.5 Геометрические отклонения

9.10.5.1 За исключением вмятин, геометрические отклонения от правильной цилиндрической формы трубы (такие как плоские вогнутости и выпуклости) глубиной более 3,2 мм, которые возникают в

процессе формообразования трубы или технологических операций, измеряемые по расстоянию между крайней точкой отклонения и линией продления обычного контура трубы, должны считаться дефектами и быть обработаны в соответствии с С.3, перечисление b) или с).

9.10.5.2 Длина вмятин в любом направлении должна быть не более 0,5*D*, а глубина, измеряемая по расстоянию между крайней точкой отклонения и линией продления обычного контура трубы, не должна превышать следующих значений:

a) 3,2 мм — для вмятин с острым дном, образующихся при холодном формообразовании;

b) 6,4 мм — для остальных вмятин.

Вмятины, превышающие установленные ограничения, должны считаться дефектами и быть обработаны в соответствии с С.3, перечисление b) или с).

9.10.6 Участки повышенной твердости

Участки повышенной твердости размером более 50 мм в любом направлении должны считаться дефектами, если их твердость превышает 35 HRC, 345 HV10 или 327 HBW по отдельным отпечаткам. Трубы с такими дефектами должны быть обработаны в соответствии с С.3, перечисление b) или с).

9.10.7 Другие несовершенства поверхности

Другие несовершенства поверхности, обнаруженные при визуальном контроле, должны быть изучены, классифицированы и обработаны следующим образом:

a) несовершенства глубиной не более 0,125*t*, не уменьшающие толщину стенки ниже минимального допустимого значения, должны быть классифицированы как допустимые несовершенства и обработаны в соответствии с С.1;

b) несовершенства глубиной более 0,125*t*, не уменьшающие толщину стенки ниже минимального допустимого значения, должны быть классифицированы как дефекты и удалены абразивной зачисткой в соответствии с С.2 или обработаны в соответствии с С.3;

c) несовершенства, уменьшающие толщину стенки ниже минимального допустимого значения, должны быть классифицированы как дефекты и обработаны в соответствии с С.3.

Примечание — Под «несовершенствами, уменьшающими толщину стенки ниже минимального допустимого значения» понимают несовершенства, толщина стенки под которыми менее минимального допустимого значения.

9.11 Размеры, масса и отклонения

9.11.1 Размеры

9.11.1.1 Трубы должны поставляться размерами, указанными в заказе на поставку, с учетом допустимых отклонений.

9.11.1.2 Наружный диаметр и толщина стенки должны быть в пределах допустимых ограничений, указанных в таблице 9.

Таблица 9 — Допустимые наружный диаметр и толщина стенки

В миллиметрах

Наружный диаметр *D*	Толщина стенки *t*	
	Специальная облегченная труба[a]	Обычная труба
От 10,3 до 13,7 включ.	—	От 1,7 до 2,4 включ.
Св. 13,7 до 17,1 включ.	—	От 2,2 до 3,0 включ.
Св. 17,1 до 21,3 включ.	—	От 2,3 до 3,2 включ.
Св. 21,3 до 26,7 включ.	—	От 2,1 до 7,5 включ.
Св. 26,7 до 33,4 включ.	—	От 2,1 до 7,8 включ.
Св. 33,4 до 48,3 включ.	—	От 2,1 до 10,0 включ.
Св. 48,3 до 60,3 включ.	—	От 2,1 до 12,5 включ.
Св. 60,3 до 73,0 включ.	От 2,1 до 3,6 включ.	Св. 3,6 до 14,2 включ.
Св. 73,0 до 88,9 включ.	От 2,1 до 3,6 включ.	Св. 3,6 до 20,0 включ.
Св. 88,9 до 101,6 включ.	От 2,1 до 4,0 включ.	Св. 4,0 до 22,0 включ.
Св. 101,6 до 168,3 включ.	От 2,1 до 4,0 включ.	Св. 4,0 до 25,0 включ.

Окончание таблицы 9

Наружный диаметр *D*	Толщина стенки *t*	
	Специальная облегченная труба[a]	Обычная труба
Св. 168,3 до 219,1 включ.	От 2,1 до 4,0 включ.	Св. 4,0 до 40,0 включ.
Св. 219,1 до 273,1 включ.	От 3,2 до 4,0 включ.	Св. 4,0 до 40,0 включ.
Св. 273,1 до 323,9 включ.	От 3,6 до 5,2 включ.	Св. 5,2 до 45,0 включ.
Св. 323,9 до 355,6 включ.	От 4,0 до 5,6 включ.	Св. 5,6 до 45,0 включ.
Св. 355,6 до 457,0 включ.	От 4,5 до 7,1 включ.	Св. 7,1 до 45,0 включ.
Св. 457,0 до 559,0 включ.	От 4,8 до 7,1 включ.	Св. 7,1 до 45,0 включ.
Св. 559,0 до 711,0 включ.	От 5,6 до 7,1 включ.	Св. 7,1 до 45,0 включ.
Св. 711,0 до 864,0 включ.	От 5,6 до 7,1 включ.	Св. 7,1 до 52,0 включ.
Св. 864,0 до 965,0 включ.	—	От 5,6 до 52,0 включ.
Св. 965,0 до 1422,0 включ.	—	От 6,4 до 52,0 включ.
Св. 1422,0 до 1829,0 включ.	—	От 9,5 до 52,0 включ.
Св.1829,0 до 2134,0 включ.	—	От 10,3 до 52,0 включ.

[a] Трубы, имеющие такое сочетание наружного диаметра и толщины стенки, называют специальными облегченными трубами. Трубы, имеющие другие сочетания, указанные в настоящей таблице, называют обычными трубами. Трубы с промежуточным сочетанием наружного диаметра и толщины стенки, по отношению к указанным в настоящей таблице, считаются специальными трубами, если ближайшее меньшее сочетание, указанное в настоящей таблице, относится к специальным облегченным трубам; трубы с другими промежуточными сочетаниями считаются обычными трубами.

Примечания

1 Стандартизованные значения наружного диаметра и толщины стенки труб приведены в стандартах [7] и [8].

2 Стандартизованные значения наружного диаметра и толщины стенки труб также приведены в соответствующих межгосударственных стандартах на сортамент труб в зависимости от способа их производства.

9.11.1.3 Трубы должны поставляться немерной длиной в установленном интервале длин или приблизительной длиной в соответствии с указанной в заказе на поставку.

9.11.2 Масса на единицу длины

Массу на единицу длины m_1, кг/м, рассчитывают по следующей формуле:

$$m_1 = 0{,}02466t(D-t), \tag{5}$$

где t — толщина стенки, указанная в заказе, мм;

D — наружный диаметр, указанный в заказе, мм.

Для труб с резьбой и муфтами масса, определенная как указано выше, должна соответствовать расчетной массе или скорректированной расчетной массе в пределах отклонений, установленных в 9.14.

Примечания

1 Номинальная масса трубы представляет собой произведение ее длины на массу единицы длины.

2 Формула (5) не учитывает увеличение массы трубы за счет массы усиления сварного шва или швов. В национальной промышленности рекомендуется рассчитывать массу на единицу длины сварных труб по формуле (5) при умножении ее на поправочный коэффициент, равный 1,010 — для спиралешовных и прямошовных труб с одним швом, 1,015 — для прямошовных труб с двумя швами.

9.11.3 Предельные отклонения диаметра, толщины стенки, длины и прямолинейности

9.11.3.1 За исключением допустимого в С.2.3, предельные отклонения диаметра и овальность не должны превышать значений указанных в таблице 10 (с учетом 10.2.8.2).

9.11.3.2 Предельные отклонения толщины стенки не должны превышать значений, указанных в таблице 11.

Таблица 10 — Предельные отклонения диаметра и овальность

В миллиметрах

Наружный диаметр D	Предельное отклонение диаметра[d]				Овальность	
	труб, кроме концов[a]		концов труб[a, b, c]		труб, кроме концов[a]	концов труб[a, b, c]
	Бесшовные трубы	Сварные трубы	Бесшовные трубы	Сварные трубы		
До 60,3	+ 0,4 – 0,8		+ 0,4 – 0,8		1,2	0,9
От 60,3 до 168,3 включ.	± 0,0075D		+ 1,6 – 0,4		0,020D для $D/t \leq 75$; по согласованию для $D/t > 75$	0,015D для $D/t \leq 75$; по согласованию для $D/t > 75$
Св. 168,3 до 610 включ.	± 0,0075D	± 0,0075D, но не более ± 3,2	± 0,005D, но не более ± 1,6		0,020D	0,015D
Св. 610 до 1 422 включ.	± 0,01D	± 0,005D, но не более ± 4,0	± 2,0	± 1,6	0,015D, но не более 15 для $D/t \leq 75$; по согласованию для $D/t > 75$	0,01D, но не более 13 для $D/t \leq 75$; по согласованию для $D/t > 75$
Св. 1 422	По согласованию					

[a] Конец трубы — это участок длиной 100 мм от каждого торца трубы.

[b] Для бесшовных труб предельные отклонения применимы для труб толщиной стенки $t \leq 25{,}0$ мм, предельные отклонения для труб с большей толщиной стенки должны быть согласованы.

[c] Для экспандированных труб наружным диаметром $D \geq 219{,}1$ мм и неэкспандированных труб предельные отклонения диаметра и овальность могут быть определены по расчетному внутреннему диаметру (наружный диаметр минус двойная толщина стенки) или по измеренному внутреннему диаметру вместо наружного диаметра (10.2.8.3).

[d] Для определения соответствия предельным отклонениям диаметра, диаметр трубы определяют как частное от деления длины окружности трубы в любой плоскости на число «π».

Таблица 11 — Предельные отклонения толщины стенки

В миллиметрах

Толщина стенки t	Предельное отклонение [a]
Бесшовные трубы (SMLS) [b]	
До 4,0 включ.	+ 0,6 – 0,5
Св. 4,0 до 25,0	+ 0,150t – 0,125t
От 25,0	+ 3,7 или + 0,1t, что более – 3,0 или – 0,1t, что более
Сварные трубы [c, d]	
До 5,0 включ.	± 0,5
Св. 5,0 до 15,0	± 0,1t
От 15,0	± 1,5

[a] Если в заказе на поставку указано минусовое предельное отклонение толщины стенки менее установленного в настоящей таблице, плюсовое предельное отклонение должно быть увеличено настолько, чтобы сохранить неизменным поле допуска.

[b] Для труб наружным диаметром $D \geq 355{,}6$ мм и толщиной стенки $t \geq 25{,}0$ мм допускается локальное превышение предельных отклонений толщины стенки сверх установленного плюсового предельного отклонения толщины стенки на 0,05 t при условии, что не будет превышено плюсовое предельное отклонение массы (9.14).

[c] Плюсовое отклонение толщины стенки не применимо к зоне сварного соединения.

[d] Дополнительные ограничения приведены в 9.13.2.

9.11.3.3 Предельные отклонения длины труб должны соответствовать следующим требованиям:

a) если не согласовано иное, трубы немерной длины должны поставляться в пределах отклонений, указанных в таблице 12.

Таблица 12 — Предельные отклонения длины немерных труб

В метрах

Обозначение интервала длин	Минимальная длина	Минимальная средняя длина для каждой позиции заказа	Максимальная длина
Трубы с резьбой и муфтами			
6	4,88	5,33	6,86
9	4,11	8,00	10,29
12	6,71	10,67	13,72
Трубы с концами без резьбы			
6	2,74	5,33	6,86
9	4,11	8,00	10,29
12	4,27	10,67	13,72
15	5,33	13,35	16,76
18	6,40	16,00	19,81
24	8,53	21,34	25,91

b) трубы приблизительной длины должны поставляться в пределах отклонений ± 500 мм.

c) если согласована поставка стыкованных труб длиной менее 15,0 м, сваренных из двух труб, то они могут быть поставлены в количестве не более 5 % от заказа или по согласованию.

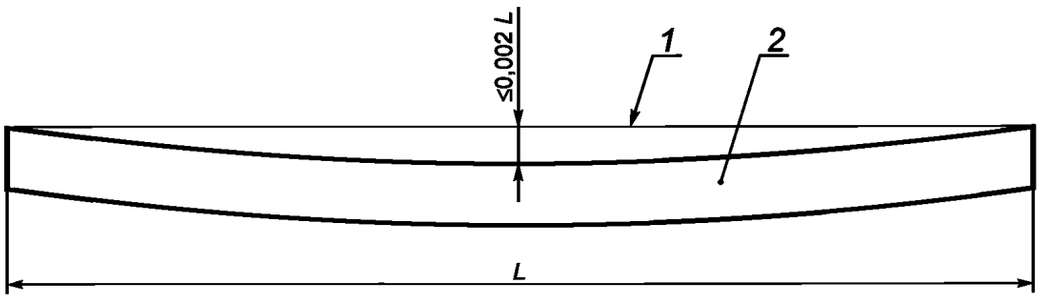
d) если согласована поставка стыкованных труб длиной 15,0 м и более, сваренных из двух труб, то они могут быть поставлены в количестве всего заказа или его части.

e) если согласована поставка стыкованных труб длиной 15,0 м и более, сваренных из трех труб, то они могут быть поставлены в количестве не более 5 % от заказа или по согласованию.

9.11.3.4 Допустимые отклонения от прямолинейности не должны превышать следующих значений:

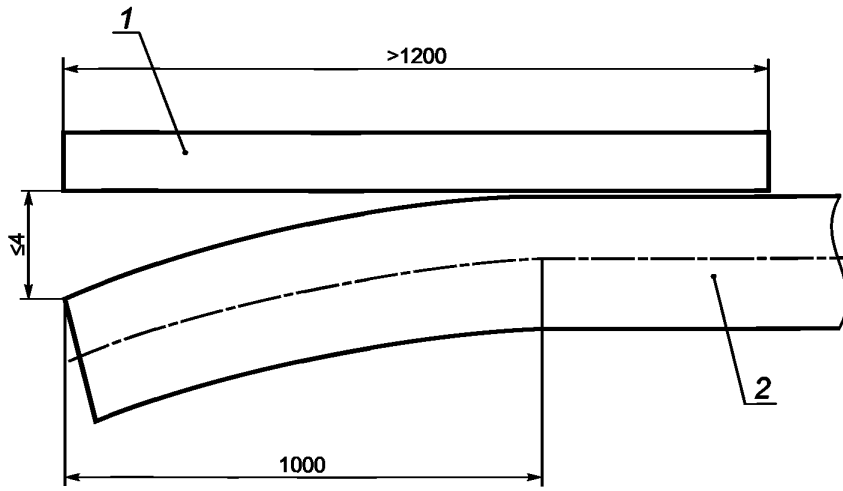
a) отклонения от общей прямолинейности не более 0,2 % общей длины трубы, как показано на рисунке 1;

b) отклонения от концевой прямолинейности не более 4,0 мм на длине 1 м от каждого торца, как показано на рисунке 2.



1 — натянутая струна или проволока; *2* — труба

Рисунок 1 — Измерение общей прямолинейности



1 — линейка; *2* — труба

Рисунок 2 — Измерение концевой прямолинейности

9.12 Отделка концов труб

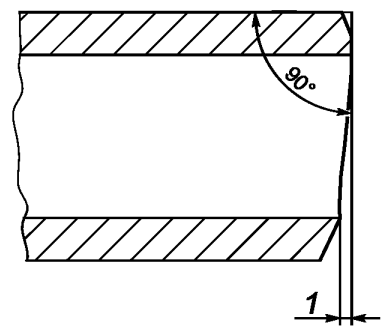
9.12.1 Общие положения

9.12.1.1 Трубы группы прочности L175P или A25P уровня PSL-1 должны поставляться с нарезными концами; трубы других групп прочности уровня PSL-1 должны поставляться с концами без резьбы, если в заказе на поставку не указана другая допустимая отделка концов (таблица 2).

9.12.1.2 Трубы уровня PSL-2 должны поставляться с концами без резьбы.

9.12.1.3 На торцах труб не должно быть заусенцев.

9.12.1.4 Неперпендикулярность торцов труб, измеряемая как показано на рисунке 3, не должна превышать 1,6 мм.



1 — отклонение от перпендикулярности

Рисунок 3 — Неперпендикулярность торца трубы

9.12.2 Нарезные концы труб (только уровень PSL-1)

9.12.2.1 Нарезные концы труб должны соответствовать требованиям API Spec 5B к нарезанию, контролю и калибровке резьбы.

9.12.2.2 На один из концов каждой нарезной трубы должна быть установлена муфта, соответствующая требованиям приложения F, резьба другого конца трубы должна быть защищена в соответствии с требованиями 12.2.

9.12.2.3 Муфты должны быть установлены на трубу ручным свинчиванием или, если согласовано, механическим свинчиванием.

Примечание — Ручное свинчивание означает свинчивание с таким усилием, чтобы муфту нельзя было снять без применения ключа. Цель свинчивания муфт с таким усилием заключается в том, чтобы облегчить

развинчивание муфт для очистки и контроля резьбы и нанесения свежей резьбовой смазки перед укладкой труб. Такая процедура была признана необходимой для предотвращения утечек через резьбу, особенно на газопроводах, поскольку механически навинченные муфты, установленные изготовителем, являются герметичными после свинчивания, но могут потерять герметичность в процессе транспортирования, операций погрузки-разгрузки и укладки.

9.12.2.4 Перед свинчиванием соединения на всю поверхность резьбы муфты или на соответствующую резьбу на конце трубы должна быть нанесена резьбовая смазка, соответствующая по характеристикам требованиям ISO 13678 или API RP 5A3. Вся открытая резьба должна быть покрыта консервационной смазкой, допускается нанесение резьбовой смазки вместо консервационной, при этом цвет консервационной смазки должен отличаться от цвета резьбовой смазки. Если между изготовителем и заказчиком не согласовано иное, вид смазки, наносимой на открытую резьбу, выбирает изготовитель. Какая бы смазка ни была использована, она должна быть нанесена на чистую и достаточно сухую поверхность резьбы (без следов влаги и смазочно-охлаждающих жидкостей).

9.12.3 Раструбные концы труб (только уровень PSL-1)

9.12.3.1 Раструбные трубы должны поставляться с одним раструбным концом, форма и размеры которого должны соответствовать указанным в заказе на поставку.

9.12.3.2 Раструбные концы труб подлежат визуальному контролю на соответствие требованиям 9.10.

9.12.4 Концы труб, подготовленные для свинчивания со специальными муфтами (только уровень PSL-1)

9.12.4.1 Если применимо, трубы должны поставляться с концами, подготовленными для свинчивания со специальными муфтами, форма и размеры концов должны соответствовать требованиям заказа на поставку.

9.12.4.2 На концах труб на расстоянии не менее 200 мм от каждого торца трубы не должно быть отпечатков, выступов и следов от инструмента для того, чтобы обепечить нормальное их свинчивания с муфтами.

9.12.5 Концы труб без резьбы

9.12.5.1 Если не согласовано иное, трубы с концами без резьбы толщиной стенки $t \leq 3{,}2$ мм должны поставляться с перпендикулярно обрезанными торцами.

9.12.5.2 Если не согласовано иное, на торцах труб с концами без резьбы толщиной стенки $t > 3{,}2$ мм должна быть выполнена фаска под сварку. За исключением предусмотренного в 9.12.5.3, угол фаски, измеряемый от линии, перпендикулярной к оси трубы, должен быть равен (30^{+5}) градусов, ширина торцевого притупления — (1,6 ± 0,8) мм.

9.12.5.3 Если согласовано, допускается поставка труб с другой фаской, например, соответствующей [9].

9.12.5.4 Если проводят механическую обработку внутренней поверхности бесшовной трубы, то угол внутренней фаски, измеренный от продольной оси трубы, не должен превышать значений, указанных в таблице 13.

9.12.5.5 При удалении внутренних заусенцев на сварных трубах наружным диаметром $D > 114{,}3$ мм угол внутренней фаски, измеренный от продольной оси трубы, не должен превышать 7,0 градусов.

Таблица 13 — Максимальный угол внутренней фаски для бесшовных труб (SMLS)

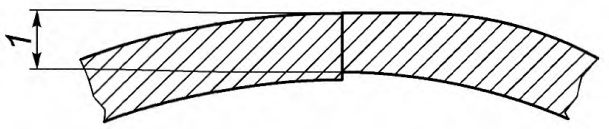
Толщина стенки *t*, мм	Максимальный угол фаски, градусов
До 10,5	7,0
От 10,5 до 14,0	9,5
От 14,0 до 17,0	11,0
От 17,0	14,0

9.13 Предельные отклонения для сварных швов

9.13.1 Радиальное смещение кромок рулонного или листового проката

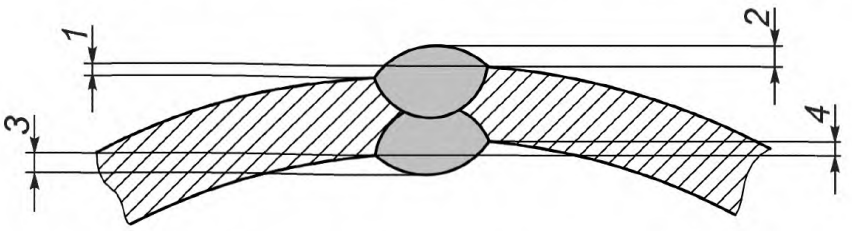
Для труб EW и LW радиальное смещение кромок рулонного или листового проката (рисунок 4 *a*) не должно приводить к уменьшению остаточной толщины стенки в сварном шве менее минимальной допустимой.

Для труб SAW и COW радиальное смещение кромок рулонного или листового проката (рисунок 4 *b* или рисунок 4 *c*, какой применим) не должно превышать допустимых значений, указанных в таблице 14.



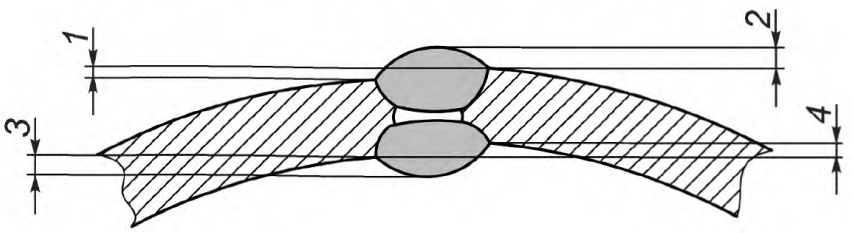
1 — остаточная толщина стенки в сварном шве

a — Радиальное смещение кромок рулонного или листового проката на трубах EW и LW



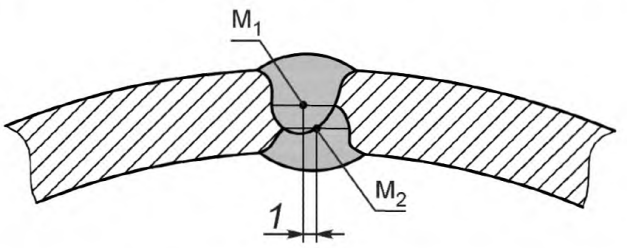
1 — наружное радиальное смещение; *2* — высота наружного валика сварного шва;
3 — высота внутреннего валика сварного шва; *4* — внутреннее радиальное смещение

b — Радиальное смещение кромок рулонного или листового проката
и высота валиков сварного шва на трубах SAW



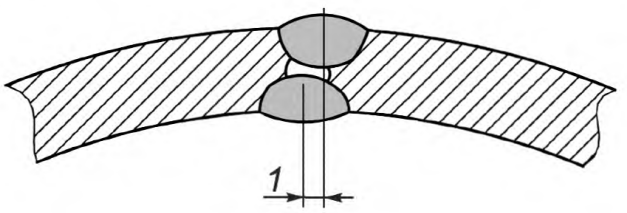
1 — наружное радиальное смещение; *2* — высота наружного валика сварного шва;
3 — высота внутреннего валика сварного шва; *4* — внутреннее радиальное смещение

c — Радиальное смещение кромок рулонного или листового проката
и высота валиков сварного шва на трубах COW



1 — смещение, представляющее собой расстояние между двумя линиями, проведенными через точки M1 и M2 перпендикулярно касательной к поверхности трубы; M1, M2 — средние точки двух параллельных линий, проходящих через валик сварного шва, которые параллельны касательной к поверхности трубы и проходят через точки пересечения линий сплавления внутреннего и наружного валиков

d — Смещение валиков сварного шва на трубах SAW



1 — смещение

e — Смещение валиков сварного шва на трубах COW

Рисунок 4 — Отклонения размеров сварного шва

Таблица 14 — Максимальное допустимое радиальное смещение кромок рулонного или листового проката для труб SAW и COW

В миллиметрах

Толщина стенки *t*	Максимальное допустимое радиальное смещение кромок[a]
До 15,0 включ.	1,5
Св. 15,0 до 25,0 включ.	0,1*t*
Св. 25,0	2,5
[a] Настоящие ограничения применимы также к стыковым сварным швам концов рулонного или листового проката.	

9.13.2 Высота грата или валика/усиления сварного шва

9.13.2.1 Для труб EW и LW должны применяться следующие требования:

a) наружный грат должен быть удален вровень с поверхностью трубы;

b) высота остатка внутреннего грата, выступающего над прилежащей поверхностью трубы не должна превышать 1,5 мм;

c) толщина стенки в месте удаления грата не должна быть менее минимальной допустимой толщины стенки;

d) глубина углубления, образующегося после удаления внутреннего грата, не должна превышать допустимых значений, указанных в таблице 15.

Таблица 15 — Максимальная допустимая глубина углубления на трубах EW и LW

В миллиметрах

Толщина стенки *t*	Максимальная допустимая глубина углубления [a]
До 4,0 включ.	0,1*t*
Св. 4,0 до 8,0 включ.	0,4
Св. 8,0	0,05*t*
[a] Глубину углубления определяют как разность между толщиной стенки на расстоянии примерно 25 мм от линии сварного шва и минимальной толщиной стенки в месте удаления грата.	

9.13.2.2 Для труб SAW и COW должны применяться следующие требования:

a) поверхности внутреннего и наружного валиков сварного шва, кроме участков ремонта, не должны находиться ниже прилежащей поверхности трубы;

b) валики сварного шва должны плавно переходить к прилежащей поверхности трубы;

c) Внутренний валик сварного шва должен быть удален шлифованием на расстоянии не менее 100 мм от каждого конца трубы так, чтобы высота внутреннего валика сварного шва, выступающего над прилежащей поверхностью трубы, на расстоянии не менее 100 мм от каждого торца трубы не превышала 0,5 мм. На остальной части трубы высота внутреннего валика сварного шва, выступающего над прилежащей поверхностью трубы, не должна превышать допустимых значений, указанных в таблице 16.

Таблица 16 — Максимальная допустимая высота валика сварного шва для труб SAW и COW (кроме концов трубы)

В миллиметрах

Толщина стенки *t*	Высота валика сварного шва[a], не более	
	внутреннего	наружного
До 13,0 включ.	3,5	3,5
Св. 13,0	3,5	4,5
[a] Изготовитель может уменьшить высоту валиков сварных швов, превышающую допустимую, до допустимой высоты путем механической абразивной зачистки.		

d) высота наружного валика сварного шва, выступающего над прилежащей поверхностью трубы, не должна превышать допустимых значений, указанных в таблице 16;

e) если согласовано, высота наружного валика сварного шва, выступающего над прилежащей поверхностью трубы, на расстоянии не менее 150 мм от каждого торца трубы не должна превышать 0,5 мм.

9.13.3 Смещение валиков сварного шва на трубах SAW и COW

Для труб SAW (рисунок 4 *d*) и трубах COW (рисунок 4 *e*) смещение валиков сварного шва не является основанием для отбраковки, если оно находится в пределах следующих ограничений и было обеспечено полное проплавление и сплавление сварного шва, подтвержденное неразрушающим контролем: для труб толщиной стенки $t \leq 20$ мм смещение валиков сварного шва не должно превышать 3,0 мм, для труб толщиной стенки $t > 20{,}0$ мм — 4,0 мм.

9.14 Отклонения массы

9.14.1 За исключением предусмотренного в 9.14.2, отклонение массы отдельной трубы от номинальной массы трубы, рассчитанной умножением ее длины на массу единицы длины трубы (9.11.2), не должно превышать:

$\frac{+10{,}0}{-5{,}0}$ — для специальных облегченных труб с концами без резьбы (таблица 9);

$\frac{+10{,}0}{-5{,}0}$ — для труб групп прочности L175 или A25, L175P или A25P;

$\frac{+10{,}0}{-3{,}5}$ — для остальных труб.

9.14.2 Если в заказе на поставку указано минусовое отклонение толщины стенки менее соответствующего отклонения, приведенного в таблице 11, плюсовое отклонение массы должно быть увеличено на процент, эквивалентный соответствующему проценту уменьшения минусового отклонения толщины стенки.

9.14.3 Для каждой позиции заказа массой 18 т и более отклонение массы позиции заказа от номинальной массы, рассчитанной умножением общей длины труб по позиции заказа на массу единицы длины трубы (9.11.2), не должно превышать:

a) минус 3,5 % — для групп прочности L175 или A25, L175P или A25P;

b) минус 1,75 % — для остальных групп прочности.

9.15 Свариваемость металла труб уровня PSL-2

Если согласовано, изготовитель должен предоставить заказчику данные о свариваемости для соответствующей стали или провести испытания свариваемости в соответствии с условиями испытаний и критериями приемки, указанными в заказе на поставку.

Требования к химическому составу стали и, в частности, предельные значения CE_{Pcm} и CE_{IIW} (таблица 5, таблица H.1, таблица J.1 или таблица M.1 — какая применима) были выбраны для улучшения свариваемости металла; однако необходимо учитывать, что поведение стали в процессе сварки и после нее зависит не только от химического состава стали, но и от применяемых расходных материалов, условий подготовки и выполнения самой сварки.

10 Контроль

10.1 Виды контроля и приемочные документы

10.1.1 Общие положения

10.1.1.1 Соответствие требованиям заказа на поставку должно быть проверено приемочным контролем в соответствии с ISO 10474.

Примечания

1 В ISO 10474 «приемочный контроль» называется «специальным контролем».

2 Для целей настоящего подраздела EN 10204 считается эквивалентным ISO 10474.

3 Термин «приемочные документы», используемый в 10.1.2 и 10.1.3, эквивалентен и взаимозаменяем с термином «Отчеты об испытаниях материалов».

10.1.1.2 Приемочные документы должны применяться в печатном или электронном виде в системе электронного обмена данными (EDI), соответствующем любому соглашению об электронном обмене данными между заказчиком и изготовителем.

10.1.2 Приемочные документы для труб уровня PSL-1

10.1.2.1 Если согласовано, изготовитель должен предоставить заказчику свидетельство о прохождении технического контроля 3.1 А, 3.1 В или 3.1 С, соответствующее ISO 10474, или свидетельство о прохождении технического контроля 3.1 или 3.2, соответствующее EN 10204.

10.1.2.2 Если предоставление приемочного документа согласовано, следующая информация, если применима, должна быть указана по каждой позиции:

a) наружный диаметр, толщина стенки, уровень PSL-1, тип трубы, группа прочности трубы и состояние поставки;

b) химический состав (плавки и изделия);

c) результаты испытаний на растяжение, тип, размер, расположение и ориентация образцов для испытаний;

d) минимальное гидростатическое испытательное давление и длительность испытания;

e) для сварных труб — применяемый метод неразрушающего контроля сварного шва (рентгеновский, ультразвуковой или электромагнитный), а также тип и размер применяемого искусственного дефекта или эталона качества изображения;

f) для бесшовных труб (SMLS) — применяемый метод неразрушающего контроля (ультразвуковый, электромагнитный или магнитопорошковый), а также тип и размер применяемого искусственного дефекта;

g) для труб EW и LW — минимальная температура термообработки сварного шва или слова «Без термообработки», если термообработка не проводилась;

h) результаты любых дополнительных испытаний, указанных в заказе на поставку;

i) для стыкованных труб, труб с муфтами и/или для труб напорных трубопроводов, подтверждение того, что изделие отвечает требованиям приложений А, F и/или I, по применимости;

j) наименование и местоположение предприятий, задействованных в производстве труб, рулонного или листового проката и выплавке стали.

10.1.3 Приемочные документы для труб уровня PSL-2

10.1.3.1 Изготовитель должен предоставить заказчику свидетельство о прохождении технического контроля 3.1 В по ISO 10474 или 3.1 по EN 10204, если в заказе на поставку не указано предоставление свидетельства о прохождении технического контроля 3.1 А, 3.1 С или акт приемки 3.2 по ISO 10474 или 3.2 по EN 10204.

Примечание — В национальном стандарте ГОСТ Р 53364—2009 на виды приемочных документов, модифицированном по отношению к ISO 10474, вид документа «акт приемки 3.2» заменен на «акт приемки».

10.1.3.2 Следующая информация, если применима, должна быть указана по каждой позиции заказа:

a) наружный диаметр, толщина стенки, уровень PSL-2, тип трубы, группа прочности и состояние поставки;

b) химический состав (плавки и изделия) и углеродный эквивалент (по анализу изделия и критерий приемки);

c) результаты испытаний на растяжение, тип, размер, расположение и ориентация образцов для испытаний;

d) результаты испытаний на ударный изгиб образцов с V-образным надрезом (CVN); размер, расположение и ориентация образцов; температура испытаний и критерии приемки для применяемых образцов специального размера;

e) для сварных труб — результаты испытания падающим грузом (DWT) (отдельные результаты и средний результат для каждого испытания);

f) минимальное гидростатическое испытательное давление и длительность испытания;

g) для сварных труб — применяемый метод неразрушающего контроля сварного шва (рентгеновский, ультразвуковой или электромагнитный), а также тип и размер применяемого искусственного дефекта или эталона качества изображения;

h) для бесшовных труб (SMLS) — применяемый метод неразрушающего контроля (ультразвуковой, электромагнитный или магнитопорошковый), а также тип и размер применяемого искусственного дефекта;

i) для труб HFW — минимальная температура термообработки сварного шва;

j) для стыкованных труб и/или для труб напорных трубопроводов, подтверждение того, что изделие отвечает требованиям Приложений А и/или I, по применимости;

k) наименование и местоположение предприятий, задействованных в производстве труб, рулонного или листового проката и выплавке стали;

l) результаты любых дополнительных испытаний, указанных в заказе на поставку.

10.2 Приемочный контроль

10.2.1 Периодичность контроля

10.2.1.1 Периодичность контроля труб уровня PSL-1 должна соответствовать указанной в таблице 17.

10.2.1.2 Периодичность контроля труб уровня PSL-2 должна соответствовать указанной в таблице 18.

Таблица 17 — Периодичность контроля труб уровня PSL-1

№	Вид контроля	Тип трубы	Периодичность контроля[e]
1	Анализ плавки	Все трубы	Один анализ на плавку стали
2	Анализ изделия	SMLS, CW, LFW, HFW, LW, SAW, COW	Два анализа на плавку стали (отобраные от разных изделий)
3	Испытание на растяжение тела сварных труб диаметром $D \leq 48{,}3$ мм группы прочности L175 или A25	CW, LFW или HFW	Одно испытание на контролируемую партию[e] труб массой не более 25 т
4	Испытание на растяжение тела сварных труб диаметром $D \leq 48{,}3$ мм группы прочности L175P или A25P	CW	
5	Испытание на растяжение тела сварных труб диаметром $D > 48{,}3$ мм группы прочности L175 или A25	CW, LFW или HFW	Одно испытание на контролируемую партию труб массой не более 50 т
6	Испытание на растяжение тела сварных труб диаметром $D > 48{,}3$ мм группы прочности L175P или A25P	CW	
7	Испытание на растяжение тела бесшовных труб	SMLS	Одно испытание на контролируемую партию труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования[a]
8	Испытание на растяжение тела сварных труб группы прочности L175 или A25 и выше	LFW, HFW, LW, SAW или COW	
9	Испытание на растяжение продольного или спирального сварного шва сварных труб диаметром $D \geq 219{,}1$ мм	LFW, HFW, LW, SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования[a, b, c]
10	Испытание на растяжение стыкового сварного шва концов рулонного или листового проката для труб диаметром $D \geq 219{,}1$ мм	SAWH или COWH	Не менее одного испытания на 50 стыковых сварных швов концов рулонного или листового проката для труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования[a, c, d]
11	Испытание на загиб продольного сварного шва сварных труб диаметром $D \leq 48{,}3$ мм групп прочности L175 или A25 и L175P или A25P	CW, LFW, HFW	Одно испытание на контролируемую партию труб массой не более 25 т
12	Испытание на загиб продолного сварного шва сварных труб диаметром 48,3 мм $< D \leq 60{,}3$ мм групп прочности L175 или A25 и L175P или A25P	CW, LFW, HFW	Одно испытание на контролируемую партию труб массой не более 50 т
13	Испытание на направленный загиб продольного или спирального сварного шва сварных труб	SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию не более 50 труб одной группы прочности
14	Испытание на направленный загиб стыкового сварного шва концов рулонного или листового проката	SAWH или COWH	Не менее одного испытания на 50 стыковых сварных швов концов рулонного или листового проката для труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования[a, c, d]

Продолжение таблицы 17

№	Вид контроля	Тип трубы	Периодичность контроля[e]
15	Испытание на направленный загиб продольного сварного шва сварных труб диаметром $D \geq 323{,}9$ мм	LW	Одно испытание на контролируемую партию не более 50 труб одной группы прочности
16	Испытание сварных труб на сплющивание	CW, LFW, HFW или LW	Как показано на рисунке 6
17	Контроль твердости участков повышенной твердости сварных труб холодного формообразования	LFW, HFW, LW, SAW или COW	Любой участок повышенной твердости размером более 50 мм в любом направлении
18	Гидростатическое испытание	SMLS, CW, LFW, HFW, LW, SAW или COW	Каждая труба
19	Макрографический контроль продольного или спирального сварного шва сварных труб	SAW или COW	Не менее одного испытания в смену плюс испытание при любом изменении размера труб в течение рабочей смены или, если применимы положения 10.2.5.2, в начале производства каждого сочетания наружного диаметра и толщины стенки
20	Металлографический контроль продольного сварного шва сварных труб	LFW или HFW, кроме труб после нормализации всего тела трубы	Не менее одного испытания в смену плюс испытание при любом изменении группы прочности, наружного диаметра или толщины стенки, плюс одно испытание в случае значительных отклонений условий термообработки
21	Визуальный контроль	SMLS, CW, LFW, HFW, LW, SAW или COW	Каждая труба, кроме предусмотренного в 10.2.7.2
22	Измерение диаметра и овальности труб	SMLS, CW, LFW, HFW, LW, SAW или COW	Не менее одного испытания каждые 4 ч рабочей смены плюс испытание при любом изменении размера труб в течение рабочей смены
23	Измерение толщины стенки	Все трубы	Каждая труба (10.2.8.5)
24	Контроль других размеров	SMLS, CW, LFW, HFW, LW, SAW или COW	Контроль с условиями проведения по выбору изготовителя
25	Взвешивание труб диаметром $D < 141{,}3$ мм	SMLS, CW, LFW, HFW, LW, SAW или COW	Каждая труба или каждая партия, по выбору изготовителя
26	Взвешивание труб диаметром $D \geq 141{,}3$ мм	SMLS, CW, LFW, HFW, LW, SAW или COW	Каждая труба
27	Измерение длины	SMLS, CW, LFW, HFW, LW, SAW или COW	Каждая труба, кроме труб, изготовленных мерными длинами с точностью до 30 мм, которые нет необходимости измерять по отдельности при условии, что точность длины проверяется каждые 4 ч рабочей смены
28	Неразрушающий контроль	SMLS, CW, LFW, HFW, LW, SAW или COW	В соответствии с приложением E

[a] Коэффициент холодного экспандирования, установленный изготовителем и рассчитанный по указанному наружному диаметру или окружности до и после экспандирования. Увеличение или уменьшение коэффициента холодного экспандирования более чем на 0,002 требует формирования новой контролируемой партии.

Окончание таблицы 17

[b] На трубах с двумя продольными сварными швами подвергают контролю оба шва трубы, представляющей контролируемую партию.

[c] Один раз в неделю должно быть проведено испытание не менее одной трубы с каждой сварочной установки.

[d] Применимо только к готовым трубам со спиральным сварным швом, имеющим стыковые сварные швы концов рулонного или листового проката.

[e] Определение термина «контролируемая партия» — 4.20.

Таблица 18 — Периодичность контроля труб уровня PSL-2

№	Вид контроля	Тип трубы	Периодичность контроля[e]
1	Анализ плавки	Все трубы	Один анализ на плавку стали
2	Анализ изделия	SMLS, HFW, SAW или COW	Два анализа на плавку стали (отобранные от разных изделий)
3	Испытание на растяжение тела трубы наружным диаметром $D \leq 141{,}3$ мм	SMLS, HFW, SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию не более 400 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования[a]
4	Испытание на растяжение тела трубы наружным диаметром 141,3 мм < $D \leq 323{,}9$ мм	SMLS, HFW, SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию не более 200 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования[a]
5	Испытание на растяжение тела трубы наружным диаметром $D > 323{,}9$ мм	SMLS, HFW, SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию не более 100 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования[a]
6	Испытание на растяжение продольного или спирального сварного шва сварных труб наружным диаметром 219,1 мм ≤ $D \leq 323{,}9$ мм	HFW, SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию не более 200 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования[a, b, c]
7	Испытание на растяжение продольного или спирального сварного шва сварных труб наружным диаметром $D > 323{,}9$ мм	HFW, SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию не более 100 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования[a, b, c]
8	Испытание на растяжение стыкового сварного шва концов рулонного или листового проката для труб наружным диаметром $D \geq 219{,}1$ мм	SAWH или COWH	Одно испытание на контролируемую партию с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a]
9	Испытание на ударный изгиб образца с V-образным надрезом (CVN) от тела труб наружным диаметром и толщиной стенки, указанными в таблице 22	SMLS, HFW, SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования[a]
10	Если согласовано, испытание на ударный изгиб образца с V-образным надрезом (CVN) с продольным сварным швом от сварных труб наружным диаметром и толщиной стенки, указанными в таблице 22	HFW	Одно испытание на контролируемую партию труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования[a, b]
11	Испытание на ударный изгиб образца с V-образным надрезом (CVN) с продольным или спиральным сварным швом от сварных труб наружным диаметром и толщиной стенки, указанными в таблице 22	SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования[a, b, c]

Продолжение таблицы 18

№	Вид контроля	Тип трубы	Периодичность контроля[e]
12	Испытание на ударный изгиб образца с V-образным надрезом (CVN) со стыковым сварным швом концов рулонного или листового проката от сварных труб наружным диаметром и толщиной стенки, указанными в таблице 22	SAWH или COWH	Не менее одного испытания на 50 стыковых сварных швов концов рулонного или листового проката для труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования[a, c, d]
13	Если согласовано, испытание падающим грузом (DWT) тела сварных труб диаметром $D \geq 508$ мм	HFW, SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования[a]
14	Испытание на направленный загиб продольного или спирального сварного шва сварных труб	SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию не более 50 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования[a]
15	Испытание на направленный загиб стыкового сварного шва концов рулонного или листового проката	SAWH или COWH	Не менее одного испытания на 50 стыковых сварных швов концов рулонного или листового проката для труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования[a, b, d]
16	Испытание сварной трубы на сплющивание	HFW	Как показано на рисунке 6
17	Контроль твердости участков повышенной твердости сварных труб холодного формообразования	HFW, SAW или COW	Любой участок повышенной твердости размером более 50 мм в любом направлении
18	Гидростатическое испытание	SMLS, HFW, SAW или COW	Каждая труба
19	Макрографический контроль продольного или спирального сварного шва сварной трубы	SAW или COW	Не менее одного испытания в смену плюс испытание при любом изменении размера труб в течение рабочей смены или, если применимы положения 10.2.5.2 или 10.2.5.3, в начале производства каждого сочетания наружного диаметра и толщины стенки
20	Металлографический контроль (или, по выбору, контроль твердости вместо металлографического контроля) продольного сварного шва сварной трубы	HFW, кроме труб после нормализации всего тела трубы	Не менее одного испытания в смену плюс испытание при любом изменении группы прочности, наружного диаметра или толщины стенки, плюс одно испытание в случае значительных отклонений условий термообработки
21	Визуальный контроль	SMLS, HFW, SAW или COW	Каждая труба, кроме предусмотренного в 10.2.7.2
22	Измерение диаметра и овальности труб	SMLS, HFW, SAW или COW	Не менее одного испытания каждые 4 ч рабочей смены плюс испытание при любом изменении размера труб в течение рабочей смены
23	Измерение толщины стенки	Все трубы	Каждая труба (10.2.8.5)
24	Контроль других размеров	SMLS, HFW, SAW или COW	Контроль с условиями проведения по выбору изготовителя
25	Взвешивание труб диаметром $D < 141{,}3$ мм	SMLS, HFW, SAW или COW	Каждая труба или каждая партия, по выбору изготовителя

Окончание таблицы 18

№	Вид контроля	Тип трубы	Периодичность контроля[e]
26	Взвешивание труб диаметром $D \geq 141{,}3$ мм	SMLS, HFW, SAW или COW	Каждая труба
27	Измерение длины	SMLS, HFW, SAW или COW	Каждая труба, кроме труб, изготовленных мерными длинами с точностью до 30 мм, которые нет необходимости измерять по отдельности при условии, что точность длины проверяется каждые 4 ч рабочей смены.
28	Неразрушающий контроль	SMLS, HFW, SAW или COW	В соответствии с приложением E

[a] Коэффициент холодного экспандирования, установленный изготовителем и рассчитанный по указанному наружному диаметру или окружности до и после экспандирования. Увеличение или уменьшение коэффициента холодного экспандирования более чем на 0,002 требует формирования новой контролируемой партии.

[b] Не менее одного раза в неделю должно быть проведено испытание для труб, изготовляемых на каждой сварочной установке.

[c] На трубах с двумя продольными швами должны быть испытаны оба шва трубы, представляющей контролируемую партию.

[d] Применимо только к готовым трубам со спиральным сварным швом, имеющим стыковые сварные швы концов рулонного или листового проката.

[e] Определение термина «контролируемая партия» — 4.20.

10.2.2 Пробы и образцы для анализа изделия

Пробы отбирают, а образцы изготовляют в соответствии с ISO 14284 или ASTM E 1806. Пробы отбирают от труб, рулонного или листового проката.

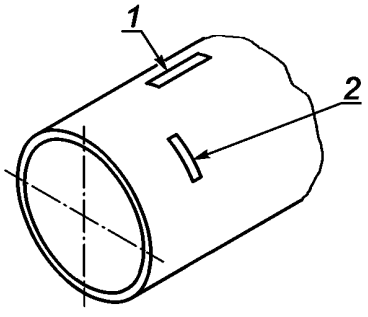
10.2.3 Пробы и образцы для механических испытаний

10.2.3.1 Общие положения

Пробы отбирают, а образцы изготовляют для испытаний на растяжение, ударный изгиб образцов с V-образным надрезом (CVN), падающим грузом (DWT), загиб, направленный загиб и сплющивание в соответствии с применимыми стандартами.

Пробы и образцы для разных видов испытаний отбирают из участков, показанных на рисунках 5 и 6, и в соответствии с таблицами 19 или 20, какая применима, а также с учетом дополнительных требований, приведенных в 10.2.3.2–10.2.3.7 и 10.2.4.

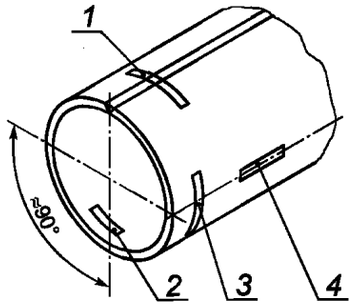
При проведении механических испытаний, указанных в разделе 9, образцы для испытаний с дефектами подготовки или несовершенствами, не связанными с целью конкретного механического испытания, независимо от того, выявлены они до испытания или после него, могут быть забракованы и заменены другими образцами от той же трубы.



1 — L — продольная проба; *2* — T — поперечная проба

а — Бесшовная труба

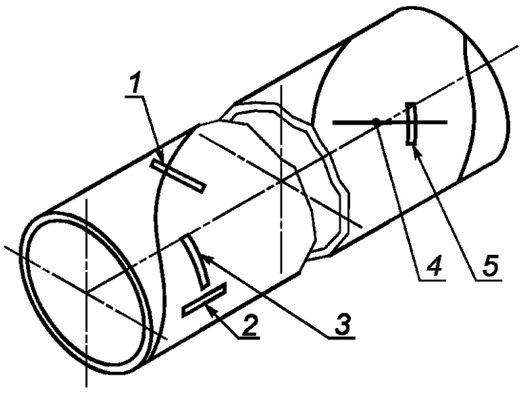
Рисунок 5 — Ориентация и расположение проб и образцов для испытаний



1 — W — поперечная проба со сварным швом по оси пробы; *2* — T180 — поперечная проба, расположенная под углом приблизительно 180° к продольному сварному шву; *3* — T90 — поперечная проба, расположенная под углом приблизительно 90° к продольному сварному шву; *4* — L90 — продольная проба, расположенная под углом приблизительно 90° к продольному сварному шву

Примечание — Для двухшовной трубы поперечную пробу *2* отбирают от второго сварного шва.

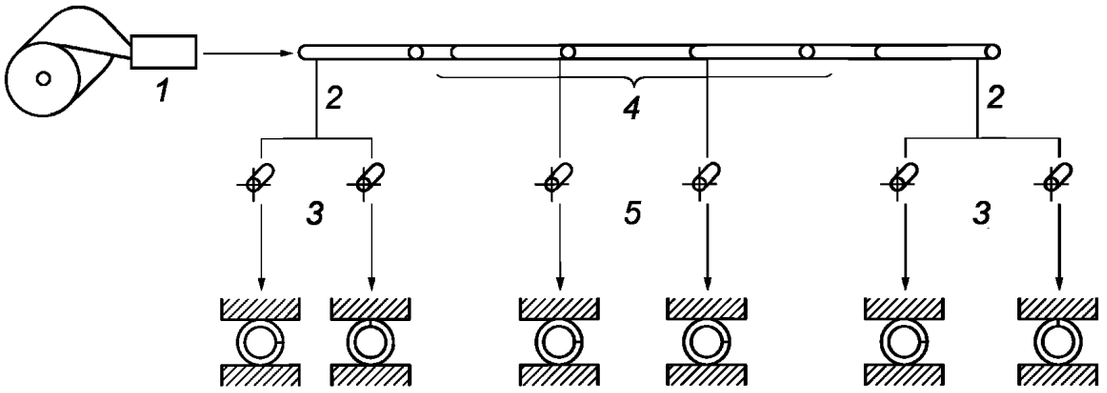
b — Трубы CW, LFW, HFW, LW, SAWL и COWL



1 — W — поперечная проба, со спиральным сварным швом по оси пробы; *2* — L — продольная проба, расположенная на расстоянии не менее *a*/4 в продольном направлении от спирального сварного шва; *3* — T — поперечная проба, расположенная на расстоянии не менее *a*/4 в продольном направлении от спирального сварного шва; *4* — стыковой сварной шов концов рулонного или листового проката длиной *a*; *5* — WS — поперечная проба, расположенная на расстоянии не менее *a*/4 от пересечения спирального сварного шва и стыкового сварного шва концов рулонного или листового проката

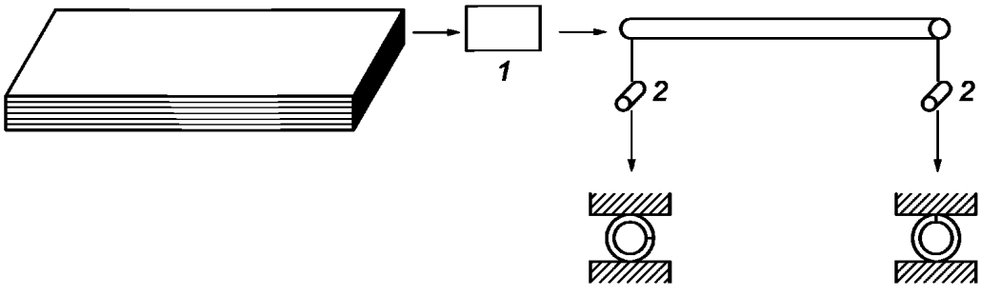
c — Трубы SAWH и COWH

Рисунок 5, лист 2



1 — сварка; *2* — конец рулона; *3* — два образца для испытаний от каждого конца рулона; *4* — остановка сварного шва; *5* — два образца для испытаний с каждой стороны от остановки сварного шва

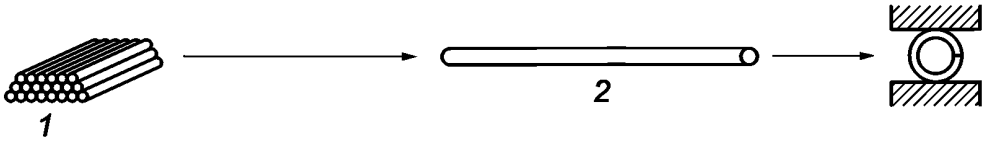
a — Трубы EW групп прочности от L245 или B и LW наружным диаметром *D* < 323,9 мм неэкспандированные, изготовляемые кратными длинами



1 — сварка; *2* — два образца для испытаний от каждого конца трубы

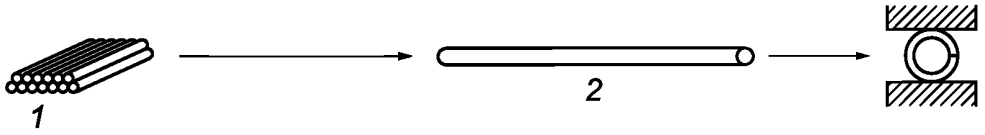
b — Трубы EW групп прочности от L245 или B неэкспандированные, изготовляемые единичными длинами

Рисунок 6 — Испытания на сплющивание



1 — контролируемая партия труб массой менее 50 т; *2* — один образец для испытаний от одного из концов трубы

c — Сварные трубы групп прочности L175 или A25 и L175P или A25P наружным диаметром $D \geq 73{,}0$ мм



1 — контролируемая партия менее 100 труб; *2* — один образец для испытаний от одного из концов трубы

d — Трубы EW групп прочности от L245 или B и выше и трубы LW наружным диаметром $D < 323{,}9$ мм холодноэкспандированные

Рисунок 6, лист 2

Таблица 19 — Количество, ориентация и расположение образцов для механических испытаний труб уровня PSL-1

Тип труб	Расположение пробы	Вид испытания	Ориентация, расположение и количество образцов от пробы[a]			
			Наружный диаметр *D*, мм			
			до 219,1	от 219,1 до 323,9	от 323,9 до 508,0	от 508,0
SMLS нехолодноэкспандированные (рисунок 5 *a*)	Тело трубы	Растяжение	1L [b]	1L	1L	1L
SMLS холодноэкспандированные (рисунок 5 *a*)	Тело трубы	Растяжение	1L [b]	1T [c]	1T [c]	1T [c]
CW (рисунок 5 *b*)	Тело трубы	Растяжение	1L90 [b]	—	—	—
	Тело трубы и сварной шов	Загиб	1 [e]	—	—	—
	Тело трубы и сварной шов	Сплющивание	Как показано на рисунке 6			
LW (рисунок 5 *b*)	Тело трубы	Растяжение	1L90 [b]	1T180 [c]	1T180 [c]	1T180 [c]
	Сварной шов	Растяжение	—	1W	1W	1W
	Сварной шов	Направленный загиб	—	—	2W	2W
	Тело трубы и сварной шов	Сплющивание	Как показано на рисунке 6			
LFW или HFW (рисунок 5 *b*)	Тело трубы	Растяжение	1L90 [b]	1T180 [c]	1T180 [c]	1T180 [c]
	Сварной шов	Растяжение	—	1W	1W	1W
	Тело трубы и сварной шов	Загиб	1 [e]	—	—	—
	Тело трубы и сварной шов	Сплющивание	Как показано на рисунке 6			

Окончание таблицы 19

Тип труб	Расположение пробы	Вид испытания	Ориентация, расположение и количество образцов от пробы[a]			
			Наружный диаметр *D*, мм			
			до 219,1	от 219,1 до 323,9	от 323,9 до 508,0	от 508,0
SAWL или COWL (рисунок 5 *b*)	Тело трубы	Растяжение	1L90 [b]	1T180 [c]	1T180 [c]	1T180 [c]
	Сварной шов	Растяжение	—	1W	1W	1W [d]
	Сварной шов	Направленный загиб	2W	2W	2W	2W [d]
SAWH или COWH (рисунок 5 *c*)	Тело трубы	Растяжение	1L [b]	1T [c]	1T [c]	1T [c]
	Сварной шов	Растяжение	—	1W	1W	1W
	Сварной шов	Направленный загиб	2W	2W	2W	2W
SAWH или COWH (рисунок 5 *c*)	Стыковой сварной шов концов рулонного или листового проката	Направленный загиб	2WS	2WS	2WS	2WS

[a] Обозначения, применяемые для указания ориентации и расположения проб и образцов для испытаний — рисунок 5.

[b] Изготовитель по своему выбору может применять продольные образцы полного сечения.

[c] Если согласовано, для определения предела текучести в поперечном направлении допускается применять кольцевые образцы, подвергаемые испытанию на раздачу на гидравлической установке в соответствии с ASTM A 370.

[d] На трубах с двумя продольными сварными швами испытанию должны быть подвергнуты оба шва трубы, представлющей контролируемую партию.

[e] Испытания ограничиваются трубами наружным диаметром D ≤ 60,3 мм.

Таблица 20 — Количество, ориентация и расположение образцов для механических испытаний труб уровня PSL-2

Тип труб	Расположение пробы	Вид испытания	Ориентация, расположение и количество образцов от пробы [a]			
			Наружный диаметр *D*, мм			
			до 219,1	св. 219,1 до 323,9	св. 323,9 до 508,0	от 508,0
SMLS нехолодноэкспандированные (рисунок 5 *a*)	Тело трубы	Растяжение	1L [b]	1L [c, d]	1L [c, d]	1L [c, d]
		На ударный изгиб (CVN)	3T	3T	3T	3T
SMLS холодноэкспандированные (рисунок 5 *a*)	Тело трубы	Растяжение	1L [b]	1T [d]	1T [d]	1T [d]
		Ударный изгиб (CVN)	3T	3T	3T	3T
HFW (рисунок 5 *b*)	Тело трубы	Растяжение	1L90 [b]	1T180 [d]	1T180 [d]	1T180 [d]
		Ударный изгиб (CVN)	3T90	3T90	3T90	3T90
		Падающим грузом (DWT)	—	—	—	2T90
	Сварной шов	Растяжение	—	1W	1W	1W

Окончание таблицы 20

Тип труб	Расположение пробы	Вид испытания	Ориентация, расположение и количество образцов от пробы [a]			
			Наружный диаметр *D*, мм			
			до 219,1	св. 219,1 до 323,9	св. 323,9 до 508,0	от 508,0
		Ударный изгиб (CVN)	3W	3W	3W	3W
	Тело трубы и сварной шов	Сплющивание	Как показано на рисунке 6			
SAWL или COWL (рисунок 5 *b*)	Тело трубы	Растяжение	1L90 [b]	1T180 [d]	1T180 [d]	1T180 [d]
		Ударный изгиб (CVN)	3T90	3T90	3T90	3T90
		Падающим грузом (DWT)	—	—	—	2T90
	Сварной шов	Растяжение	—	1W	1W	1W [e]
		Ударный изгиб (CVN)	3W и 3HAZ	3W и 3HAZ	3W и 3HAZ	3W [e] и 3HAZ [e]
		Направленный загиб	2W [f]	2W [f]	2W [f]	2W [e, f]
SAWH или COWH (рисунок 5 *c*)	Тело трубы	Растяжение	1L [b]	1T [d]	1T [d]	1T [d]
		Ударный изгиб (CVN)	3T	3T	3T	3T
		Падающим грузом (DWT)	—	—	—	2T
SAWH или COWH (рисунок 5 *c*)	Сварной шов	Растяжение	—	1W	1W	1W
		Ударный изгиб (CVN)	3W и 3HAZ	3W и 3HAZ	3W и 3HAZ	3W и 3HAZ
		Направленный загиб	2W [f]	2W [f]	2W [f]	2W [f]
	Стыковой сварной шов концов рулонного или листового проката	Растяжение	—	1WS	1WS	1WS
		Ударный изгиб (CVN)	3WS и 3HAZ	3WS и 3HAZ	3WS и 3HAZ	3WS и 3HAZ
		Направленный загиб	2WS [f]	2WS [f]	2WS [f]	2WS [f]

[a] Обозначения, применяемые для указания ориентации и расположения проб и образцов для испытаний — рисунок 5.

[b] Изготовитель по своему выбору может применять продольные образцы полного сечения.

[c] Если согласовано, допускается применение поперечных образцов.

[d] Если согласовано, для определения предела текучести в поперечном направлении допускается применять кольцевые образцы, подвергаемые испытанию на раздачу на гидравлической установке в соответствии с ASTM A 370.

[e] На трубах с двумя продольными сварными швами испытанию должны быть подвергнуты оба шва трубы, представляющей контролируемую партию.

[f] Для труб толщиной стенки t > 19,0 мм образцы для испытаний могут быть подвергнуты механической обработке для получения прямоугольного поперечного сечения образцов толщиной 18,0 мм.

10.2.3.2 Образцы для испытаний на растяжение

Прямоугольные образцы для испытаний, представляющие всю толщину стенки трубы, отбирают в соответствии с ISO 6892-1 или ASTM A 370 и как показано на рисунке 5. Место отбора вдоль длины рулонного или листового проката выбирают согласно технической документации изготовителя.

Для горячедеформированных и термообработанных бесшовных труб применяют цилиндрические поперечные образцы, изготовленные из невыпрямленных проб.

Для других труб поперечные образцы должны быть либо прямоугольными, либо цилиндрическими. Прямоугольные образцы должны быть получены из выпрямленных проб, цилиндрические образцы — из невыпрямленных проб.

Выпрямление образцов должно быть проведено в соответствии с технической документацией изготовителя.

Диаметр цилиндрических поперечных образцов для испытаний должен соответствовать указанному в таблице 21, однако изготовителем может быть выбран образец следующего большего диаметра. Для труб толщиной стенки $t \geq 19{,}0$ мм диаметр цилиндрических продольных образцов для испытаний должен быть равен 12,7 мм.

Для испытаний труб наружным диаметром $D < 219{,}1$ мм изготовителем могут быть выбраны продольные образцы полного сечения.

Если согласовано, для определения предела текучести в поперечном направлении допускается применять кольцевые образцы для испытаний на раздачу.

Валики сварных швов могут быть зачищены вровень с поверхностью, а местные несовершенства удалены.

Таблица 21 — Соотношение размеров труб и диаметров поперечных цилиндрических образцов для испытаний на растяжение

В миллиметрах

Наружный диаметр D	Толщина стенки t		
	Диаметр образца для испытаний в пределах расчетной длины		
	12,7	8,9	6,4 [a]
219,1 до 273,1	—	От 28,1	До 28,1
273,1 до 323,9	От 36,1	25,5 до 36,1	До 25,5
323,9 до 355,6	От 33,5	23,9 до 33,5	До 23,9
355,6 до 406,4	От 32,3	23,2 до 32,3	До 23,2
406,4 до 457,0	От 30,9	22,2 до 30,9	До 22,2
457,0 до 508,0	От 29,7	21,5 до 29,7	До 21,5
508,0 до 559,0	От 28,8	21,0 до 28,8	До 21,0
559,0 до 610,0	От 28,1	20,5 до 28,1	До 20,5
610,0 до 660,0	От 27,5	20,1 до 27,5	До 20,1
660,0 до 711,0	От 27,0	19,8 до 27,0	До 19,8
711,0 до 762,0	От 26,5	19,5 до 26,5	До 19,5
762,0 до 813,0	От 26,2	19,3 до 26,2	До 19,3
813,0 до 864,0	От 25,8	19,1 до 25,8	До 19,1
864,0 до 914,0	От 25,5	18,9 до 25,5	До 18,9
914,0 до 965,0	От 25,3	18,7 до 25,3	До 18,7
965,0 до 1016,0	От 25,1	18,6 до 25,1	До 18,6
1016,0 до 1067,0	От 24,9	18,5 до 24,9	До 18,5
1067,0 до 1118,0	От 24,7	18,3 до 24,7	До 18,3
1118,0 до 1168,0	От 24,5	18,2 до 24,5	До 18,2
1168,0 до 1219,0	От 24,4	18,1 до 24,4	До 18,1
1219,0 до 1321,0	От 24,2	18,1 до 24,2	До 18,1

Окончание таблицы 21

Наружный диаметр *D*	Толщина стенки *t*		
	Диаметр образца для испытаний в пределах расчетной длины		
	12,7	8,9	6,4 [a]
1321,0 до 1422,0	От 24,0	17,9 до 24,0	До 17,9
1422,0 до 1524,0	От 23,8	17,8 до 23,8	До 17,8
1524,0 до 1626,0	От 23,6	17,6 до 23,6	До 17,6
1626,0 до 1727,0	От 23,4	17,5 до 23,4	До 17,5
1727,0 до 1829,0	От 23,3	17,4 до 23,3	До 17,4
1829,0 до 1930,0	От 23,1	17,4 до 23,1	До 17,4
1930,0 до 2134,0	От 23,0	17,3 до 23,0	До 17,3
От 2134,0	От 22,9	17,2 до 22,9	До 17,2
[a] Для испытаний на растяжение труб размерами, недостаточными для изготовления образцов диаметром 6,4 мм, цилиндрические образцы не применяют.			

10.2.3.3 Образцы для испытаний на ударный изгиб с V-образным надрезом (CVN)

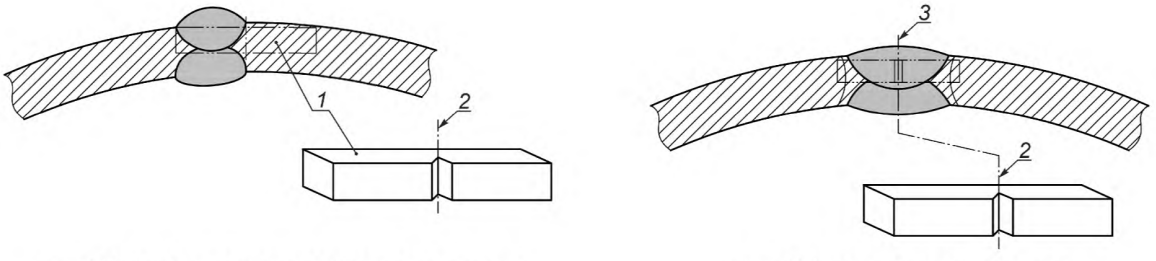
Образцы изготовляют в соответствии с ASTM A 370, если только в заказе на поставку не указаны образцы, изготовленные по ISO 148-1, и требуемый радиус маятника (2 или 8 мм). Ось надреза образца должна быть перпендикулярна к поверхности трубы.

Каждый образец для испытаний сварного шва и зоны термического влияния перед выполнением надреза должен быть подвергнут травлению для того, чтобы выполнить надрез в требуемом месте.

Ось надреза на образцах для испытания сварного шва труб SAW и COW должна быть расположена по оси наружного валика сварного шва или как можно ближе к этой оси, как показано на рисунке 7. Образец отбирают от участка, расположенного как можно ближе к наружной поверхности трубы.

Ось надреза на образцах для испытания зоны термического влияния от труб SAW и COW должна быть расположена как можно ближе к краю наружного валика сварного шва, как показано на рисунке 7. Образец отбирают от участка, расположенного как можно ближе к наружной поверхности трубы.

Ось надреза на образцах для испытания сварного шва от труб HFW должна быть расположена по линии сплавления или как можно ближе к ней.



a — Образец от зоны термического влияния

b — Образец от сварного шва

1 — проба, отбираемая для изготовления образца для испытания на ударный изгиб зоны термического влияния сварного шва (вблизи линии сплавления); *2* — ось надреза образца для испытания на ударный изгиб; *3* — проба, отбираемая для изготовления образца для испытания на ударный изгиб сварного шва (на осевой линии наружного валика или вблизи нее)

Рисунок 7 — Расположение образцов для испытания на ударный изгиб зоны термического влияния и сварного шва

Размер и ориентация образцов для испытаний должны соответствовать требованиям таблицы 22, кроме образцов ближайшего меньшего размера, которые могут быть применимы, если ожидаемая работа удара превышает 80 % полной шкалы измерений установки для испытаний на ударный изгиб.

Примечание — Проведение ударных испытаний по Шарпи для комбинаций наружного диаметра и условной толщины стенки, не указанных в таблице 22, не требуется.

Таблица 22 — Соотношение размеров труб и требуемых образцов для испытаний на ударный изгиб для труб уровня PSL-2

В миллиметрах

Наружный диаметр *D*	Толщина стенки *t*			
	Размер и ориентация образцов с V-образным надрезом (CVN)			
	полного размера [a]	3/4 [a]	2/3 [a]	1/2 [a]
114,3 до 141,3	От 12,6	От 11,7 до 12,6	От 10,9 до 11,7	От 10,1 до 10,9
141,3 до 168,3	От 11,9	От 10,2 до 11,9	От 9,4 до 10,2	От 8,6 до 9,4
168,3 до 219,1	От 11,7	От 9,3 до 11,7	От 8,6 до 9,3	От 7,6 до 8,6
219,1 до 273,1	От 11,4	От 8,9 до 11,4	От 8,1 до 8,9	От 6,5 до 8,1
273,1 до 323,9	От 11,3	От 8,7 до 11,3	От 7,9 до 8,7	От 6,2 до 7,9
323,9 до 355,6	От 11,1	От 8,6 до 11,1	От 7,8 до 8,6	От 6,1 до 7,8
355,6 до 406,4	От 11,1	От 8,6 до 11,1	От 7,8 до 8,6	От 6,1 до 7,8
От 406,4	От 11,0	От 8,5 до 11,0	От 7,7 до 8,5	От 6,0 до 7,7

[a] Образцы для испытаний из невыпрямленных проб, перпендикулярных к оси трубы или сварного шва, что применимо.

Примечание — Размеры образцов из невыпрямленных проб, перпендикулярных к оси трубы или сварного шва, что применимо (раздел P.8).

10.2.3.4 Образцы для испытаний падающим грузом (DWT)

Образцы должны быть подготовлены в соответствии с API RP 5L3.

10.2.3.5 Образцы для испытаний на загиб (полного сечения)

Образцы должны быть подготовлены в соответствии с ISO 8491 или ASTM A 370.

10.2.3.6 Образцы для испытаний на направленный загиб

Образцы должны быть подготовлены в соответствии с ISO 7438 или ASTM A 370 и рисунком 8.

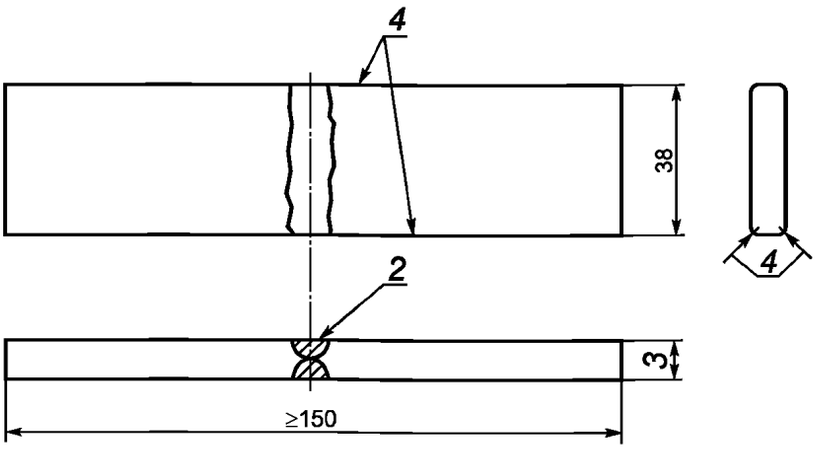
Образцы от труб толщиной стенки $t > 19{,}0$ мм могут быть подвергнуты механической обработке для получения прямоугольного сечения с уменьшенной толщиной стенки 18,0 мм. Образцы труб толщиной стенки $t \leq 19{,}0$ мм должны представлять собой сегменты труб с полной толщиной стенки.

Для труб SAW и COW усиление сварного шва должно быть удалено с обеих поверхностей образца.

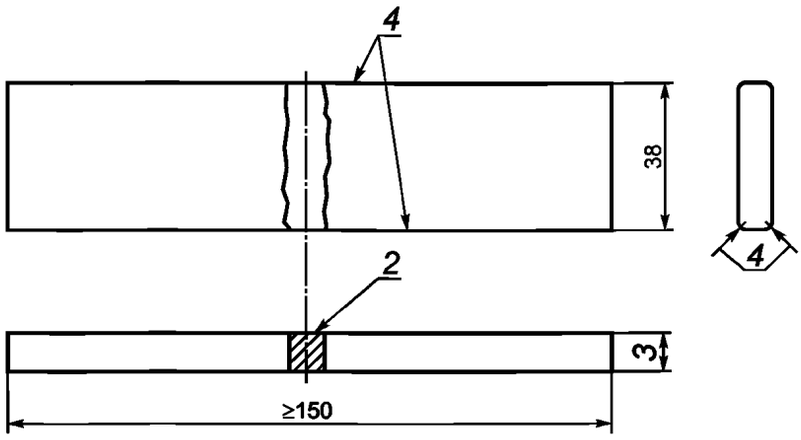
10.2.3.7 Образцы для испытаний на сплющивание

Образцы должны быть подготовлены в соответствии с ISO 8492 или ASTM A 370, за исключением длины образца для испытаний, которая должна быть не менее 60 мм.

Небольшие поверхностные несовершенства могут быть удалены шлифованием.

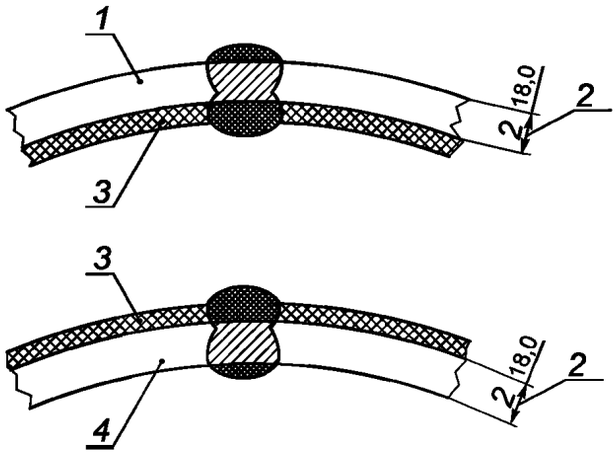


a — Трубы SAW и COW



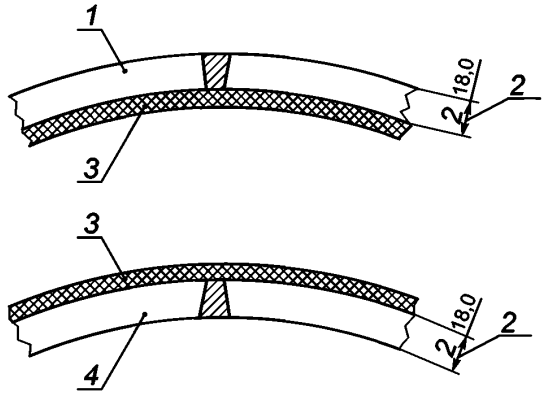
1 — длинные кромки, механически обработанные и/или отрезанные кислородной резкой;
2 — сварной шов; *3* — толщина стенки; *4* — радиус скругления кромок *r* (не более 1,6 мм)

b — Труба LW наружным диаметром $D \geq 323{,}9$ мм



c — Образцы с уменьшенной толщиной стенки (по выбору, для труб SAW и COW толщиной стенки $t > 19{,}0$ мм)

Рисунок 8 — Образцы для испытаний на направленный загиб



1 — загнутый образец с внешней стороной шва; *2* — уменьшенная толщина стенки;
3 — металл, удаляемый до или после выпрямления; *4* — загнутый образец с корнем шва

Примечание — Применяют приспособление размером, предназначенным для труб толщиной стенки t = 19,0 мм

d — Образцы с уменьшенной толщиной стенки
(по выбору, для труб LW толщиной стенки t > 19,0 мм)

Рисунок 8, лист 2

10.2.4 Методы испытаний

10.2.4.1 Анализ изделия

Если при оформлении заказа не согласовано иное, физический или химический метод анализа изделия выбирает изготовитель. В случае разногласий анализ должен быть проведен лабораторией, одобренной обеими сторонами. В этих случаях применяемый метод анализа должен быть согласован, однако если возможно, он должен быть выбран из методов, предусмотренных ISO/TR 9769 или ASTM A 751.

Примечание — ISO/TR 9769 содержит перечень существующих международных стандартов по химическому анализу и информацию о назначении и точности разных методов.

10.2.4.2 Испытание на растяжение

Испытание на растяжение должно быть проведено в соответствии с ISO 6892-1 или ASTM A 370.

При испытании тела трубы должны быть определены предел текучести, предел прочности, рассчитано отношение предела текучести к пределу прочности (если применимо) и относительное удлинение после разрушения образца в процентах. При испытании сварного шва труб должен быть определен предел прочности.

Относительное удлинение после разрушения образца в процентах должно быть указано со ссылкой на расчетную длину образца 50 мм. Для образцов с расчетной длиной менее 50 мм измеренное относительное удлинение после разрушения образца должно быть приведено к относительному удлинению с расчетной длиной 50 мм в соответствии с ISO 2566-1 или ASTM A 370.

10.2.4.3 Испытание на ударный изгиб образца с V-образным надрезом (CVN)

Испытание должно быть проведено в соответствии с ASTM A 370, если в заказе на поставку не указан стандарт ISO 148-1 и требуемый радиус маятника (2 или 8 мм).

10.2.4.4 Испытание падающим грузом (DWT)

Испытание должно быть проведено в соответствии с API RP 5L3.

10.2.4.5 Испытание на загиб образцов полного сечения

Испытание должно быть проведено в соответствии с ISO 8491 или ASTM A 370.

Для каждой контролируемой партии проводят испытание одного образца с полным сечением соответствующей длины на загиб до угла 90 градусов в холодном состоянии вокруг оправки диаметром не более 12*D*.

10.2.4.6 Испытание на направленный загиб

Испытание на направленный загиб должно быть проведено в соответствии с ISO 7438 или ASTM A 370.

Размер оправки (пуансона) A_{gb}, мм, не должен превышать значения, расчитанного по следующей формуле с округлением значения до 1 мм,

$$A_{gb} = \frac{1{,}15(D-2t)}{\varepsilon\frac{D}{t}-2\varepsilon-1}-t, \qquad (6)$$

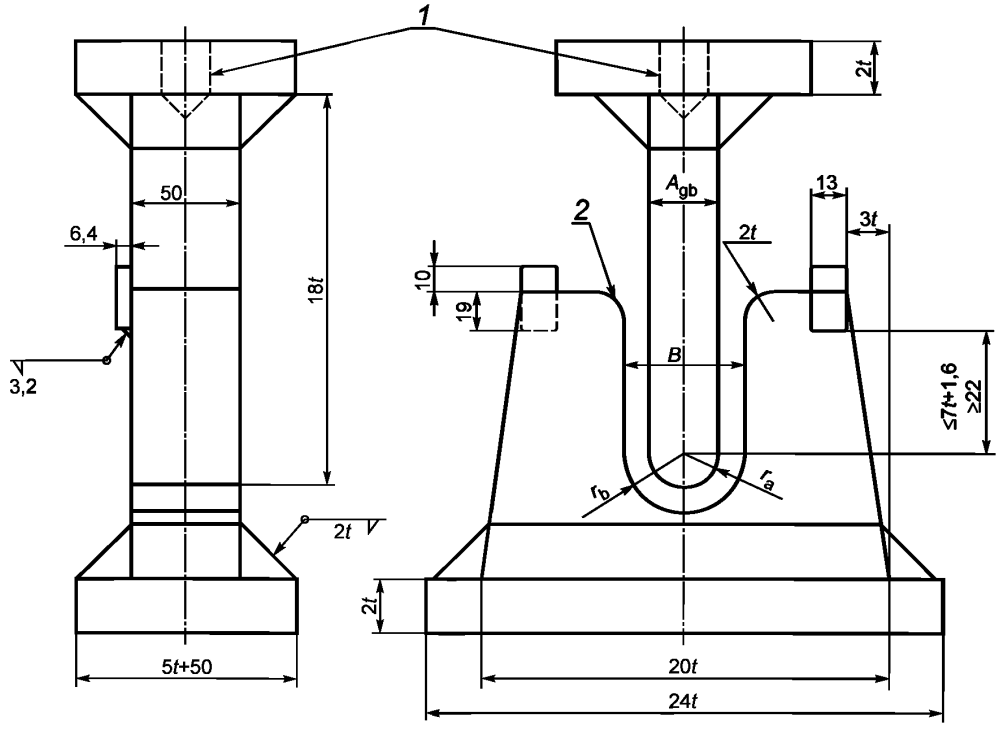
где 1,15 — коэффициент неоднородности структуры;

D — наружный диаметр, мм;

t — толщина стенки, мм, при использовании образцов уменьшенной толщины принимают равной 18 мм;

ε — коэффициент деформации, указанный в таблице 23.

Оба образца для испытания должны быть загнуты до угла 180 градусов в приспособлении, показанном на рисунке 9. При испытаниях в непосредственном контакте с оправкой должны находиться корень сварного шва одного из образцов и наружная сторона сварного шва другого образца.



1 — резьбовое установочное отверстие; *2* — закаленные и смазанные опоры или закаленные ролики; $B = A_{gb} + 2t + 3{,}2$ мм; r_a — радиус оправки (пуансона) для испытания на направленный загиб; r_b — радиус матрицы для испытания на направленный загиб

а — Плунжерный тип

Рисунок 9 — Приспособления для испытания на направленный загиб

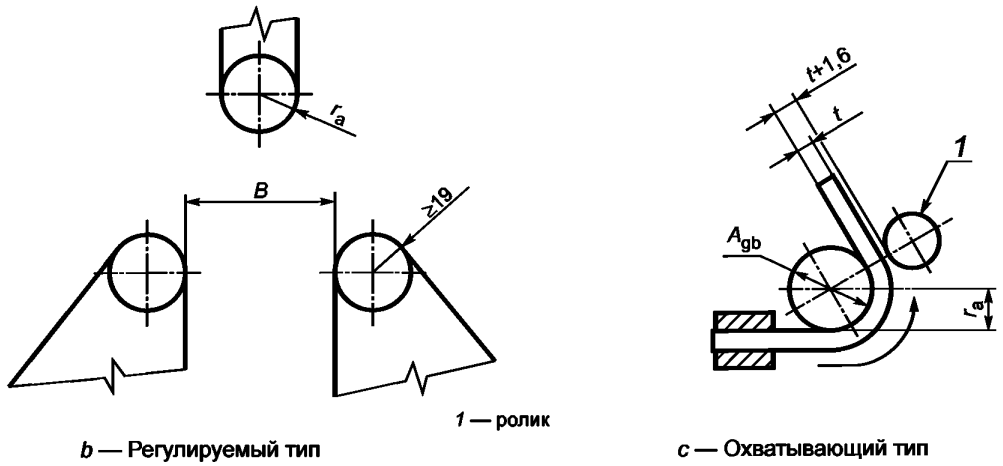


Рисунок 9, лист 2

Таблица 23 — Значения коэффициента деформации для испытания на направленный загиб

Группа прочности	Коэффициент деформации [a] ε
L210 или A	0,1650
L245 или B	0,1375
L290 или X42	0,1375
L320 или X46	0,1325
L360 или X52	0,1250
L390 или X56	0,1175
L415 или X60	0,1125
L450 или X65	0,1100
L485 или X70	0,1025
L555 или X80	0,0950
L625 или X90	0,0850
L690 или X100	0,0800
L830 или X120	0,0675
Для промежуточных групп прочности значения коэффициента деформации могут быть получены интерполяцией, основанной на заданном минимальном пределе прочности, с округлением интерполированного значения до ближайшего кратного 0,0025.	

10.2.4.7 Испытание на сплющивание

Испытание на сплющивание должно быть проведено в соответствии с ISO 8492 или ASTM A 370.

Как показано на рисунке 6, по одному из каждых двух образцов, отбираемых от каждого конца рулона, должны быть испытаны с положением сварного шва «6 ч» или «12 ч», два других образца соответственно должны быть испытаны с положениями сварного шва «3 ч» или «9 ч».

Образцы для испытаний, отбираемые от концов труб в местах остановки сварного шва, должны быть испытаны только с положением сварного шва «3 ч» или «9 ч».

10.2.4.8 Контроль твердости

Если при визуальном контроле были обнаружены участки повышенной твердости, то должен быть проведен контроль их твердости в соответствии с ISO 6506, ISO 6507, ISO 6508 или ASTM A 370 при

помощи переносных твердомеров, методами, соответствующими ASTM A 956, ASTM A 1038 или ASTM E 110, соответственно, в зависимости от применяемого метода.

10.2.5 Макрографический и металлографический контроль

10.2.5.1 За исключением методов контроля, предусмотренных в 10.2.5.2, смещение внутреннего и наружного валиков сварного шва труб SAW и COW (рисунок 4 *d*, *e*) должно быть проверено методом макрографического контроля.

10.2.5.2 Если согласовано, допускается применение альтернативных методов контроля, например ультразвукового контроля, если будет продемонстрирована способность такого метода выявлять смещение валиков сварного шва. При применении такого альтернативного метода макрографический контроль должен быть проведен в начале изготовления труб каждого сочетания наружного диаметра и толщины стенки.

10.2.5.3 При поставке труб с термообработкой сварного шва (8.8.1 или 8.8.2, какой применим) должен быть проведен металлографический контроль для подтверждения полноты термообработки всей зоны термического влияния по всей толщине стенки. При поставке труб без термообработки сварного шва (8.8.1) должен быть проведен металлографический контроль для подтверждения отсутствия неотпущенного мартенсита.

Дополнительно может быть согласовано проведение контроля твердости и максимальное значение твердости.

10.2.6 Гидростатическое испытание

10.2.6.1 Бесшовные трубы (SMLS) всех размеров и сварные трубы диаметром $D \leq 457$ мм должны быть подвергнуты испытаниям с выдержкой при испытательном давлении не менее 5 с, сварные трубы диаметром $D > 457$ мм — не менее 10 с. Если согласовано, трубы, поставляемые с резьбой и муфтами, должны быть подвергнуты испытаниям в сборе с механически навинченными муфтами, кроме труб диаметром $D > 323{,}9$ мм, которые могут быть испытаны до нарезания резьбы. Гидростатические испытания труб, поставляемых с резьбой и муфтами, навинченными вручную, должны быть проведены до нарезания резьбы, после нарезания резьбы до свинчивания с муфтами или после навинчивания муфт, если в заказе на поставку не указаны конкретные условия проведения испытаний.

10.2.6.2 Для обеспечения испытания каждой трубы под требуемым испытательным давлением каждая испытательная установка (кроме установок, на которых испытывают только непрерывносварные трубы) должна быть оборудована средствами регистрации испытательного давления и длительности выдержки каждой трубы под давлением или автоматическим или блокирующим устройством, которое гарантированно не допускает классификации трубы как проверенной, пока не будут соблюдены все требования испытания (давление и выдержка). Если применимо, записи или диаграммы должны быть предоставлены инспектору, представляющему заказчика на предприятии изготовителя. Калибровка приборов для регистрации испытательного давления должна быть проведена при помощи грузопоршневого манометра или аналогичного прибора не менее чем за четыре месяца до каждого применения. По выбору изготовителя могут быть проведены испытания при давлении более высоком, чем требуемое.

Примечание — В любом случае, установленное испытательное давление представляет собой давление, ниже которого оно не должно опускаться в течение всей установленной выдержки при испытании.

10.2.6.3 Испытательное давление для тонкостенных нарезных труб должно соответствовать указанному в таблице 24.

Таблица 24 — Испытательное давление для тонкостенных нарезных труб

Наружный диаметр *D*, мм	Толщина стенки *t*, мм	Испытательное давление, МПа, не менее			
		Группа прочности			
		L175 или A25	L175P или A25P	L210 или A	L245 или B
10,3	1,7	4,8	4,8	4,8	4,8
13,7	2,2	4,8	4,8	4,8	4,8
17,1	2,3	4,8	4,8	4,8	4,8
21,3	2,8	4,8	4,8	4,8	4,8

Окончание таблицы 24

Наружный диаметр *D*, мм	Толщина стенки *t*, мм	Испытательное давление, МПа, не менее			
		Группа прочности			
		L175 или A25	L175P или A25P	L210 или A	L245 или B
26,7	2,9	4,8	4,8	4,8	4,8
33,4	3,4	4,8	4,8	4,8	4,8
42,2	3,6	6,9	6,9	6,9	6,9
48,3	3,7	6,9	6,9	6,9	6,9
60,3	3,9	6,9	6,9	6,9	6,9
73,0	5,2	6,9	6,9	6,9	6,9
88,9	5,5	6,9	6,9	6,9	6,9
101,6	5,7	8,3	8,3	8,3	9,0
114,3	6,0	8,3	8,3	8,3	9,0
141,3	6,6	8,3	8,3	8,3	9,0
168,3	7,1	[a]	[a]	8,3	9,0
219,1	7,0	[a]	[a]	7,9	9,2
219,1	8,2	[a]	[a]	9,3	10,8
273,1	7,1	[a]	[a]	6,5	7,5
273,1	7,8	[a]	[a]	7,1	8,3
273,1	9,3	[a]	[a]	8,5	9,8
323,9	8,4	[a]	[a]	6,4	7,5
323,9	9,5	[a]	[a]	7,3	8,5
355,6	9,5	[a]	[a]	6,6	7,7
406,4	9,5	[a]	[a]	5,8	6,8
457,0	9,5	[a]	[a]	5,2	6,0
508,0	9,5	[a]	[a]	4,6	5,4
[a] Не применимо.					

10.2.6.4 Испытательное давление для толстостенных нарезных труб должно соответствовать указанному в таблице 25.

Таблица 25 — Испытательное давление для толстостенных нарезных труб

Наружный диаметр *D*, мм	Толщина стенки *t*, мм	Испытательное давление, МПа, не менее			
		Группа прочности			
		L175 или A25	L175P или A25P	L210 или A	L245 или B
10,3	2,4	5,9	5,9	5,9	5,9
13,7	3,0	5,9	5,9	5,9	5,9
17,1	3,2	5,9	5,9	5,9	5,9

Окончание таблицы 25

Наружный диаметр *D*, мм	Толщина стенки *t*, мм	Испытательное давление, МПа, не менее			
		Группа прочности			
		L175 или A25	L175P или A25P	L210 или A	L245 или B
21,3	3,7	5,9	5,9	5,9	5,9
26,7	3,9	5,9	5,9	5,9	5,9
33,4	4,5	5,9	5,9	5,9	5,9
42,2	4,9	9,0	9,0	10,3	11,0
48,3	5,1	9,0	9,0	10,3	11,0
60,3	5,5	9,0	9,0	17,0	17,0
73,0	7,0	9,0	9,0	17,0	17,0
88,9	7,6	9,0	9,0	17,0	17,0
101,6	8,1	11,7	11,7	19,0	19,0
114,3	8,6	11,7	11,7	18,7	19,0
141,3	9,5	11,7	11,7	16,7	19,0
168,3	11,0	[a]	[a]	16,2	18,9
219,1	12,7	[a]	[a]	14,4	16,8
273,1	12,7	[a]	[a]	11,6	13,4
323,9	12,7	[a]	[a]	9,7	11,3
[a] Не применимо.					

10.2.6.5 За исключением предусмотренного в 10.2.6.6, 10.2.6.7 и сносках к таблице 26, гидростатическое испытательное давление *P*, МПа, для труб с концами без резьбы должно быть расчитано по следующей формуле с округлением полученного значения до 0,1 МПа:

$$P = \frac{2St}{D}, \tag{7}$$

где *S* — тангенциальное напряжение, МПа, равное указанному проценту от установленного минимального предела текучести трубы (таблица 26);

t — толщина стенки трубы, мм;

D — наружный диаметр трубы, мм.

Таблица 26 — Процент от установленного минимального предела текучести для определения тангенциального напряжения *S*

Группа прочности	Наружный диаметр *D*, мм	Процент от установленного минимального предела текучести для определения *S*, %	
		Стандартное испытательное давление	Альтернативное испытательное давление
L175 или A25	До 141,3 включ.	60 [a]	75 [a]
L175P или A25P	До 141,3 включ.	60 [a]	75 [a]
L210 или A	Любой	60 [a]	75 [a]
L245 или B	Любой	60 [a]	75 [a]

Окончание таблицы 26

Группа прочности	Наружный диаметр D, мм	Процент от установленного минимального предела текучести для определения S, %	
		Стандартное испытательное давление	Альтернативное испытательное давление
L290 или X42 до L830 или X120	До 141,3 включ.	60 [b]	75 [c]
	Св. 141,3 до 219,1 включ.	75 [b]	75 [c]
	Св. 219,1 до 508,0	85 [b]	85 [c]
	От 508,0 и более	90 [b]	90 [c]

[a] Для наружного диаметра $D \leq 88{,}9$ мм не является обязательным испытательное давление, превышающее 17,0 МПа; для наружного диаметра $D > 88{,}9$ мм — испытательное давление, превышающее 19,0 МПа.

[b] Не является обязательным испытательное давление, превышающее 20,5 МПа.

[c] Для наружного диаметра $D \leq 406{,}4$ мм не является обязательным испытательное давление, превышающее 50,0 МПа; для наружного диаметра $D > 406{,}4$ мм — испытательное давление, превышающее 25,0 МПа.

10.2.6.6 Если при испытании под давлением применяют торцовое уплотнение, создающее сжимающие продольные напряжения, то испытательное давление P, МПа, может быть расчитано по следующей формуле с округлением полученного значения до 0,1 МПа, при условии, что тангенциальное напряжение, создаваемое этим испытательным давлением, не будет превышать 90 % установленного минимального предела текучести:

$$P = \frac{S - \left(\dfrac{P_R A_R}{A_p}\right)}{\dfrac{D}{2t} - \dfrac{A_L}{A_p}}, \qquad (8)$$

где S — тангенциальное напряжение, МПа, равное указанному проценту от установленного минимального предела текучести трубы (таблица 26);

P_R — внутреннее давление на торцовое уплотнение, МПа;

A_R — площадь поперечного сечения торцового уплотнения, мм^2;

A_P — площадь поперечного сечения стенки трубы, мм^2;

A_L — площадь внутреннего поперечного сечения трубы, мм^2;

D — наружный диаметр, мм;

t — толщина стенки, мм.

10.2.6.7 Если согласовано, требуемое испытательное давление (10.2.6.5 или 10.2.6.6, что применимо) может быть рассчитано вместо толщины стенки по минимально допустимой толщине стенки t_{min} при условии применения тангенциального напряжения, не превышающего 95 % установленного минимального предела текучести трубы.

10.2.7 Визуальный контроль

10.2.7.1 За исключением предусмотренного в 10.2.7.2, каждая труба должна быть подвергнута визуальному контролю для выявления дефектов поверхности при освещенности не менее 300 люкс. Такая освещенность должна быть обеспечена по всей наружной поверхности и, насколько возможно, по внутренней поверхности.

Примечание — Обычно визуальному контролю подвергают всю внутреннюю поверхность труб SAW и COW большого диаметра.

10.2.7.2 Визуальный контроль может быть заменен контролем другим методом, способным выявлять дефекты поверхности.

10.2.7.3 Визуальный контроль должен проводить персонал:

a) способный (после специального обучения) выявлять и оценивать несовершенства поверхности;

b) обладающий остротой зрения, соответствующей применимым требованиям ISO 11484 или ASNT SNT-TC-1A или эквивалентных документов.

10.2.7.4 Поверхность сварных труб холодного формообразования должна быть подвергнута контролю для выявления геометрических отклонений контура трубы. Если такой контроль не подтверждает того, что причиной геометрических отклонений поверхности являются механические повреждения, но показывает, что такие отклонения поверхности могут быть обусловлены участками повышенной твердости, должны быть измерены размеры таких участков и при необходимости их твердость. Метод контроля твердости выбирает изготовитель. Если размеры участка и его твердость превышают критерии приемки, указанные в 9.10.6, участок повышенной твердости должен быть удален в соответствии с процедурой, установленной в 9.10.7 и приложении С.

10.2.8 Контроль размеров

10.2.8.1 Диаметр труб должен быть проконтролирован не реже одного раза каждые 4 ч каждой рабочей смены с целью проверки соответствия предельным отклонениям диаметра (таблица 10). Если в заказе на поставку не указан конкретный метод контроля, контроль диаметра должен быть проведен измерительной лентой или микрометром, кольцевым калибром, калибром-скобой, кронциркулем (штангенциркулем), овалометром, координатными измерительными машинами или оптическим измерительным средством. Если не согласовано иное, то для труб наружным диаметром $D \geq 508$ мм арбитражным способом контроля является измерительная лента.

Примечания

1 Кольцевые калибры, применяемые для контроля диаметра трубы, обычно изготовляют по заданным размерам для трубы каждого размера из материала, не обладающего усадкой, например стали, алюминия или другого подтвержденного материала, они должны иметь жесткую конструкцию, но при этом быть достаточно легкими для применения одним контролером. В конструкции кольцевого калибра обычно должны быть предусмотрены ручки для того, чтобы контролер мог аккуратно и безопасно перемещать калибр вдоль трубы. Диаметр внутренних кольцевых калибров должен быть на 3,2 мм меньше номинального внутреннего диаметра трубы. Диаметр отверстия наружных кольцевых калибров не должен превышать суммы наружного диаметра трубы и допустимого предельного отклонения диаметра. На кольцевых калибрах для контроля сварных труб, изготовленных способом дуговой сварки под флюсом, может быть выполнен паз или надрез для прохождения калибра поверх усиления сварного шва. Кольцевой калибр должен проходить снаружи трубы или заходить внутрь трубы не менее чем на 100 мм с каждого торца.

2 Координатные измерительные машины представляют собой механические системы, предназначенные для отслеживания траектории подвижного измерительного щупа с целью определения координат точек на рабочей поверхности.

10.2.8.2 Овальность труб должна определяться не реже одного раза каждые 4 ч каждой рабочей смены. За исключением предусмотренного в 10.2.8.3, овальность должна быть определена как разность между наибольшим и наименьшим наружными диаметрами, измеренными в одной плоскости поперечного сечения.

Примечание — Измерения овальности штабелированных труб недействительны из-за наличия упругих деформаций, вызванных усилиями, действующими на трубы со стороны примыкающих к ним труб.

10.2.8.3 Если согласовано, должны быть проведены измерения внутреннего диаметра экспандированных труб диаметром $D \geq 219{,}1$ мм и неэкспандированных труб для подтверждения соответствия предельным отклонениям диаметра. Овальность может быть определена как разность между наибольшим и наименьшим внутренними диаметрами, измеренными в одной плоскости поперечного сечения.

10.2.8.4 Для труб SAW и COW максимальное отклонение вогнутых и выпуклых участков сварного шва от обычного контура на торце трубы должно быть измерено шаблоном, ориентированным перпендикулярно к оси трубы длиной 0,25 D или 200 мм, что менее.

10.2.8.5 Каждая труба должна быть подвергнута измерениям для определения соответствия толщины стенки установленным требованиям. Толщина стенки на любом участке должна быть в пределах, установленных в таблице 11, за исключением зоны сварного соединения, которая не ограничена плюсовым предельным отклонением. Измерения толщины стенки должны быть проведены специальным механическим средством измерений или откалиброванным устройством для неразрушающего контроля соответствующей точности. В случае разногласий предпочтение должно быть отдано измерениям, проводимым специальным механическим средством измерений. Должно быть применимо специальное механическое средство измерений с контактными наконечниками. Торец наконечника, контактирующего с внутренней поверхностью трубы, должен быть скруглен радиусом не более 38,1 мм — для труб наружным диаметром 168,3 мм и выше, радиусом не более $D/4$, но не менее 3,2 мм, — для труб наружным диаметром менее 168,3 мм. Торец наконечника, контактирующего с наружной поверхностью трубы, должен быть плоским или закругленным, с радиусом скругления не менее 31,2 мм.

10.2.8.6 У нарезных труб с муфтами длину измеряют до наружного торца муфты. Длину нарезных труб с муфтами можно определить до свинчивания с муфтами при условии правильного учета длины муфты.

10.2.8.7 Для подтверждения соответствия требованиям к размерам и форме труб, установленным в 9.11–9.13, должны применяться соответствующие методы контроля. Если конкретные методы контроля не указаны в заказе на поставку, применяемые методы контроля должны быть выбраны изготовителем.

10.2.9 Взвешивание

Каждая труба диаметром $D \geq 141{,}3$ мм должна быть взвешена отдельно, кроме сварных стыкованных труб, для которых разрешается взвешивание отдельных труб, из которых состоит стыкованная труба, или же самой стыкованной трубы. Трубы диаметром $D < 141{,}3$ мм должны быть взвешены отдельно или соответствующими партиями, определенными изготовителем.

10.2.10 Неразрушающий контроль

Неразрушающий контроль должен быть проведен в соответствии с приложением Е.

10.2.11 Повторная термообработка

Если результаты любого механического или технологического испытания партии труб не соответствуют установленным требованиям, то изготовитель может провести термообработку труб (таблица 3), и провести повторные испытания, указанные в заказе в соответствии с 10.2.12 и 10.2.4 и далее действовать согласно требованиям настоящего стандарта. После одной повторной термообработки любая другая термообработка должна быть произведена по согласованию с заказчиком.

Для труб, не подвергавшихся термообработке, любая термообработка должна быть согласована с заказчиком. Для термообработанных труб любая повторная обработка с другим видом термообработки (таблица 3) должна быть согласована с заказчиком.

10.2.12 Повторные испытания

10.2.12.1 Повторная проверка химического состава изделия

Если при химическом анализе изделия массовая доля какого-либо из элементов или сочетания элементов не соответствует установленным требованиям на двух пробах, представляющих плавку, то изготовитель должен либо забраковать всю плавку, либо все остальные изделия этой плавки подвергнуть анализу в индивидуальном порядке. Если при химическом анализе изделия массовая доля какого-либо из элементов или сочетания элементов не соответствует установленным требованиям только на одной пробе, представляющей плавку, то изготовитель должен либо забраковать всю плавку, либо провести повторный химический анализ на двух дополнительных пробах. Если оба результата повторного химического анализа соответствуют установленным требованиям, то плавка должна быть принята, за исключением трубы, рулона или листа, от которого была отобрана проба, не соответствующая установленным требованиям. Если результаты повторного анализа хотя бы на одной пробе не соответствуют установленным требованиям, то изготовитель должен либо забраковать всю плавку, либо все остальные изделия этой плавки подвергнуть анализу в индивидуальном порядке.

При индивидуальных испытаниях требуется проводить анализы только для элемента или элементов, явившихся причиной брака.

Пробы для повторных химических анализов отбирают в тех же местах, что и первичные пробы для анализа изделия.

10.2.12.2 Повторные испытания на растяжение

Условия проведения повторных испытаний на растяжение:

a) для всех изделий уровней PSL-1 и PSL-2 в состояниях поставки R, N и Q и изделий уровня PSL-2 в состоянии поставки M групп прочности ниже L450 или X65 (таблицы 2 и 3).

Если результаты испытания на растяжение не соответствуют установленным требованиям, допускается проведение повторного испытания на образцах от двух дополнительных труб той же контролируемой партии. Если результаты испытания образцов обеих труб соответствуют установленным требованиям, то все трубы в партии, за исключением трубы, от которой был отобран исходный образец, должны быть приняты. Если результаты испытания хотя бы одного из образцов не соответствуют установленным требованиям, то изготовитель может провести индивидуальные испытания остальных труб в контролируемой партии. Образцы для повторного испытания должны быть отобраны таким же образом, как и исходный образец, не удовлетворяющий установленным требованиям. Если применима повторная термообработка, она должна проводиться в соответствии с 10.2.11;

b) для изделий уровня PSL-2 в состоянии поставки M групп прочности L450 или X65 и выше (таблица 3).

Если результаты испытания на растяжение не соответствуют установленным требованиям, изготовитель может провести повторные испытания двух дополнительных труб той же партии. Образцы для повторного испытания должны быть отобраны так же, как и образец, не удовлетворивший установленным требованиям, от двух разных материнских рулонных или листовых прокатов, в зависимости

от конкретного случая. Если результаты испытания хотя бы одного образца, прошедшего повторное испытание, не соответствуют установленным требованиям, изготовитель может провести индивидуальные испытания остальных труб в контролируемой партии. Если результаты испытания обоих образцов, прошедших повторные испытания, соответствуют установленным требованиям, то вся контролируемая партия должна быть принята, за исключением труб, изготовленных из того материнского рулонного или листового проката, от которого был отобран исходный образец. С этими трубами поступают следующим образом:

1) трубы бракуют, или

2) испытывают каждую трубу из того материнского рулонного или листового проката, от которого был отобран исходный образец, не прошедший испытания; при удовлетворительных результатах испытания трубу принимают;

3) учитывая данные по прослеживаемости труб до материнского рулонного или листового проката, изготовитель проводит испытания дополнительных труб, изготовленных из дочернего рулонного или листового проката (в зависимости от конкретного случая), примыкающего (до, после или одновременно, в зависимости от конкретного случая) в пределах материнского рулонного или листового проката к месту отбора пробы, от которой был получен исходный образец, не выдержавший испытание. Испытания труб продолжают до получения удовлетворительных результатов с обеих сторон несоответствующего участка материнского рулонного или листового проката. Трубы, произведенные из несоответствующего участка материнского рулонного или листового проката, бракуют, остальные трубы контролируемой партии принимают.

Если применима повторная термообработка, она должна проводиться в соответствии с 10.2.11.

10.2.12.3 Повторное испытание на сплющивание

Условия повторного испытания на сплющивание:

a) неэкспандированные электросварные трубы групп прочности выше L175 или A25 и неэкспандированные трубы, полученные способом лазерной сварки диаметром менее 323,9 мм, изготовленные отрезками однократной длины.

Изготовитель может принять решение о повторном испытании любого конца до тех пор, пока не будут получены установленные требования, при условии, что длина готовой трубы составляет не менее 80 % ее длины после первоначальной обрезки;

b) неэкспандированные электросварные трубы групп прочности выше L175 или A25 и неэкспандированные полученные способом лазерной сварки диаметром менее 323,9 мм, изготовленные отрезками кратной длины.

Если результаты одного или нескольких испытаний на сплющивание не отвечают установленным требованиям, то изготовитель может провести повторное испытание конца трубы после обрезки дефектного конца. Изготовитель также может забраковать дефектные трубы и провести повторное испытание примыкающего конца следующей трубы. Повторное испытание проводят на двух образцах, один из которых испытывают в положении сварного шва 0 градусов, а другой — в положении 90 градусов. Если результаты повторных испытаний не отвечают установленным требованиям, то изготовитель либо бракует трубы, полученные из соответствующей кратной длины, либо проводит повторные испытания каждого конца оставшейся трубы, изготовленной из данного рулонного проката, со сварными швами, расположенными в положении 0 градусов и 90 градусов. Если результаты повторных испытаний отвечают установленным требованиям, то остальную часть труб кратной длины принимают;

c) холодноэкспандированные электросварные трубы групп прочности выше L175 или A25; все сварные трубы группы прочности L175 или A25 диаметром 60,3 мм и более; и холодноэкспандированные трубы, полученные способом лазерной сварки диаметром менее 323,9 мм.

Изготовитель может провести повторные испытания одного конца от каждой из двух дополнительных труб той же контролируемой партии. В случае положительных результатов повторных испытаний все трубы в контролируемой партии должны быть приняты, за исключением трубы, не удовлетворившей предъявляемым требованиям. Если результаты хотя бы одного повторного испытания не отвечают установленным требованиям, то изготовитель может провести индивидуальные испытания остальных труб контролируемой партии.

Если применима повторная термообработка, она должна производиться в соответствии с 10.2.11.

10.2.12.4 Повторное испытание на загиб

Если результаты испытания не отвечают установленным требованиям, то изготовитель может провести повторные испытания на образцах, вырезанных из двух дополнительных труб из той же партии. Если результаты всех повторных испытаний удовлетворяют установленным требованиям, то все трубы в партии должны быть приняты, за исключением трубы, из которой был отобран первоначальный образец. Если результаты хотя бы одного повторного испытания не удовлетворяют установленным требованиям, то изготовитель может провести индивидуальные испытания остальных труб контролируемой партии.

Если применима повторная термообработка, она должна производиться в соответствии с 10.2.11.

10.2.12.5 Повторное испытание на направленный загиб

Если результаты испытания одного или обоих образцов не удовлетворяют установленным требованиям, то изготовитель может провести повторные испытания на образцах, вырезанных из двух дополнительных труб той же контролируемой партии. Если результаты испытания удовлетворяют установленным требованиям, то все трубы в контролируемой партии должны быть приняты, за исключением трубы, первоначально выбранной для испытания. Если результаты испытания хотя бы одной трубы не будут удовлетворять установленным требованиям, то изготовитель может провести индивидуальные испытания остальных труб контролируемой партии. Изготовитель может также провести повторное испытание любой трубы, не прошедшей испытание, на двух дополнительных образцах из того же конца трубы после его обрезки. Если установленные требования выполнены по результатам испытаний обоих дополнительных образцов, то труба должна быть принята, дальнейшая обрезка и переиспытание не допускается. Образцы для повторных испытаний должны отбираться таким же образом, как установлено в таблицах 19 и 20 и в 10.2.3.6.

Если применима повторная термообработка, она должна быть проведена в соответствии с 10.2.11.

10.2.12.6 Повторные испытания на ударный изгиб образцов с V-образным надрезом

Если результаты испытания комплекта образцов с V-образным надрезом на ударный изгиб не соответствуют критериям приемки, то изготовитель может заменить образцы или испытать дополнительно две трубы той же партии. Если результаты испытания обоих труб удовлетворяют критериям приемки, то все трубы в контролируемой партии, за исключением первоначально выбранной трубы, должны быть приняты. При неудовлетворительном результате испытания любой из двух дополнительных труб проводят индивидуальные испытания каждой трубы партии.

Если применима повторная термообработка, она должна быть проведена в соответствии с 10.2.11.

10.2.12.7 Повторный контроль твердости

Если результаты контроля твердости не соответствуют установленным требованиям, то изготовитель может провести повторный контроль двух дополнительных труб той же контролируемой партии. Если результаты контроля обоих образцов соответствуют установленным требованиям, то все трубы контролируемой партии должны быть приняты, за исключением той трубы, от которой был отобран исходный образец. Если результаты контроля одного или обоих образцов не соответствуют установленным требованиям, то изготовитель может провести индивидуальный контроль остальных труб контролируемой партии. Образцы для повторного контроля должны отбираться так же, как и исходный образец (H.7 или J.8, по применимости).

Если применима повторная термообработка, она должна быть проведена в соответствии с 10.2.11.

10.2.12.8 Повторные испытания падающим грузом (DWT)

Если результаты испытания DWT комплекта образцов не соответствуют установленным требованиям, то изготовитель может заменить образцы или испытать дополнительно две трубы той же партии. Если результаты повторных испытаний удовлетворяют установленным требованиям, то все трубы контролируемой партии должны быть приняты, за исключением трубы, от которой был отобран исходный образец. Если результаты хотя бы одного из повторных испытаний окажутся не соответствующими установленным требованиям, изготовитель может провести индивидуальные испытания остальных труб контролируемой партии. Образцы для повторного испытания должны отбираться так же, как и исходный образец, не удовлетворивший минимальным требованиям (10.2.3).

Если применима повторная термообработка, она должна быть проведена в соответствии с 10.2.11.

11 Маркировка

11.1 Общие положения

11.1.1 Трубы и муфты для труб, изготовленные в соответствии с настоящим стандартом, должны быть замаркированы изготовителем в последовательности, указанной в 11.2.1, перечисления a) — j), по применимости.

Примечание — Обязательную маркировку обычно наносят в виде одной прямой строки, но допускается переносить маркировку на несколько строк при условии, что последовательность нанесения информации читается слева направо и сверху вниз.

11.1.2 Маркировка муфт должна быть выполнена клеймением или, если согласовано, краской по трафарету.

11.1.3 Если заказ предусматривает поставку труб по ГОСТ ISO 3183, то маркировка, обозначающая, что труба изготовлена по ГОСТ ISO 3183, является обязательной.

11.1.4 Изготовитель по своему усмотрению, или если это оговорено в заказе, может нанести дополнительную маркировку, но она не должна прерывать последовательность обязательной маркировки, указанной в 11.2.1, перечисления a) — j), по применимости. Такая дополнительная маркировка должна быть расположена после обязательной маркировки или же в виде отдельной маркировки в каком-либо ином месте на трубе.

11.2 Маркировка труб

11.2.1 Маркировка труб должна включать следующую информацию в указанной последовательности:

a) наименование или товарный знак изготовителя труб (X);

b) если изделие полностью соответствует настоящему стандарту, приложениям к нему и данному разделу, то должна быть нанесена маркировка «ГОСТ ISO 3183». Изделие, соответствующее нескольким совместимым стандартам, может быть замаркировано обозначением каждого стандарта;

c) наружный диаметр;

d) толщину стенки;

e) группу прочности (таблица 1, таблица H.1 или таблица J.1, какая применима);

f) уровень требований к продукции (PSL-1 или PSL-2), за которым следует буква G, если применимо G.5.1 (приложение G);

g) тип трубы (таблица 2);

h) отметку представителя инспекции заказчика (Y), если применимо;

i) идентификационный номер (Z), который позволяет соотнести изделие или единицу поставки (например связку труб) с соответствующим документом о приемочном контроле;

j) если заданное давление гидростатического испытания превышает давление, указанное в таблицах 24 или 25 (по применимости), или превышает значения давления, указанные в таблице 26, сносках a, b или c (по применимости), то перед маркировкой заданного испытательного давления должно быть нанесено слово «ИСПЫТАНО».

Примеры условных обозначений

Трубы наружным диаметром 508 мм, толщиной стенки 12,7 мм, группы прочностии L360M уровня PSL-2, изготовленные способом дуговой сварки под флюсом с продольным швом:

X ГОСТ ISO 3183 508 12,7 L360M PSL-2 SAWL Y Z.

Трубы наружным диаметром 508 мм, толщиной стенки 12,7 мм, группы прочностии L360M уровня PSL-2, изготовленные способом дуговой сварки под флюсом с продольным швом по ГОСТ ISO 3183, а также если труба соответствует требованиям совместимого стандарта ABC:

X ГОСТ ISO 3183/ABC 508 12,7 L360M PSL-2 SAWL Y Z.

Трубы наружным диаметром 508 мм, толщиной стенки 12,7 мм, группы прочностии L360M уровня PSL-2, изготовленные способом дуговой сварки под флюсом с продольным швом, и если давление гидроиспытания отличается от стандартного давления (при испытании на 17,5 МПа):

X ГОСТ ISO 3183 508 12,7 L360M PSL-2 SAWL Y, Z ИСПЫТАНО 17.5.

Трубы наружным диаметром 508 мм, толщиной стенки 12,7 мм, с нанесением обоих групп прочностии L360M и X52M уровня PSL-2, изготовленные способом дуговой сварки под флюсом с продольным швом и примененением приложения G

X ГОСТ ISO 3183 508 12,7 L360M X52M PSL-2G SAWL Y Z.

11.2.2 За исключением допустимого в 11.2.3 и 11.2.4, требуемая маркировка должна быть стойкой и четкой:

a) маркировка труб диаметром $D \leq 48{,}3$ мм должна быть нанесена хотя бы на одном из следующих мест:

1) на ярлыке, закрепленном на связке труб;
2) на ленте или хомуте, применяемых для обвязки труб;
3) на одном из концов каждой трубы;
4) непрерывно по всей длине трубы;

b) маркировка труб диаметром $D > 48,3$ мм, если в заказе на поставку не указано конкретное расположение, должна быть нанесена:

1) на наружной поверхности трубы — в последовательности, указанной в 11.2.1, и начинаться на расстоянии от 450 до 760 мм от одного из торцов трубы;

2) на внутренней поверхности трубы и начинаться на расстоянии не менее 150 мм от одного из торцов трубы;

11.2.3 Если согласовано, маркировка может быть выполнена клеймами, не создающими значительного наклепа, или вибротравлением поверхности трубы, но со следующими ограничениями:

a) такая маркировка должна быть расположена на фаске торца трубы или на расстоянии не более 150 мм от одного из торцов трубы;

b) такая маркировка должна быть расположена на расстоянии не менее 25 мм от любого сварного шва;

c) холодное клеймение (при температуре менее 100 °С) рулонного или листовго проката или труб, не подвергаемых последующей термообработке, должно быть выполнено только скругленными или притупленными клеймами;

d) если иное не согласовано и не оговорено в заказе, то холодное клеймение запрещается для всех труб толщиной стенки 4,0 мм и менее и для всех труб группы прочности выше чем L175 или A25, не прошедших последующую термообработку.

11.2.4 Если согласовано, маркировка труб, предназначенных для нанесения покрытия, может быть выполнена предприятием, наносящим такое покрытие, не являющимся изготовителем труб. В таких случаях должна быть обеспечена прослеживаемость труб, т. е. присвоение индивидуального номера (отдельным трубам или плавке стали).

11.2.5 После нанесения временного защитного покрытия (12.1.2) должна быть обеспечена отчетливость маркировки.

11.2.6 Дополнительно к маркировке, указанной в 11.2.1, должна быть нанесена маркировка длины трубы в метрах с двумя десятичными знаками после запятой или, если согласовано, в другом формате:

a) на трубах диаметром $D \leq 48,3$ мм) общая длина труб в связке должна быть указана на ярлыке, ленте или хомуте, связывающих трубы;

b) если в заказе не оговорен конкретный участок поверхности на трубах диаметром $D > 48,3$ мм, длина отдельной трубы (измеренной на готовой трубе) должна быть указана на следующих участках:

1) на подходящем участке на наружной поверхности трубы или

2) на подходящем участке на внутренней поверхности трубы;

c) при поставке труб с муфтами должна быть указана длина, измеренная от наружного торца трубы до наружного торца муфты.

11.2.7 Если согласовано, изготовителем на внутренней поверхности каждой трубы должна быть краской нанесена отметка диаметром приблизительно 50 мм. Для труб групп прочности, приведенных в таблице 27, цвет краски должен соответствовать указанному в настоящей таблице, для остальных групп прочности цвета краски должны быть указаны в заказе на поставку.

11.3 Маркировка муфт

Маркировка муфт для труб диаметром $D \geq 60,3$ мм должна содержать наименование или товарный знак изготовителя и обозначение настоящего стандарта.

Таблица 27 — Цвет краски

Группа прочности	Цвет краски
L320 или X46	Черный
L360 или X52	Зеленый
L390 или X56	Синий
L415 или X60	Красный
L450 или X65	Белый
L485 или X70	Пурпурно-фиолетовый
L555 или X80	Желтый

11.4 Маркировка труб несколькими группами прочности

11.4.1 Маркировка труб несколькими группами прочности разрешается только по согласованию между заказчиком и изготовителем в следующих пределах:

a) трубы могут иметь маркировку несколькими группами прочности в следующих интервалах:

1) L290 или X42 и менее или;

2) более L290 или X42 до L415 или X60.

Для L415 или X60 и выше маркировка несколькими группами прочности не допускается;

b) трубы должны быть маркированы только одним уровнем PSL.

11.4.2 Изготовитель несет ответственность за обеспечение соответствия труб всем требованиям по каждой маркированной группе прочности. Это позволяет использовать трубу как изделие любой из маркированных групп прочности.

11.4.3 Если труба маркирована несколькими группами прочности, то оформляют один документ о приемке с указанием сочетания групп прочности, маркированных на трубе. Документ о приемке может содержать информацию о соответствии трубы требованиям каждой группы прочности по отдельности.

11.4.4 После поставки трубы не допускается перемаркировка трубы на другую группу прочности или другой уровень PSL (PSL-1 на PSL-2).

11.5 Маркировка нарезной трубы и подтверждение соответствия резьбы

11.5.1 Маркировка нарезной трубы может быть выполнена клеймением или краской на конце трубы рядом с резьбой и включать наименование или товарный знак изготовителя, обозначение применяемого стандарта на нарезание резьбы, наружный диаметр трубы и тип резьбы.

Пример — Труба нарезная, наружным диаметром 168,3 мм, резьба изготовлена по API Spec 5B, тип резьбы LP:

X API Spec 5B 168.3 LP.

11.5.2 Использование в маркировке резьбы букв «API Spec 5B», как указано в 11.5.1, должно означать подтверждение изготовителем того, что резьба замаркированных таким образом труб соответствует требованиям стандарта API Spec 5B, но заказчику не следует истолковывать это так, что изделие полностью соответствует какому-либо стандарту API. Изготовители, использующие для идентификации резьбы буквы «API Spec 5B», должны применять надлежащим образом сертифицированные API контрольные калибры для труб.

11.6 Маркировка труб обработчиком

Трубы, прошедшие термообработку на предприятии, отличном от первоначального изготовителя труб, должны быть маркированы так, как оговорено в соответствующих (по применимости) подпунктах раздела 11. Обработчик должен удалить любую маркировку, которая не указывает на новое состояние изделия в результате термической обработки (т. е. предшествующую маркировку группы прочности и наименование или товарный знак первоначального изготовителя труб).

Если обработчик является субподрядчиком изготовителя труб и выполняет операции, при которых маркировка неизбежно удаляется или стирается, субподрядчик может повторно нанести маркировку при условии, что повторное нанесение выполняется под контролем изготовителя труб.

12 Покрытия и резьбовые предохранители

12.1 Наружные и внутренние покрытия

12.1.1 За исключением предусмотренного в 12.1.2–12.1.4, трубы должны поставляться без покрытия.

12.1.2 Если согласовано, трубы должны поставляться с временным наружным покрытием для защиты от коррозии на период хранения и транспортирования. Такое покрытие должно быть плотным и гладким на ощупь, без заметных наплывов.

12.1.3 Если согласовано, трубы должны поставляться со специальным наружным покрытием.

12.1.4 Если согласовано, трубы должны поставляться со специальным внутренним покрытием.

12.2 Резьбовые предохранители

12.2.1 Для защиты резьбы концов нарезных труб диаметром D < 60,3 мм должно применяться соответствующее обертывание тканью или резьбовые предохранители из соответствующего металла, ткани или пластмассы.

12.2.2 Конструкция, материал и механическая прочность резьбовых предохранителей для нарезных труб диаметром $D \geq 60{,}3$ мм должны быть такими, чтобы обеспечивать защиту резьбы и концов труб от повреждения при обычных погрузочно-разгрузочных операциях и транспортировании.

12.2.3 Резьбовые предохранители должны закрывать всю длину резьбы трубы и предотвращать попадание на резьбу воды и грязи во время транспортирования и в течение обычного срока хранения, равного приблизительно одному году.

Примечание — Под предохранительные детали должна быть нанесена консервационная смазка. По требованию потребителя вместо консервационной может быть нанесена резьбовая смазка.

12.2.4 Профиль резьбы резьбовых предохранителей не должен приводить к повреждению резьбы трубы.

12.2.5 Материал предохранителей не должен содержать веществ, которые могут вызвать коррозию или слипание резьбовых поверхностей, и должен быть рассчитан на эксплуатацию при температурах от минус 45 °С до плюс 65 °С.

13 Сохранение записей

Если применимо, изготовитель должен сохранять и предоставлять заказчику по его требованию в течение трех лет со дня приобретения продукции у изготовителя записи по следующим видам контроля и испытаний:

a) анализу плавки и изделия;
b) испытанию на растяжение;
c) испытанию на направленный загиб;
d) испытанию на ударный изгиб образцов с V-образным надрезом (CVN);
e) испытанию падающим грузом (DWT);
f) гидростатическим испытаниям (диаграммы или записи, хранимые в электронном виде);
g) рентгенографическому контролю труб (рентгенограммы);
h) неразрушающему контролю другими методами, если применимо;
i) неразрушающему контролю (по аттестации персонала);
j) рентгенографическому контролю сварных швов стыкованных труб (рентгенограммы);
k) испытаниям технологии ремонтной сварки;
l) любым другим испытаниям, указанным в приложениях или заказе на поставку, включая технологическую инструкцию по сварке (WPS) и документ об аттестации технологии сварки (WPQT/PQR) (приложение А и приложение D).

14 Погрузка труб

Если за погрузку труб отвечает изготовитель, он должен подготовить и следовать схемам погрузки труб, на которых должно быть показано, как трубы должны быть уложены, защищены и закреплены на грузовиках, вагонах, баржах или морских судах, в зависимости от того, какое транспортное средство будет применимо. Погрузка не должна приводить к повреждению торцов труб, истиранию, наклепу и усталостному растрескиванию. Погрузка должна быть осуществлена в соответствии с применяемыми правилами, положениями, стандартами и рекомендованными практиками.

Примечание — Дополнительная информация — в стандартах [18] и [19].

Приложение А
(обязательное)

Требования к стыкованным трубам

А.1 Способ сварки

А.1.1 Допускается сварка стыкованных труб с применением присадочного металла любым способом, считающимся надежной практикой, если заказчиком не указано применение определенного способа сварки.

А.1.2 Технология сварки, сварщики и операторы сварочных установок (далее — операторы) должны быть аттестованы в соответствии со стандартом, применение которого подтверждено заказчиком.

А.1.3 По требованию заказчика ему должны быть предоставлены копии технологической инструкции по сварке (WPS) и документ об аттестации технологии сварки (WPQT/PQR).

А.2 Исполнение

А.2.1 Концы труб, предназначенных для стыковой сварки, должны быть подготовлены в соответствии с требованиями технологической инструкции по сварке (WPS).

А.2.2 После сварки стыкованная труба должна быть прямой, в пределах отклонений по 9.11.3.4 настоящего стандарта. Готовые стыкованные трубы не должны подвергаться правке гибкой на стыковых швах.

А.2.3 Каждый шов должен иметь постоянное поперечное сечение по всей окружности трубы. Ни в одной из точек поверхность шва после сварки не должна быть расположена ниже наружной поверхности исходного металла или выступать над ней более, чем указано в таблице 16 — при сварке под флюсом и более чем на 1,6 мм — при сварке другим способом.

А.2.4 Если не согласовано иное, то расстояние по окружности между пересечением продольных швов со стыковым швом должно быть в пределах от 50 до 200 мм.

А.2.5 Расстояние по окружности между пересечением спирального и стыкового сварных швов концов рулонного или листового проката со стыковым швом должно составлять не менее 50 мм.

А.3 Маркировка

Каждая стыкованная труба должна иметь маркировку, идентифицирующую сварщика или оператора.

А.4 Неразрушающий контроль

Стыковые сварные швы по всей длине должны быть подвергнуты неразрушающему контролю в соответствии с приложением Е или приложением К (по применимости) радиографическим или ультразвуковым методами или их сочетанием.

Приложение В
(обязательное)

Аттестация технологии производства труб уровня PSL-2

В.1 Общие положения

В.1.1 В настоящем приложении установлены дополнительные требования, относящиеся к аттестации технологии производства труб уровня PSL-2 (7.2, перечисление с), 42)), или, если применимы, приложения H, J и/или M.

В.1.2 В особых случаях, т. е. при первой поставке или при поставке труб новой группы прочности, заказчик при заказе крупной партии труб может потребовать предоставление сведений, подтверждающих, что требования настоящего стандарта могут быть выполнены при применении предлагаемого технологического маршрута.

В.1.3 Соответствие технологии производства труб должно быть подтверждено предоставлением приемочных данных предыдущего производства или аттестацией в соответствии с В.3 и/или В.4, и/или В.5.

В.2 Дополнительная информация, предоставляемая заказчиком

В заказе на поставку должно быть указано, какое из следующих положений должно быть применимо к конкретной позиции заказа:

a) аттестация в соответствии с В.3 и/или В.4, и/или В.5 (В.1.3);

b) периодичность и объем испытаний (В.5.2).

В.3 Характеристики технологии производства

До начала производства или по результатам выпуска первой производственной серии изготовитель должен сообщить заказчику сводную информацию или идентификационные данные документов контроля (по применимости) об основных характеристиках технологии производства труб, включающие по меньшей мере следующие сведения:

a) выплавка и разливка стали (для всех труб):

1) наименование/адрес изготовителя;

2) описание оборудования и процесса, включая способы выплавки и разливки стали, размер плавки, метод раскисления, методику контроля включений (по применимости);

3) химический состав — интервалы содержания всех элементов, добавка которых предусмотрена, и элементов, перечисленных в таблице 5;

4) контроль процессов выплавки и разливки стали;

5) методы контроля содержания водорода в слябах, используемых для получения рулонного или листового проката толщиной более 20 мм;

6) методики идентификации и прослеживаемости продукции;

7) средства контроля повторной обработки/повторных испытаний/выпуска применительно к несоответствующей продукции по документированным методикам изготовителя, включая контроль смешения марок, переходного материала и отклонений от технологии или химического состава;

8) средства контроля осевой ликвации и критерии приемки, по применимости;

b) производство труб (для всех труб):

1) наименование/адрес изготовителя;

2) описание оборудования и процесса;

3) методика гидростатических испытаний, включая калибровку/поверку оборудования;

4) методы и методики неразрушающего контроля, включая методики калибровки приборов;

5) места отбора проб и описание образцов для испытаний и повторных испытаний по определению химических/механических свойств;

6) методы контроля размеров, включая способы правки труб или коррекции размеров;

7) для труб, нормализованных и закаленных и отпущенных по всему телу, значения и предельные отклонения времени и температур аустенизации и отпуска, а также описание методов контроля и регулирования температуры;

8) процесс и способ маркировки труб;

9) методы обеспечения прослеживаемости от получения рулонного или листового проката или заготовки до выпуска труб;

10) средства контроля повторной обработки/повторных испытаний/ выпуска применительно к несоответствующей продукции по документированным методикам изготовителя;

11) методики хранения, перемещения, погрузки и транспортировки труб;

c) горячий прокат (для сварных труб):

1) наименование/адрес изготовителя;

2) описание оборудования и процесса, включая вид термообработки (N или Q), при применении;

3) применимые отклонения температуры при контроле технологии прокатки (нагрев, прокатка, охлаждение);

4) применимые отклонения времени (нагрев, прокатка и охлаждение);

5) применимые методы и методики неразрушающего контроля рулонного или листового проката, включая методики калибровки приборов;

6) контрольные пределы размеров и механических свойств;

7) способ обрезки концов;

8) методы обеспечения прослеживаемости продукции от получения сляба до поставки рулонного или листового проката;

9) средства контроля повторной обработки/повторных испытаний/ выпуска применительно к несоответствующей продукции по документированным методикам изготовителя;

10) методики хранения, перемещения, погрузки и транспортировки;

d) вторичная обработка для сварных труб (по применимости):

1) наименование/адрес изготовителя;

2) описание оборудования и процесса;

3) методы обеспечения прослеживаемости продукции от получения до поставки рулонного или листового проката;

4) средства контроля повторной обработки/перемотки/повторных испытаний/выпуска применительно к несоответствующей продукции по документированным методикам изготовителя (включая технологические, химические, механические и размерные отклонения);

5) методики хранения, перемещения, погрузки и транспортировки;

e) производство сварных труб:

1) технологию формообразования труб, включая подготовку кромок, контроль смещения и формы;

2) режим термообработки труб, включая термообработку сварного шва в процессе сварки, при применении;

3) требования к сварке, включая технологию ремонтной сварки, вместе с документом о предыдущей аттестации технологии сварки (WPQT/PQR). Информация должна включать следующее:

i) для сварки труб HFW:

I) результаты металлографического исследования, подтверждающие термообработку сварного шва;

II) описание и средства контроля процесса сварки;

ii) для швов труб SAW и COW, а также мест ремонта, кромок рулонного или листового проката и стыковых швов, по применимости:

I) изготовители, классификация электродной проволоки и флюса и диаметр проволоки;

II) параметры и диапазоны изменения параметров сварки, включая ток, напряжение, скорость прохода, подводимое количество теплоты.

4) для труб SAW и COW:

i) допуски для разделки кромок под сварку;

ii) способ прихваточной сварки и расстояние между прихваточными швами (по применимости);

iii) процедуры хранения и перемещения проволоки и флюса, включая контроль влажности и методики повторного использования флюса, если применимо;

iv) методы устранения дефектов сварки;

f) производство бесшовных труб (SMLS):

1) способ деформации труб;

i) применимые отклонения температуры при контроле технологии прокатки (нагрев, прокатка, охлаждение);

ii) применимые отклонения длительности операции (нагрев, прокатка и охлаждение);

2) режим термообработки труб.

B.4 Характеристики плана контроля и испытаний

До начала производства изготовитель должен сообщить заказчику сводные сведения или идентификационные данные документов контроля применительно к основным характеристикам плана контроля и испытаний, включающие по меньшей мере следующие сведения:

a) деятельность в сфере контроля;

b) организацию или лицо, ответственные за деятельность по контролю (включая изготовителя, субподрядчика, заказчика или представителя третьей стороны);

c) методики контроля/испытания и калибровки, по применимости;

d) периодичность контроля;

e) критерии приемки;
f) действия по выявленным несоответствиям;
g) регистрация результатов, по применимости;
h) идентификация процессов, требующих валидации;
i) присутствие представителя заказчика и приостановка работ.

В.5 Аттестационные испытания технологии производства

В.5.1 При аттестации технологии производства сначала должны быть проведены обязательные испытания, указанные в таблице 18, таблице Н.3, таблице J.7 и/или таблице М.7 (по применимости).

В.5.2 Периодичность и объем испытаний должны быть указаны в заказе на поставку, а повторные испытания должны быть утверждены заказчиком. Изготовитель может предоставить данные по результатам прежнего производства, если это отмечено в заказе.

В.5.3 Применительно к сварным трубам необходимо предоставить как минимум следующие сведения об аттестации сварочной технологии:

a) для труб HFW:
   1) параметры контроля процесса сварки;
   2) результаты механических испытаний сварного шва согласно таблице 18, Н.3 и J.7 (при необходимости);
   3) подтверждение адекватности термообработки с помощью металлографии;
   4) результаты контроля твердости зоны сварки, если это требуется, согласно Н.7.2.4 и Н.7.3.3 либо J.8.2.3 и J.8.3.2;
b) для труб SAW и COW:
   1) размеры разделки кромок под сварку;
   2) изготовителя и классификацию электродной проволоки и флюса и диаметр проволоки;
   3) параметры сварки, включая ток, напряжение, скорость прохода, подводимое количество теплоты и число дуг;
   4) результаты механических испытаний сварного шва согласно таблице 18, Н.3 и J.7 (по необходимости);
   5) результаты контроля твердости зоны сварки, если это требуется, согласно Н7.2.4 и Н.7.3.3 либо J.8.2.3 и J.8.3.2;
   6) химический анализ наплавленного металла каждого наплавленного валика.

В.5.4 Заказчик может потребовать предоставления данных о других свойствах, например о свариваемости изделия.

Примечание — Запрос заказчика о предоставлении данных о свариваемости конкретных сталей может потребовать проведения специальных испытаний на свариваемость. В таких случаях заказчик должен предоставить изготовителю сведения о процессе и параметрах сварки, для которой необходимы данные о свариваемости. Для новых групп прочности, таких как L690 или X100 и L830 или X120, может потребоваться проведение испытаний на свариваемость из-за отсутствия возможности получения данных из других источников.

В.5.5 При аттестации технологии производства следует учитывать колебания механических свойств рулонного или листового проката, а также изменение механических свойств рулонного или листового проката в процессе изготовления труб.

В.5.6 До выпуска продукции необходимо известить заказчика о рулонном или листовом прокате или трубах, которые не отвечали первоначально установленным параметрам технологии прокатки, но были переаттестованы (8.3.9).

Приложение С
(обязательное)

Обработка поверхностных несовершенств и дефектов

С.1 Обработка поверхностных несовершенств

Поверхностные несовершенства, не классифицированные как дефекты, могут быть оставлены на трубе без ремонта или удалены косметической абразивной зачисткой.

С.2 Обработка исправимых поверхностных дефектов

С.2.1 Исправимые поверхностные дефекты должны быть удалены абразивной зачисткой.

С.2.2 Зачистка должна быть выполнена таким образом, чтобы зачищенная поверхность плавно переходила в контур трубы.

С.2.3 Полнота удаления дефектов должна быть проверена местным визуальным контролем, с применением при необходимости неразрушающего контроля. Толщина стенки в месте зачистки должна соответствовать требованиям 9.11.3.2, однако к месту зачистки не применимы требования по минусовому предельному отклонению диаметра и овальности (9.11.3.1).

С.3 Обработка неисправимых поверхностных дефектов

В отношении труб с неисправимыми поверхностными дефектами должны быть проведены следующие действия:

a) дефекты сварных швов на трубах SAW и COW должны быть отремонтированы сваркой в соответствии с С.4;

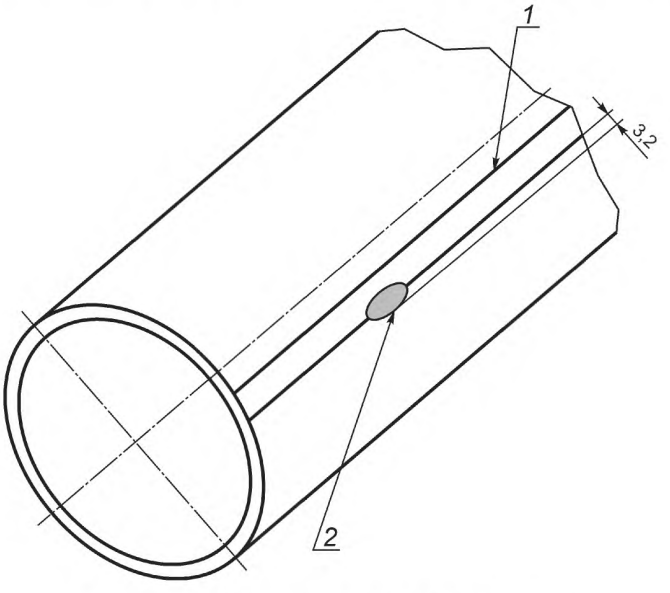
b) участки труб с поверхностными дефектами должны быть отрезаны с учетом ограничений по длине труб;

c) труба должна быть забракована полностью.

С.4 Обработка дефектов ремонтной сваркой

С.4.1 Ремонт тела трубы сваркой допускается только для труб уровня PSL-1. Для труб уровня PSL-2 ремонт тела трубы сваркой не допускается.

С.4.2 За исключением допускаемого в С.4.1, ремонт сваркой должен быть ограничен ремонтом сварных швов на трубах SAW и COW. Дефект должен быть полностью удален, а получившаяся в результате впадина тщательно зачищена. Для труб уровня PSL-2 внешний край впадины не должен заходить в тело трубы более чем на 3,2 мм, при измерении вдоль поверхности трубы перпендикулярно шву (рисунок С.1). Если не согласовано иное, ремонт сварных швов холодноэкспандированных труб уровня PSL-2 должен быть проведен до холодного экспандирования. Ремонт сваркой продольных швов, выполненных без присадочного металла, не допускается.



1 — усиление сварного шва; *2* — край впадины

Рисунок С.1 — Впадина от ремонта сваркой (только уровень PSL-2)

С.4.3 Для труб SAW и COW общая длина участков ремонта на каждом сварном шве должна быть не более 5 % общей длины сварного шва. Для стыковых сварных швов концов рулонного или листового проката общая длина участков ремонта должна быть не более 100 мм, участки ремонта должны находиться на расстоянии не менее 100 мм от пересечения стыкового сварного шва концов рулонного или листового проката и спирального шва.

С.4.4 Дефекты сварного шва, расстояние между которыми составляет менее 100 мм, должны быть отремонтированы как один непрерывный дефект. Каждый отдельный ремонт должен быть выполнен не менее чем за два прохода на длине не менее 50 мм.

С.4.5 Ремонт сварных швов должен быть проведен при применении технологии сварки, аттестованной в соответствии с приложением D.

С.4.6 После ремонта сварного шва вся площадь ремонта должна быть подвергнута радиографическому или ультразвуковому контролю в соответствии с приложением Е или приложением К, что применимо. До экспандирования или гидростатического испытания способ УЗК устанавливают по усмотрению изготовителя трубы, но после экспандирования или гидростатического испытания УЗК должен быть проведен ручным способом. Также после экспандирования или гидростатического испытания допускается проводить комбинированный автоматический и ручной УЗК.

С.4.7 Для бесшовных труб (только уровень PSL-1) до ремонта сваркой должен быть проведен магнитопорошковый или капиллярный контроль, чтобы убедиться в полном удалении дефекта.

С.4.8 Трубы после ремонта сваркой должны пройти гидростатическое испытание в соответствии с 10.2.6.

Приложение D
(обязательное)

Технология ремонтной сварки

D.1 Общие положения

D.1.1 Ремонтная сварка должна быть выполнена:

a) при горизонтальном положении оси трубы;

b) в соответствии с аттестованной технологией сварки;

c) сварщиком-ремонтником или оператором сварочной установки, аттестованным в соответствии с D.3.

D.1.2 Ремонтные швы должны быть выполнены одним из следующих способов:

a) автоматической дуговой сваркой под флюсом;

b) автоматической или полуавтоматической дуговой сваркой металлическим электродом в среде защитного газа;

c) ручной дуговой сваркой покрытым электродом с низкой массовой долей водорода.

D.1.3 Все сварочные материалы требуют правильного обращения и хранения в соответствии с рекомендациями изготовителя для того, чтобы предотвратить попадание в них влаги и других загрязнений.

D.1.4 Пробные швы должны быть выполнены на рулонном или листовом прокате или на трубе.

D.1.5 Изготовитель должен сохранять записи о процессе сварки и результаты аттестационных испытаний технологии сварки. По требованию заказчика должны быть предоставлены копии технологической инструкции по сварке (WPS) и документа об аттестации технологии сварки (WPQT/PQR).

D.2 Аттестация технологии ремонтной сварки

D.2.1 Общие положения

D.2.1.1 Технология сварки должны быть аттестована при выполнении и испытаниях сварных швов в соответствии с настоящим приложением, за исключением предусмотренного в D.2.1.2.

D.2.1.2 По усмотрению изготовителя механические испытания для аттестации технологии сварки, предусмотренные в [23], в [17] или в [26], могут быть заменены испытаниями, указанными в D.2.3.

D.2.1.3 В контексте настоящего приложения термин «автоматическая сварка» включает автоматную сварку, механизированную сварку и автоматическую сварку.

D.2.2 Существенные переменные

Если какая-либо из следующих существенных переменных будет изменена вне установленных ограничений, то существующая технология сварки должна быть неприменимой и аттестована новая технология:

a) процесс сварки:

1) изменение вида сварки, например замена сварки под флюсом на сварку металлическим электродом в среде защитного газа;

2) изменение способа сварки, например замена ручной сварки полуавтоматической;

b) металл труб:

1) изменение категории группы прочности; если в пределах одной категории применяют разные системы легирования, то каждая легирующая композиция должна быть аттестована отдельно, существуют следующие категории групп прочности:

i) группа прочности L290 или X42 и ниже;

ii) группы прочности выше L290 или X42, но ниже L450 или X65;

iii) группа прочности L450 или X65 и выше;

2) увеличение толщины стенки, по сравнению с аттестованной, в пределах каждой категории групп прочности;

3) увеличение в пределах категории групп прочности и интервалов толщин стенок труб углеродного эквивалента (CE_{IIW} — при массовой доле углерода более 0,12 % и $CE_{P_{cm}}$ — при массовой доле углерода не более 0,12 %), определенного по анализу ремонтируемого металла, более чем на 0,03 % выше значения углеродного эквивалента аттестованного металла;

4) изменение состояния поставки (таблица 3);

c) сварочные материалы:

1) изменение классификации присадочного материала;

2) если требуется испытание на ударный изгиб, то изменение марки расходуемых материалов;

3) изменение диаметра электрода;

4) изменение состава защитного газа X более чем на ± 5 %;

5) изменение расхода защитного газа q более чем на ± 10 %;

6) изменение марки флюса при сварке под флюсом;

d) параметры сварки:

1) изменение вида тока, например переход с переменного на постоян-ный;

2) изменение полярности тока;

3) при автоматической и полуавтоматической сварках — изменение интервалов тока, напряжения, скорости перемещения и теплоподвода для охватываемых интервалов толщин стенок. Для аттестации всего интервала в его пределах должны быть испытаны соответствующим образом выбранные точки. Новая аттестация потребуется в том случае, если отклонение от аттестованного интервала превысит по крайней мере одно из следующих значений:

i) по силе тока — 10 %;

ii) по напряжению — 7 %;

iii) по скорости перемещения при автоматической сварке — 10 %;

iv) по теплоподводу — 10 %;

4) любое увеличение глубины разделки кромок (а) сверх аттестованной. Если не согласовано иное, то глубина разделки кромок должна быть установлена изготовителем;

e) валик шва: при ручной и полуавтоматической сварке — изменение ширины шва более чем на 50 %;

f) нагрев и термообработка после сварки:

1) проведение ремонтной сварки при температуре трубы ниже температуры аттестационных испытаний;

2) добавление или исключение термообработки после сварки.

D.2.3 Механические испытания

D.2.3.1 Количество образцов

Для каждого аттестационного испытания технологии сварки должны быть изготовлены и испытаны два образца (D.2.3.2 и D.2.3.3). Для испытания на ударный изгиб должны быть изготовлены и испытаны по три образца для сварного шва и ЗТВ (D.2.3.4).

D.2.3.2 Испытание на растяжение в поперечном направлении

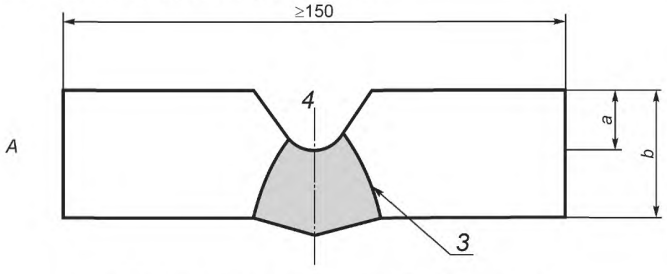
D.2.3.2.1 Поперечные образцы для испытания на растяжение должны иметь ширину приблизительно 38 мм, с расположением сварного шва посередине образца (рисунок 8а). Усиление сварного шва должно быть удалено с обеих поверхностей образца, а продольные кромки должны быть механически обработаны.

Примечание — На рисунке 8а показан образец для испытания на направленный загиб, который в данном случае показывает расположение ремонтного шва на образце для испытания на растяжение.

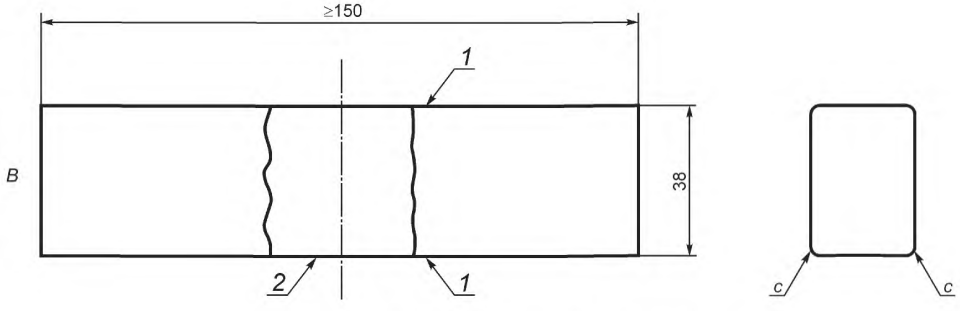
D.2.3.2.2 Предел прочности на растяжение должен быть не менее минимального установленного предела для соответствующей группы прочности трубы.

D.2.3.3 Испытание на направленный загиб в поперечном направлении

D.2.3.3.1 Поперечный образец со сварным швом, выполненным после разделки дефекта, предназначенный для испытания на направленный загиб, показан на рисунке D.1.

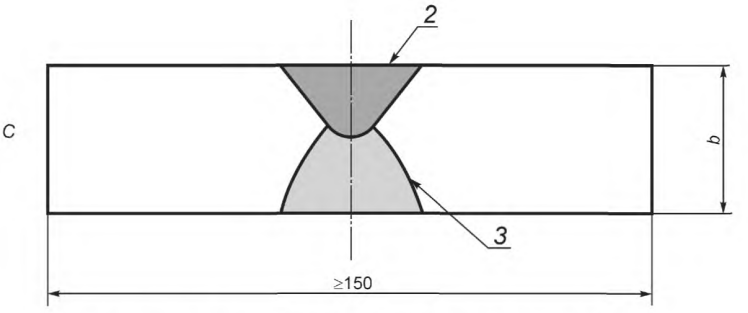


A — До ремонтной сварки — Вид в разрезе



B — После ремонтной сварки — Вид сверху

Рисунок D.1 — Образец для испытания на направленный загиб



С — После ремонтной сварки — Вид в разрезе

1 — продольные кромки получены механической холодной и/или кислородной резкой;
2 — наплавленный металл ремонтной сварки (усиление шва удалено); *3* — шов SAW/COW (усиление шва удалено);
4 — разделка под ремонтную сварку; *a* — глубина разделки;
b — толщина стенки [*D*.2.2 b) 2 (приложение *D*)]; *c* — $r \leq 1{,}6$

Рисунок D.1, лист 2

D.2.3.3.2 Образец должен быть загнут до угла 180° в приспособлении (рисунок 9 и таблица D.1), с растяжением наружной поверхности сварного шва.

Таблица D.1 — Размеры приспособления для испытания на направленный загиб

Группа прочности	Размер [a], мм			
	r_a [b]	r_b [b]	A_{gb} [b]	B [b]
До L290 включ. или X42	3,0t	4,0t +1,6	6,0t	8,0t +3,2
L320 или X46	3,5t	4,5t +1,6	7,0t	9,0t +3,2
L360 или X52	4,0t	5,0t +1,6	8,0t	10,0t +3,2
L390 или X56	4,0t	5,0t +1,6	8,0t	10,0t +3,2
L415 или X60	4,5t	5,5t +1,6	9,0t	11,0t +3,2
L450 или X65	4,5t	5,5t +1,6	9,0t	11,0t +3,2
L485 или X70	5,0t	6,0t +1,6	10,0t	12,0t +3,2
L555 или X80	5,0t	6,0t +1,6	10,0t	12,0t +3,2
L620 или X90	5,5t	6,5t +1,6	11,0t	13,0t +3,2
L690 или X100	6,0t	7,0t +1,6	12,0t	14,0t +3,2
L830 или X120	7,0t	8,0t +1,6	14,0t	16,0t +3,2
Для промежуточных групп прочности принимают размеры для ближайшей более низкой группы прочности или определяют интерполяцией. r_a, r_b, A_{gb}, B показаны на рисунке 9.				

D.2.3.3.3 За исключением допустимого в D.2.3.3.4, испытание должно считаться удовлетворительным при отсутствии после загиба в наплавленном или основном металле трещин и других дефектов, превышающих 3,2 мм в любом направлении.

D.2.3.3.4 Трещины на кромках образца, образующиеся в процессе испытания, не должны быть причиной для отбраковки, если их длина не превышает 6,4 мм.

D.2.3.4 Испытание на ударный изгиб образцов с V-образным надрезом (CVN)

D.2.3.4.1 Образцы для испытания на ударный изгиб должны быть отобраны от участка ремонтной сварки для аттестационных испытаний технологии ремонтной сварки (D.2.1.1).

D.2.3.4.2 Образцы для испытания на ударный изгиб должны быть подготовлены в соотвествии с 10.2.3.3.

D.2.3.4.3 Испытание на ударный изгиб должно быть проведено в соотвествии с 9.8 и 10.2.4.3.

D.2.3.4.4 Средняя работа удара (для комплекта из трех образцов) для каждого ремонтного шва и его зоны термического влияния при применении образцов полного размера и температуре испытания 0 °С или при более низкой температуре, если согласовано, должна быть не менее установленной в 9.8.3 для металла сварного шва трубы и зоны термического влияния.

Если размеры трубы не позволяют подготовить и испытать образцы полного размера для аттестационных испытаний технологии ремонтной сварки и испытывают образцы меньшего размера, то должны быть применимы требования 10.2.3.3 и таблицы 22.

D.2.4 Неразрушающий контроль при аттестационных испытаниях технологии ремонтной сварки

Образец для аттестационных испытаний технологии ремонтной сварки, подвергают неразрушающему контролю в соотвествии с Е.3, применяя радиографический метод контроля в соотвествии с Е.4 или ультразвуковой метод контроля в соответствии с Е.5, или комбинацию обоих методов. Участок ремонтной сварки должен соответствовать тем же критериям приемки, которые установлены в Е.4.5 и/или Е.5.5 (по принадлежности).

D.3 Аттестация сварщиков

D.3.1 Аттестация

D.3.1.1 Общие положения

Каждый сварщик-ремонтник или оператор-ремонтник должен быть аттестован в соответствии с требованиями настоящего раздела. Как альтернатива, по усмотрению изготовителя, сварщик или оператор могут быть аттестованы по [24], [25], приложению С [17] или по [23]. Сварщик-ремонтник или оператор-ремонтник, аттестованные по одной категории [D.2.2, перечисление b)], считаются аттестованными по всем более низким категориям при условии применения такого же процесса сварки.

D.3.1.2 Приемка

При аттестации сварщик-ремонтник или оператор-ремонтник должны выполнять сварные швы, соответствие которых должно быть подтверждено следующим:

a) радиографическим пленочным контролем в соответствии с приложением Е;

b) двумя испытаниями на направленный загиб в поперечном направлении (D.2.3.3).

D.3.1.3 Отказ в приемке

Если результат хотя бы одного из видов контроля по D.3.1.2 не будет соответствовать установленным требованиям, то сварщику или оператору разрешается выполнить еще один дополнительный аттестационный шов. Если и этот шов окажется не соответствующим хотя бы по одному из видов контроля, предусмотренных D.3.1.2, то сварщика или оператора лишают аттестации. Дополнительные испытания не допускаются до тех пор, пока сварщик не пройдет дополнительное обучение.

D.3.2 Переаттестация

Переаттестация в соответствии с D.3.1 должна быть проведена в следующих случаях:

a) прошел один год с момента предыдущей проведенной аттестации;

b) сварщик или оператор не выполнял сварочные работы с применением аттестованных технологий сварки в течение трех месяцев или более;

c) есть основания сомневаться в квалификации сварщика или оператора.

Приложение Е
(обязательное)

Неразрушающий контроль труб, не предназначенных для эксплуатации в кислых средах и морских условиях

Е.1 Аттестация персонала

Е.1.1 Аттестация персонала, осуществляющего неразрушающий контроль (кроме визуального контроля), должна проводиться в соответствии с ISO 9712, ISO 11484, ASNT SNT-TC-1A или эквивалентными документами. Должна проводиться переаттестация персонала, аттестованного ранее по любому методу, если он не участвовал в проведении неразрушающего контроля этим методом в течение более 12 месяцев.

Е.1.2 Неразрушающий контроль должен проводить персонал уровней 1, 2 или 3.

Е.1.3 Оценку показаний, полученных при неразрушающем контроле, должен проводить персонал уровней 2 или 3, или персонал уровня 1 под наблюдением персонала уровней 2 или 3.

Е.2 Стандарты на методы контроля

За исключением специально измененного в настоящем приложении, неразрушающий контроль, кроме визуального контроля поверхности (10.2.7) и проверки толщины стенки, должен проводиться в соответствии со следующими стандартами или эквивалентными нормативными документами:

a) электромагнитный контроль (рассеянием магнитного потока) — ISO 10893-3 или ASTM E 570;

b) электромагнитный (вихретоковый контроль) — ISO 10893-2 или ASTM E 309;

c) ультразвуковой контроль — ISO 10893-8, ISO 10893-9, ISO 10893-10, ASTM A 435, ASTM A 578/A578M или ASTM E 213;

d) автоматический ультразвуковой контроль (сварного шва) — ISO 10893-11 или ASTM E 273;

e) ручной ультразвуковой контроль (сварного шва) — ISO 10893-11, ASTM E 164 или ASTM E 587;

f) магнитопорошковый контроль — ISO 10893-5 или ASTM E 709;

g) рентгенографический контроль (пленочный) — ISO 10893-6 или ASTM E 94;

h) рентгенографический контроль (цифровой) — ISO 10893-7 или ASTM E 2698 или ASTM E 2033;

i) капиллярный контроль — ISO 10893-4 или ASTM E 165.

Е.3 Методы контроля

Е.3.1 Общие положения

Е.3.1.1 Швы сварных труб диаметром $D \geq 60{,}3$ мм групп прочности L210 или A и выше должны быть подвергнуты неразрушающему контролю по всей длине (100 %) и толщине стенки в соответствии с таблицей Е.1. Стыковые сварные швы концов рулонного или листового проката на готовых спиральношовных трубах также должны быть подвергнуты неразрушающему контролю по всей длине и толщине стенки в соответствии с таблицей Е.1.

Е.3.1.2 Все бесшовные (SMLS) трубы уровня PSL-2 и бесшовные трубы уровня PSL-1 группы прочности L245 или B после закалки и отпуска должны быть подвергнуты неразрушающему контролю по всей длине (100 %) в соответствии с таблицей Е.2. Если согласовано, другие бесшовные (SMLS) трубы уровня PSL-1 должны быть подвергнуты неразрушающему контролю в соответствии с таблицей Е.2.

Таблица Е.1 — Неразрушающий контроль сварного шва труб

Тип сварного шва	Метод неразрушающего контроля [a]		
	электромагнитный	ультразвуковой	рентгенографический
EW	Один из методов или их сочетание		Не применим
LW	Не применим	Требуется	Не применим
SAW	Не применим	Требуется [b]	Если согласовано
COW	Не применим	Требуется	Не применим
Стыковой сварной шов концов рулонного или листового проката	Не применим	Требуется [b]	Если согласовано

[a] Сварной шов на концах труб может потребовать дополнительного контроля (Е.3.2).
[b] Требуется, если изготовителем и заказчиком не согласована замена на рентгенографический контроль.

Таблица Е.2 — Неразрушающий контроль тела бесшовных труб

Тип труб	Метод неразрушающего контроля		
	электромагнитный	ультразвуковой	магнитопорошковый (круговым полем)
Трубы уровня PSL-2 любой группы прочности	Требуется один из методов или их сочетание		
Трубы уровня PSL-1 групп прочности L245 или B после закалки и отпуска	Требуется один из методов или их сочетание		
Трубы уровня PSL-1 всех групп прочности, кроме указанных выше	Если согласовано, требуется один из методов или их сочетание		

Е.3.1.3 Оборудование для неразрушающего контроля на предприятии изготовителя должно быть размещено по выбору изготовителя, за исключением того, что:

a) неразрушающий контроль сварных швов холодноэкспандированных труб должен быть проведен после операции холодного экспандирования; неразрушающий контроль бесшовных труб должен проводиться после всех операций термообработки и холодного экспандирования, при применении, но может проводиться до обрезки концов, выполнения фаски и калибровки концов;

b) по согласованию, сварные швы на трубах LEW и HFW должны быть подвергнуты неразрушающему контролю после гидростатических испытаний.

Е.3.2 Контроль концов сварных труб

Е.3.2.1 Если в соответствии с требованиями Е.3.1.1 применима автоматическая система ультразвукового или электромагнитного контроля, то сварные швы на концах труб, не охватываемые автоматической системой, для выявления дефектов должны быть подвергнуты ручному или полуавтоматическому ультразвуковому контролю наклонным лучом или рентгенографическому контролю соответственно или концы труб должны быть отрезаны. Регистрационные данные должны вестись и поддерживаться в рабочем состоянии согласно Е.5.4.

Е.3.2.2 Сварной шов каждого из концов труб SAW и COW должен быть подвергнут рентгенографическому контролю на расстоянии не менее 200 мм от торца трубы. Результаты контроля должны быть зарегистрированы на пленке или ином носителе изображений.

Е.3.2.3 Если согласовано, концевые участки каждой трубы шириной 25 мм должны быть подвергнуты ультразвуковому контролю в соответствии с ASTM A 578/578M, ASTM A 435 или ISO 10893-8 для проверки отсутствия расслоений размером, превышающим 6,4 мм по окружности.

Е.3.3 Контроль концов бесшовных (SMLS) труб

Е.3.3.1 Если в соответствии с требованиями Е.3.1.2 применима автоматическая система ультразвукового или электромагнитного контроля (объединяющая оборудование, процедуры и персонал), то концы труб, не охватываемые автоматической системой, для выявления дефектов должны быть подвергнуты ручному или полуавтоматическому ультразвуковому контролю наклонным лучом или магнитопорошковому контролю или концы труб должны быть отрезаны. Регистрационные данные должны поддерживаться в рабочем состоянии согласно Е.5.4.

Е.3.3.2 Если согласовано, концевые участки шириной 25 мм каждой трубы толщиной стенки $t \geq 5{,}0$ мм должны быть подвергнуты ультразвуковому контролю в соответствии с ISO 10893-8 или ASTM A 578/A578M и ASTM A 435 для проверки отсутствия расслоений размером, превышающим 6,4 мм по окружности.

Е.4 Рентгенографический контроль сварных швов

Е.4.1 Метод рентгенографического контроля

Рентгенографический контроль сварных швов (при применении) должен быть проведен в соответствии со стандартами:

- пленочный рентгенографический контроль: ИСО 10893-6 (класс чувствительности А или В) или ASTM E 94;
- цифровой рентгенографический контроль: ИСО 10893-7, АСТМ Е 2698 или АСТМ Е 2033.

Е.4.2 Оборудование для рентгенографического контроля

Е.4.2.1 Контроль однородности сварных швов рентгенографическим методом должен проводиться при помощи рентгеновского излучения, проходящего через металл шва и создающего изображение на рентгенографической пленке или цифровом носителе изображения, чувствительном к рентгеновскому излучению (например, кассета для компьютерной рентгенографии CR, цифровой анализатор DDA) и обладающем требуемым уровнем чувствительности.

Е.4.2.2 Применяемые рентгенографические пленки должны соответствовать классам С4 или С5 по ISO 11699-1 или классам I или II по ASTM E 1815 и должны применяться со свинцовым экраном.

Е.4.2.3 Плотность рентгенографического снимка должна быть не менее 2,0, исключая сварной шов и выбрана таким образом, чтобы:

a) плотность снимка по части сварного шва, имеющей наибольшую толщину, составляла не менее 1,5;

b) достигался максимальный контраст для используемого типа пленки.

Е.4.3 Эталоны чувствительности изображения (IQI)

Е.4.3.1 Если не согласовано иное, то должны применяться эталоны чувствительности изображения (IQI) проволочного типа. Если используются другие стандартные эталоны чувствительности изображения, то должна быть достигнута эквивалентная или лучшая чувствительность.

Е.4.3.2 Применяемые проволочные эталоны (IQI) должны соответствовать типам W 1 FE, W 6 FE или W 10 FE по ISO 19232-1, существенный диаметр проволоки должен соответствовать толщине сварного шва и диаметру, указанному в таблице Е.3.

Таблица Е.3 — Проволочные эталоны чувствительности изображения (IQI) по ISO 19232-1 для рентгенографического контроля

Толщина сварного шва [a], мм	Существенный диаметр проволоки, мм	Комплект проволоки типа FE	Номер проволоки
До 8 включ.	0,16	W10 — W16	14
Св. 8 до 11 включ.	0,20	W10 — W16	13
Св. 11 до 14 включ.	0,25	W10 — W16 или W6 — W12	12
Св. 14 до 18 включ.	0,32	W10 — W16 или W6 — W12	11
Св. 18 до 25 включ.	0,40	W10 — W16 или W6 — W12	10
Св. 25 до 32 включ.	0,50	W6 — W12	9
Св. 32 до 41 включ.	0,63	W6 — W12	8
Св. 41 до 50 включ.	0,80	W6 — W12	7
Св. 50	1,00	W6 — W12	6
[a] Толщина сварного шва равна сумме толщины стенки и приблизительной высоте усиления шва.			

Е.4.3.3 Применяемые проволочные эталоны (IQI) должны соответствовать ASTM E 747, существенный диаметр проволоки должен соответствовать толщине сварного шва и диаметру, указанному в таблице Е.4.

Таблица Е.4 — Проволочные эталоны чувствительности изображения (IQI) по ASTM E 747 для рентгенографического контроля

Толщина сварного шва [a], мм	Существенный диаметр проволоки, мм	Комплект проволоки	Номер проволоки
До 8 включ.	0,16	A	4
Св. 8 до 11 включ.	0,20	A	5
Св. 11 до 14 включ.	0,25	A или B	6
Св. 14 до 18 включ.	0,33	B	7
Св. 18 до 25 включ.	0,41	B	8
Св. 25 до 32 включ.	0,51	B	9
Св. 32 до 41 включ.	0,64	B	10
Св. 41 до 50 включ.	0,81	B или C	11
Св. 50	1,02	C	12
[a] Толщина шва равна сумме толщины стенки и приблизительной высоте усиления сварного шва.			

Е.4.3.4 За исключением допустимого в Е.4.3.5, эталон чувствительности изображения (IQI) должен быть помещен поперек шва на участке, представляющем полную высоту усиления шва, и включать в себя проволоки обоих существенных диаметров: одного, выбранного по толщине сварного шва с полной высотой усиления, и второго, выбранного по толщине сварного шва без усиления.

Е.4.3.5 Могут применяться два эталона чувствительности изображения (IQI): один — помещенный поперек шва, второй — помещенный на основной металл.

Е.4.3.6 Эталоны чувствительности изображения помещают на стороне-источнике. Если сторона-источник недоступна, то эталоны чувствительности изображения можно поместить на сторону пленки (сторону-детектор) объекта. В этих случаях рядом с эталоном чувствительности изображения помещают букву «F», а процедурное изменение фиксируют в протоколе испытания.

Примечание — Эффективным средством оценки относительной чувствительности является пробная экспозиция с эталонами чувствительности изображения, один из которых помещен на стороне-источнике, а другой — на стороне-детекторе трубы.

Е.4.4 Проверка соответствия оборудования

Е.4.4.1 Для проверки чувствительности и соответствия оборудования должен быть проведен контроль в динамическом режиме на рабочей скорости с применением эталона чувствительности изображения (IQI) одной трубы из каждой контролируемой партии, состоящей не более чем из 50 труб, но не реже чем через каждые 4 ч в течение рабочей смены.

Примечания

1 Правильность определения и чувствительность контроля считаются достигнутыми в том случае, если оператор четко видит в контролируемой зоне (сварной шов или основной металл) проволоку с существенным диаметром.

2 В международных стандартах по неразрушающему контролю вместо термина «соответствие», применимого в настоящем стандарте, используют термины «соответствие эталону» («standardization») или «калибровка» («calibration»).

Для первоначальной настройки оборудования по эталонам чувствительности изображения (IQI) труба может находиться в неподвижном положении.

Е.4.4.2 При применении рентгенографических пленок эталон чувствительности изображения (IQI) должен быть виден на каждом снимке.

Е.4.4.3 Применительно к стационарным цифровым системам и процессам рентгенографии достаточно продемонстрировать качество изображения (чувствительность) дважды в смену. Эта проверка чувствительности должна проводиться не реже одного раза в четыре часа, а также в начале и в конце каждой смены контроля, пока размеры, материал и параметр контроля остаются неизменными в период между калибровками. После того как система достигла состояния, в котором она отвечает требованиям Е.4.3, не допускается никакого внесения изменений в параметры контроля. Проверка качества изображения должна производиться только с эталонами чувствительности изображения на стороне-источнике. В процессе исходной валидации системы должно быть определено пространственное разрешение детектора (SRb) с помощью двойного проволочного эталона чувствительности изображения, в дополнение к эталону чувствительности указанному в Е.4.3. Двойную проволоку размещают непосредственно перед детектором примерно под углом 5 градусов во избежание эффектов зеркальных искажений или наложений. В целях валидации системы эталон чувствительности изображения помещают на той же стороне, на которой он будет использоваться при производственном контроле.

Если в параметры контроля системы (напряжение, ток, время экспозиции или расстояние между детектором и предметом) необходимо внести какие-либо изменения или меняются размеры либо материал трубы в течение смены контроля, то чувствительность системы необходимо проверить путем повторного размещения всех требуемых эталонов чувствительности изображения согласно требованиям Е.4.3.

Если качество изображения не отвечает требованиям Е.4.3, то все трубы, подвергнутые контролю с момента последней успешной проверки чувствительности, должны пройти повторный рентгенографический контроль при новых параметрах контроля.

Е.4.5 Критерии приемки для несовершенств, выявляемых рентгенографическим контролем

Размер и количество несовершенств типа шлаковых включений и/или газовых пор не должно превышать значений, указанных в таблицах Е.5 и Е.6, при этом за удлиненные включения принимают включения, у которых отношение длина/ширина больше или равно 3:1.

Примечания

1 При определении допустимости несовершенства важными учитываемыми факторами являются размер и расстояние между несовершенствами, а также сумма их диаметров на определенном расстоянии. Для удобства определение проводят на любом участке сварного шва длиной 150 мм. Несовершенства такого типа обычно имеют строчечное расположение, однако нет различий между строчечным расположением и рассеянным расположением. Распределение несовершенств может иметь также смешанный характер.

2 Если несовершенства неудлиненной формы, то при рентгенографическом контроле они не могут быть с уверенностью отнесены к шлаковым включениям или газовым порам. Поэтому для всех несовершенств округлой формы установлены одинаковые критерии приемки.

Е.4.6 Дефекты, выявляемые рентгенографическим контролем

Трещины, неполное проплавление и непровары, выявляемые рентгенографическим контролем, должны быть классифицированы как дефекты. Несовершенства, выявляемые рентгенографическим контролем, размер и/или количество которых превышает значения, указанные в таблицах Е.5 или Е.6 (по применимости), также должны быть классифицированы как дефекты. По трубам с такими дефектами должны быть приняты решения, приведенные в Е.10.

Таблица Е.5 — Удлиненные несовершенства типа шлаковых включений

Максимальный размер, мм	Минимальное расстояние между несовершенствами, мм	Максимальное число несовершенств на любом участке сварного шва длиной 150 мм	Максимальная суммарная длина несовершенств на любом участке сварного шва длиной 150 мм
1,6 × 13,0	150	1	13
1,6 × 6,4	75	2	13
1,6 × 3,2	50	3	13

Таблица Е.6 — Округлые несовершенства типа шлаковых включений и газовых пор

Размер несовершенства, мм	Размер соседнего несовершенства, мм	Минимальное расстояние между несовершенствами, мм	Максимальное число несовершенств на любом участке сварного шва длиной 150 мм	Максимальная сумма диаметров несовершенств на любом участке сварного шва длиной 150 мм, мм
3,2 [a]	3,2 [a]	50,0	2	6,4
3,2 [a]	1,6	25,0	Различное	6,4
3,2 [a]	0,8	13,0	Различное	6,4
3,2 [a]	0,4	9,5	Различное	6,4
1,6	1,6	13,0	4	6,4
1,6	0,8	9,5	Различное	6,4
1,6	0,4	6,4	Различное	6,4
0,8	0,8	6,4 [b]	8	6,4
0,8	0,4	4,8	Различное	6,4
0,4	0,4	3,2	16	6,4

2,4 мм — для труб толщиной стенки $t \leq 6,4$ мм.

Два несовершенства диаметром не более 0,8 мм могут быть расположены на расстоянии не менее одного диаметра друг от друга при условии, что расстояние от них до любого другого несовершенства будет не менее 13 мм.

Е.4.7 Прослеживаемость рентгенографических снимков

Рентгенографические снимки должны прослеживаться до трубы, при контроле которой они получены.

Е.5 Ультразвуковой и электромагнитный контроль

Е.5.1 Оборудование

Е.5.1.1 Должно применяться оборудование, работающее по принципу ультразвукового или электромагнитного контроля и обеспечивающее непрерывный контроль сварного шва сварных труб или наружной и/или внутренней поверхности бесшовных (SMLS) труб (по применимости).

Е.5.1.2 При контроле сварных труб оборудование должно обеспечивать следующий контроль сварного шва по всей толщине:

a) сварного шва EW и LW — по ширине сварного шва плюс 1,6 мм основного металла по обе стороны от линии сплавления;

b) сварного шва SAW и COW — по металлу сварного шва плюс 1,6 мм основного металла по обе стороны от металла сварного шва.

Е.5.2 Стандартные образцы для ультразвукового и электромагнитного контроля

Е.5.2.1 Стандартный образец должен иметь наружный диаметр и толщину стенки в пределах допустимых отклонений, установленных для контролируемых труб.

Примечание — В международных стандартах по неразрушающему контролю вместо термина «стандартный образец», применяемого в настоящем стандарте, используют термины «стандартный эталон» («reference standard»), «контрольный образец трубы» («tubular test piece») или «контрольный образец» («test piece»).

Е.5.2.2 Стандартные образцы могут быть любой удобной длины по выбору изготовителя.

Е.5.2.3 Стандартные образцы должны иметь искусственные дефекты в виде одного или нескольких надрезов, выполненных механическим способом, или радиальных сверленых отверстий, указанных в таблице Е.7.

Таблица Е.7 — Искусственные дефекты стандартных образцов

Объект контроля	Искусственный дефект [a]							
	Размещение надреза		Ориентация надреза		Размеры надреза			Диаметр радиального сверленого отверстия [b], мм
	на наружной поверхности	на внутренней поверхности	продольная	поперечная	глубина [c], %	длина [d], мм, не более	ширина, мм, не более	
Шов EW	e, l	e, l	e, l	f	10,0	50	1,0	3,2 [l]
Шов LW	e	e	e	f	5,0 [g]	50	1,0	1,6 [g]
Шов SAW [h]	e	e	e	i	5,0 [g]	50	1,0	1,6 [g]
Шов COW [h]	e	e	e	i	5,0 [g]	50	1,0	1,6 [g]
Стыковой сварной шов концов рулонного или листового проката [h]	e	e	e	i	5,0 [g]	50	1,0	1,6 [g]
Стыковой шов трубы [h]	e	e	e	i	5,0 [g]	50	1,0	1,6 [g]
Бесшовные (SMLS) трубы уровня PSL-2	e	e	j	f	12,5	50	1,0	3,2
Бесшовные (SMLS) трубы уровня PSL-1 после закалки и отпуска	k	k	j	f	12,5	50	1,0	3,2
Остальные бесшовные (SMLS) трубы уровня PSL-1	k	f	j	f	12,5	50	1,0	3,2

[a] Искусственные дефекты могут быть выполнены на шве или теле трубы.

[b] Диаметр сверленого отверстия принимают равным диаметру стандартного сверла. Сверленое отверстие не требуется, если для установления уровня отбраковки применим надрез.

[c] Глубина надреза указана в процентах от толщины стенки. Глубина не обязательно должна быть менее 0,3 мм. Предельное отклонение глубины надреза — ± 15 % от заданной глубины надреза или ± 0,05 мм, что более.

[d] Длина надреза полной глубины.

[e] Требуется, если для установления уровня отбраковки применим надрез.

[f] Не требуется.

[g] По выбору изготовителя может быть применим надрез N10 или отверстие диаметром 3,2 мм (применимые уровни приемки – таблица Е.8).

[h] По выбору изготовителя для швов SAW и COW уровень отбраковки может быть установлен по надрезам или радиальным сверленым отверстиям, расположенным в кромке шва.

[i] Требуется поперечный надрез или радиальное сверленое отверстие диаметром 1,6 мм.

[j] По выбору изготовителя надрезы могут быть ориентированы под углом для выявления предполагаемых дефектов.

[k] Требуется для труб наружным диаметром $D \geq 60,3$ мм, если для установления уровня отбраковки применим надрез.

[l] Если согласовано, стандартный образец должен иметь надрезы на наружной и внутренней поверхностях и радиальное сверленое отверстие.

Окончание таблицы Е.7

Примечания

1 Надрезы могут иметь прямоугольный или U-образный профиль.

В национальных стандартах по неразрушающему контролю используют термин «риска прямоугольной формы», эквивалентый термину «надрез» прямоугольного профиля, и термин «сегментный отражатель», эквивалентый термину «надрез» U-образного профиля, применяемые в настоящем стандарте.

2 Для электромагнитного контроля может потребоваться стандартный образец с надрезами на наружной и внутренней поверхностях или радиальным сверленым отверстием (Е.5.3.4).

Е.5.2.4 Расстояние между искусственными дефектами должно быть достаточным для получения от них независимых и четко различимых показаний.

Примечание — В некоторых международных стандартах по неразрушающему контролю вместо термина «искусственный дефект», применяемого в настоящем стандарте, используют термины «стандартный эталон» («reference standard») или «эталонный отражатель» («reference indicator»).

Е.5.2.5 Стандартные образцы должны иметь маркировку. Размеры и вид искусственных отражателей должны поверяться по документально оформленной процедуре.

Е.5.3 Проверка соответствия оборудования

Е.5.3.1 Изготовитель должен применять документированную процедуру для установления уровня отбраковки ультразвукового или электромагнитного контроля (по применимости). Искусственные дефекты, указанные в таблице Е.7, должны быть выявлены в обычном рабочем режиме. По выбору изготовителя подтверждение способности оборудования выявлять дефекты в динамическом режиме может быть проведено в производственном потоке или вне потока, при относительной скорости перемещения трубы и преобразователя, при которой будет проведен производственный контроль труб.

Е.5.3.2 Проверка соответствия и эффективности оборудования и процедур контроля должна проводиться по соответствующим стандартным образцам (Е.5.2) не менее двух раз в рабочую смену с проведением второй проверки через 3–4 ч после первой. Проверка соответствия оборудования должна проводиться перед окончанием цикла контроля перед его выключением.

Примечание — В международных стандартах по неразрушающему контролю вместо термина «соответствие», применяемого в настоящем стандарте, используют термины «соответствие эталону» («standardization») или «калибровка» («calibration»).

Е.5.3.3 При контроле стандартного образца оборудование должно быть настроено на получение четких показаний от применяемых искусственных дефектов.

Е.5.3.4 Если для установления уровня отбраковки электромагнитного контроля труб диаметром $D \geq 60{,}3$ мм применимо радиальное сверленое отверстие и объектом контроля являются сварной шов сварной трубы или наружная и внутренняя поверхности бесшовной (SMLS) трубы, дополнительно должна быть проведена проверка способности оборудования по получению показаний от надрезов на внутренней и наружной поверхностях стандартного образца с установлением уровня отбраковки не меньшего, чем уровень отбраковки, установленный с применением радиального сверленого отверстия.

Е.5.4 Записи по проверке соответствия оборудования

Е.5.4.1 Изготовитель должен сохранять записи по проверке способности системы неразрушающего контроля (NDT) выявлять искусственные дефекты, применяемые для настройки чувствительности оборудования.

Проверка должна охватывать как минимум следующее:

a) расчет зоны контроля (например план сканирования);

b) применимость для заданной толщины стенки;

c) повторяемость;

d) ориентацию преобразователя, обеспечивающую выявление дефектов, типичных для производственного процесса (таблица Е.7, сноска j);

e) документацию, подтверждающую, что дефекты, типичные для производственного процесса, выявляются методами неразрушающего контроля (NDT), указанными в Е.4 или Е.5, по применимости;

f) параметры для установления порогового значения.

Е.5.4.2 Кроме того, изготовитель должен сохранять следующие сведения:

a) документированные рабочие процедуры системы неразрушающего контроля;

b) описание оборудования для неразрушающего контроля;

c) документацию об аттестации персонала, осуществляющего неразрушающий контроль;

d) данные динамических испытаний, подтверждающие способности системы неразрушающего контроля в условиях производства.

Е.5.5 Уровень приемки

Е.5.5.1 Уровень приемки по показаниям от искусственных дефектов должен соответствовать указанному в таблице Е.8.

Е.5.5.2 При ультразвуковом контроле сварных труб в динамическом режиме, любое несовершенство, вызывающее показание, превышающее допустимый уровень приемки, указанный в таблице Е.8, должно быть классифицировано как дефект, если не будет установлено следующее:

a) несовершенство при ультразвуковом контроле в статическом режиме вызывает меньшее показание, чем допустимый уровень приемки, указанный в таблице Е.8, при этом полученное показание является максимальным;

b) показание вызвано поверхностным несовершенством, не являющимся дефектом, описанным в 9.10;

c) несовершенство, выявленное при контроле труб SAW и COW, при последующем рентгенографическом контроле может быть отнесено к шлаковому включению или газовой поре и соответствует требованиям Е.4.5.

Таблица Е.8 — Уровень приемки

Объект контроля	Тип надреза	Диаметр отверстия, мм	Уровень приемки [a], %, не более
SAW, COW, LW или ремонтный шов	N5	1,6	100
	N10	3,2	33
Электросварные швы	N10	3,2	100
Бесшовные (SMLS) трубы	N12,5	3,2	100
[a] В процентах от показания, вызванного искусственным дефектом. Уровень отбраковки (Е.5.3) не должен превышать соответствующий уровень приемки.			

Е.5.5.3 За исключением разрешенного в Е.5.5.2, перечислениях b) и c), дефекты, обнаруженные ультразвуковым контролем, не должны классифицироваться как несовершенства при последующем рентгенографическом контроле.

Е.5.5.4 При контроле бесшовных (SMLS) труб любое поверхностное несовершенство вызывающее показание, превышающее соответствующий уровень приемки, указанный в таблице Е.8, должно быть классифицировано как дефект, если не установлено, что это несовершенство не является дефектом, описанным в 9.10.

Е.5.5.5 При контроле швов COW любое непрерывное показание длиной более 25 мм, независимо от его высоты, при условии, что эта высота превышает фоновый шум, должно быть перепроверено рентгенографическим методом в соответствии с Е.4 или, если согласовано, другим методом.

Е.5.6 Обработка дефектов, выявляемых ультразвуковым или электромагнитным контролем

По трубам с дефектами должно быть принято одно из решений, установленных в Е.10.

Е.5.7 Ремонт сварных швов

Дефекты сварных швов SAW и COW, выявленные ультразвуковым контролем, могут быть отремонтированы сваркой с проведением повторного контроля в соответствии с С.4. Контроль отремонтированного участка должен быть проведен с использованием ручного УЗК или сочетания автоматического и ручного УЗК.

Е.6 Магнитопорошковый контроль

Е.6.1 Магнитопорошковый контроль бесшовных (SMLS) труб

Е.6.1.1 При применении магнитопорошкового контроля для выявления продольных дефектов контролю должна быть подвергнута вся наружная поверхность труб.

Е.6.1.2 Поверхностные несовершенства, выявленные магнитопорошковым контролем, должны быть изучены, классифицированы и обработаны следующим образом:

a) несовершенства глубиной не более 0,125 t, не выводящие толщину стенки за минусовое предельное отклонение, должны быть классифицированы как допустимые и обработаны в соответствии с С.1;

b) несовершенства глубиной более 0,125 t, не выводящие толщину стенки за минусовое предельное отклонение, должны быть классифицированы как дефекты и удалены абразивной зачисткой в соответствии с С.2 или обработаны в соответствии с С.3;

c) несовершенства, выводящие толщину стенки за минусовое предельное отклонение, должны быть классифицированы как дефекты и обработаны в соответствии с С.3.

Примечание — Несовершенства, выводящие толщину стенки за минусовое предельное отклонение, приводят к тому, что толщина стенки под ними становится менее минимального допустимого значения.

Е.6.2 Оборудование

Оборудование, применяемое для магнитопорошкового контроля, должно создавать магнитное поле высокой интенсивности, достаточное для обнаружения на наружной поверхности труб следующих дефектов: трещин, рванин и плен.

Е.6.3 Стандартные образцы для магнитопорошкового контроля

По требованию заказчика изготовитель должен наглядно продемонстрировать проведение контроля труб. Такая демонстрация должна быть проведена на трубах в процессе их изготовления или на подобных трубах, сохраненных изготовителем для этой цели и имеющих естественные или искусственные дефекты, указанные в Е.6.2.

Е.7 Остаточная намагниченность

Е.7.1 Требования к остаточной намагниченности должны быть применимы только к испытаниям, проводимым изготовителем труб.

Примечание — На величину остаточной намагниченности труб после их отгрузки с предприятия, являющегося изготовителем труб, могут влиять факторы и условия, действующие во время транспортирования и после него.

Е.7.2 Должно измеряться продольное магнитное поле труб с концами без резьбы наружным диаметром $D \geq 168{,}3$ мм и труб с концами без резьбы, подвергавшихся магнитному контролю по всей длине или перемещавшихся магнитным оборудованием перед отгрузкой. Такие измерения должны быть проведены на торцевой фаске или торцевом притуплении труб с концами без резьбы.

Примечание — Измерения, проводимые на трубах, уложенных штабелями, не считаются корректными.

Е.7.3 Измерения должны проводиться гауссметром с использованием эффекта Холла или калиброванным прибором иного типа, однако при разногласиях преимущественными являются измерения гауссметром с использованием эффекта Холла. Для получения точных результатов гауссметр должен применяться в соответствии с документированными указаниями.

Е.7.4 Измерения должны быть проведены на обоих концах одной трубы, выбираемой из общего потока труб каждые 4 ч в течение рабочей смены.

Е.7.5 Намагниченность труб измеряют после проведения любого контроля с использованием магнитного поля перед отгрузкой с предприятия, являющегося изготовителем труб. При применении электромагнитного подъемно-транспортного оборудования после измерения намагниченности должно быть подтверждено, что его применение не приводит к повышению остаточной намагниченности выше допустимой в Е.7.6.

Е.7.6 По окружности каждого конца трубы приблизительно через 90 градусов должны быть сняты четыре показания. При измерении гауссметром с использованием эффекта Холла среднее значение четырех показаний не должно превышать 3,0 мТ (30 Гс) и ни одно отдельное показание не должно превышать 3,5 мТ (35 Гс). При измерении приборами другого типа показания не должны превышать эквивалентных значений.

Е.7.7 Трубы, не соответствующие требованиям Е.7.6, должны быть забракованы. За исключением допустимого в Е.7.8, намагниченность каждой трубы, изготовленной в период между забракованной трубой и последней соответствующей трубой, должна измеряться индивидуально.

Е.7.8 Если последовательность производства труб документирована, то их намагниченность может быть измерена в обратной последовательности, начиная с трубы, непосредственно предшествующей забракованной, и до не менее трех предшествующих труб, соответствующих требованиям к остаточной намагниченности.

Примечание — Не требуется проводить измерений намагниченности труб, изготовленных перед этими тремя принятыми трубами.

Е.7.9 Намагниченность труб, изготовленных после забракованной трубы, должна быть измерена индивидуально на всех трубах до не менее трех последовательно изготовленных труб, соответствующих требованиям к остаточной намагниченности.

Е.7.10 Забракованные трубы должны быть размагничены по всей длине и подвергнуты повторному измерению остаточной намагниченности до тех пор, пока не менее трех последовательно изготовленных труб не будут соответствовать требованиям Е.7.6.

Е.8 Расслоения по телу труб EW, SAW и COW

Е.8.1 Если согласовано, должен быть проведен ультразвуковой контроль труб EW на отсутствие расслоений размером, превышающим допустимый:

a) по уровню приемки U2 ISO 10893-9, если такой контроль проводят до формообразования трубы;

b) по уровню приемки U3 ISO 10893-8, если такой контроль проводят после сварки.

Е.8.2 Если согласовано, должен быть проведен ультразвуковой контроль труб SAW и COW на отсутствие расслоений размером, превышающим допустимый по уровню приемки U2 ISO 10893-9.

Е.9 Расслоения по кромкам рулонного или листового проката или сварному шву труб EW, SAW и COW

Если согласовано, должен быть проведен ультразвуковой контроль труб EW, SAW и COW на расстоянии 15 мм от каждой кромки рулонного или листового проката или по обе стороны от сварного шва на отсутствие расслоений размером, превышающим допустимый:

a) по уровню приемки U2 ISO 10893-9, если такой контроль проводят до формообразования трубы;

b) по уровню приемки U2 ISO 10893-8, если такой контроль проводят после сварки.

Е.10 Действия в отношении труб, имеющих дефекты

По трубам с дефектами должны быть приняты следующие решения:

a) дефекты должны быть удалены абразивной зачисткой в соответствии с приложением С;
b) дефектный участок должен быть отремонтирован ремонтной сваркой в соответствии с приложением С;
c) участки труб с дефектами должны быть вырезаны с учетом требований к длине труб;
d) вся труба должна быть забракована.

Приложение F
(обязательное)

Требования к муфтам (только уровня PSL-1)

F.1 Материал

F.1.1 Муфты должны соответствовать требованиям уровня PSL-1 настоящего стандарта к химическому составу, механическим свойствам и неразрушающему контролю для групп прочности, указанных в настоящем приложении.

F.1.2 Муфты для труб групп прочности L175 или A25 и L175P или A25P должны быть сварными или бесшовными.

F.1.3 За исключением предусмотренного в F.1.4, муфты для труб групп прочности L210 или A и L245 или B должны быть бесшовными и изготовляться из стали с механическими свойствами не меньшими, чем механические свойства труб.

F.1.4 Если согласовано, трубы наружным диаметром $D \geq 355,6$ мм могут поставляться со сварными муфтами, имеющими соответствующую маркировку.

F.2 Размеры

Размеры и предельные отклонения размеров муфт должны соответствовать указанным в таблице F.1 и на рисунке F.1.

Примечание — Муфты, указанные в таблице F.1, предназначены для труб размерами, указанными в таблицах 24 и 25.

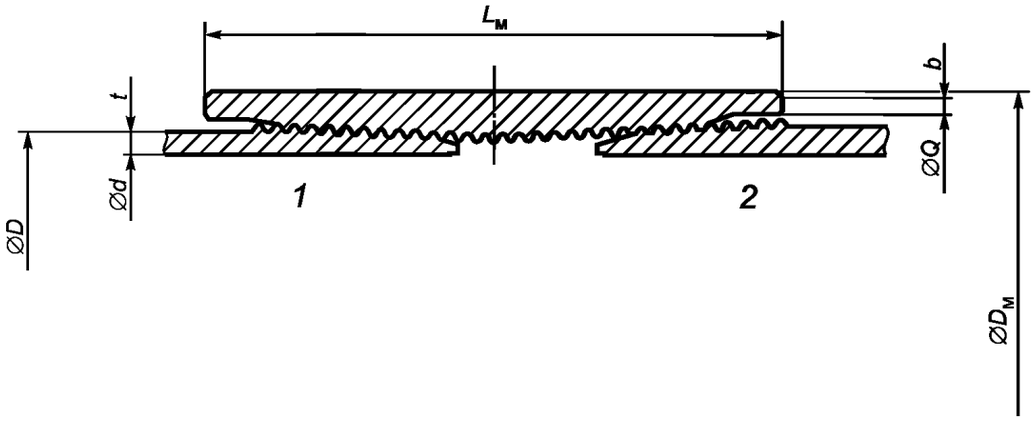
Таблица F.1 — Размеры, масса и предельные отклонения размеров муфт

В миллиметрах

Наружный диаметр трубы D	Размеры муфты				Расчетная масса муфты, кг
	Наружный [a] диаметр $D_м$	Минимальная длина $L_м$	Диаметр расточки в плоскости торца Q	Минимальная ширина упорного торца b	
10,3	14,3	27,0	11,9	0,8	0,02
13,7	18,3	41,3	15,3	0,8	0,04
17,1	22,2	41,3	18,8	0,8	0,06
21,3	27,0	54,0	22,9	1,6	0,11
26,7	33,4	54,0	28,3	1,6	0,15
33,4	40,0	66,7	35,0	2,4	0,25
42,2	52,2	69,8	43,8	2,4	0,47
48,3	55,9	69,8	49,9	2,4	0,41
60,3	73,0	73,0	62,7	3,2	0,84
73,0	85,7	104,8	75,4	4,8	1,48
88,9	101,6	108,0	91,3	4,8	1,86
101,6	117,5	111,1	104,0	4,8	2,69
114,3	132,1	114,3	116,7	6,4	3,45
141,3	159,9	117,5	143,7	6,4	4,53
168,3	187,7	123,8	170,7	6,4	5,87
219,1	244,5	133,4	221,5	6,4	10,52
273,1	298,4	146,0	275,4	9,5	14,32

Окончание таблицы F.1

Наружный диаметр трубы D	Размеры муфты				Расчетная масса муфты, кг
	Наружный [a] диаметр $D_м$	Минимальная длина $L_м$	Диаметр расточки в плоскости торца Q	Минимальная ширина упорного торца b	
323,9	355,6	155,6	326,2	9,5	22,37
355,6	381,0	161,9	358,0	9,5	20,81
406,4	431,8	171,4	408,8	9,5	23,35
457,0	482,6	181,0	459,6	9,5	30,20
508,0	533,4	193,7	510,4	9,5	36,03
[a] Предельные отклонения наружного диаметра муфты — ± 0,01 $D_м$.					



1 — основное механическое свинчивание; *2* — ручное свинчивание; $L_м$ — заданная минимальная длина муфты; $D_м$ — заданный наружный диаметр муфты; Q — заданный диаметр расточки в плоскости торца муфты; b — заданная минимальная ширина торцевой плоскости; D — номинальный наружный диаметр трубы; t — толщина стенки трубы; d — внутренний диаметр трубы

Рисунок F.1 — Трубопроводные трубы и муфта

F.3 Контроль

На поверхности муфты не должно быть пор, раковин, вдавленной окалины и других дефектов, которые могли бы снизить эффективность применения муфты или привести к нарушению непрерывности резьбы.

Приложение G
(обязательное)

Трубы уровня PSL-2, стойкие к распространению вязкого разрушения

G.1 Общие положения

G.1.1 В настоящем приложении установлены дополнительные положения для труб уровня PSL-2, подвергаемых испытанию на ударный изгиб (таблица 22) и заказываемых с повышенной стойкостью тела трубы к распространению вязкого разрушения в газопроводах (7.2, перечисление c), 54). Приложение также содержит указания по определению работы удара (CVN), необходимой для остановки вязкого разрушения трубы.

Примечания

1 Достаточно высокая работа удара (CVN) в сочетании с достаточно большой долей вязкой составляющей в изломе образцов имеют существенное значение для предотвращения распространения хрупкого разрушения и ограничения распространения вязкого разрушения в газопроводах (9.8.2.2).

2 Заказчик должен принять все необходимые меры для того, чтобы эксплуатация газопроводов, для которых предназначены требования настоящего приложения, проводилась при рабочих параметрах, включая состав и давление газа, сравнимых или сопоставимых с условиями испытаний, на которых основаны указания по оценке материала. Применение указаний по оценке материала для трубопроводов, условия эксплуатации которых выходят за пределы применения соответствующего подхода, может привести к необоснованной оценке стойкости материала к распространению разрушения.

G.1.2 Указания по оценке материалов, приведенные в G.7–G.10 и предназначенные для определения работы удара (CVN), необходимой для ограничения распространения вязкого разрушения в подземных газопроводах, основаны на обширных теоретических и экспериментальных результатах, полученных главным образом или исключительно на сварных трубах. При применении этих подходов для определения работы удара (CVN), необходимой для ограничения распространения вязкого разрушения в бесшовных трубах, должна быть проявлена осторожность в отношении полученных расчетных значений, для подтверждения которых может потребоваться проведение полномасштабных испытаний взрывом (G.11).

G.2 Дополнительная информация, предоставляемая заказчиком

G.2.1 В заказе на поставку указывают, какое из следующих положений применимо к конкретной позиции заказа:

a) минимальная средняя работа удара (CVN) для каждого испытания (при применении образцов полного размера);

b) минимальная средняя работа удара (CVN) для всех испытаний по позиции заказа (при применении образцов полного размера).

G.2.2 В заказе на поставку также должны быть указаны:

a) температура испытания на ударный изгиб (CVN);

b) температура испытания падающим грузом (DWT) (только для труб наружным диаметром $D \geq 508$ мм).

G.3 Критерии приемки

G.3.1 При каждом испытании на ударный изгиб (CVN) сварных труб диаметром $D < 508$ мм при температуре, указанной в заказе, среднее содержание вязкой составляющей в изломе образцов должно быть не менее 85 %.

G.3.2 Если в заказе указано требование G.2.1, перечисление a), то при каждом испытании средняя работа удара (для комплекта из трех образцов) должна быть не менее значения, указанного в заказе, при условии применения образцов полного размера и при температуре испытания, указанной в заказе.

G.3.3 Если в заказе указано требование G.2.1, перечисление b), то средняя работа удара (для всех испытаний по позиции заказа) должна быть не менее указанной в заказе, при условии применения образцов полного размера.

G.3.4 При каждом испытании образцов падающим грузом (DWT) при температуре испытания, указанной в заказе, среднее содержание вязкой составляющей в изломе образцов должно быть не менее 85 %.

Примечание — Необходимость проведения испытания падающим грузом (DWT) может быть указана заказчиком при заказе труб для газопроводов. Если содержание вязкой составляющей в изломе образцов после испытания падающим грузом (DWT) не менее 85 %, то результат испытания свидетельствует о том, что излом металла при температуре испытания имеет в основном вязкий характер. Для оценки сопротивления труб распространению разрушения в условиях эксплуатации необходимо продолжить оценку выбранной стали, применяя какое-либо из указаний по оценке, приведенных в настоящем приложении, с учетом пределов его применимости.

G.4 Периодичность испытаний

G.4.1 Для тела сварных труб диаметром $D < 508$ мм периодичность испытаний на ударный изгиб (CVN) должна соответствовать указанной в таблице 18.

G.4.2 Для тела сварных труб диаметром $D \geq 508$ мм периодичность испытаний на ударный изгиб (CVN) и падающим грузом (DWT) должна соответствовать указанной в таблице 18.

G.5 Маркировка труб и приемочные документы

G.5.1 В дополнение к маркировке, указанной в 11.2, после обозначения уровня требований к продукции (PSL) должна быть указана буква G, обозначающая применение требований приложения G.

G.5.2 В дополнение к требованиям 10.1.3.2 приемочный документ должен включать:

a) температуру испытаний DWT и CVN (по применимости);

b) минимальную среднюю работу удара CVN для каждого испытания;

c) минимальную среднюю работу удара CVN для всех испытаний по позиции заказа.

G.6 Указания по определению работы удара CVN для подземных газопроводов

G.6.1 В G.7–G.11 приведены пять подходов определения работы удара (CVN), необходимой для ограничения распространения вязкого разрушения в подземных газопроводах. Для каждого подхода указаны пределы его применимости.

Примечание — Настоящее приложение не исключает применение проектировщиком трубопровода иных подходов.

G.6.2 Значение работы удара CVN, определенное при помощи подходов по G.7–G.11, или более высокое значение могут быть указаны как минимальное значение для каждого испытания или как минимальное среднее значение для позиции заказа.

Примечания

1 Прогнозируемая длина распространения трещины будет больше, если значение работы удара (CVN) будет указано как минимальное среднее значение для позиции заказа, а не как минимальное среднее значение для каждого испытания. Дополнительная информация приведена в [12].

2 Приведенные требования разработаны для подземных трубопроводов, транспортирующих бедный газ. Для морских трубопроводов, заглубленных в грунт, эти требования должны быть обоснованы.

G.7 Указания EPRG. Подход 1

G.7.1 Настоящий подход основан на указаниях Европейской научно-исследовательской группы по трубопроводам (EPRG) по предотвращению распространения трещины в транспортных трубопроводах [10]. Подход применим только к сварным трубам. Значения, указанные в таблицах G.1–G.3, являются минимальными средними значениями (для комплекта из трех образцов) работы удара (CVN) и применимы для газопроводов наружным диаметром $D \leq 1430$ мм и толщиной стенки $t \leq 25{,}4$ мм с рабочим давлением до 8,0 МПа, предназначенных для транспортирования сред, которые при внезапной декомпрессии ведут себя как однофазные вещества. Значения минимальной работы удара (CVN) K_V для образцов полного размера, указанные в этих таблицах, превышают 40 Дж (для групп прочности ниже L555 или X80) или 80 Дж (для группы прочности L555 или X80). Для отдельных групп прочности труб применимы значения, рассчитанные по следующим трем формулам:

a) для групп прочности L450 или X65 и ниже

$$K_V = C_1 \sigma_h^{1,5} D^{0,5}; \tag{G.1}$$

b) для групп прочности выше L450 или X65, но не выше L485 или X70

$$K_V = C_2 \sigma_h^{1,5} D^{0,5}; \tag{G.2}$$

c) для групп прочности выше L485 или X70, но не выше L555 или X80

$$K_V = C_3 \sigma_h^{2} \left(\frac{Dt}{2}\right)^{1/3}, \tag{G.3}$$

где $C_1 = 2{,}67 \cdot 10^{-4}$;

σ_h — расчетное тангенциальное напряжение, МПа;

D — наружный диаметр трубы, мм;

$C_2 = 3{,}21 \cdot 10^{-4}$;

$C_3 = 3{,}57 \cdot 10^{-5}$;

t — толщина стенки, мм.

Примечание — Значение, рассчитываемое по формуле G.1, составляет 0,75 значения, рассчитываемого по формуле G.5 подхода 4. Значение, рассчитываемое по формуле G.2, составляет 0,9 значения, рассчитываемого по формуле G.5 подхода 4. Значение, рассчитываемое по формуле G.3, равно значению, рассчитываемому по формуле G.4 подхода 2.

G.7.2 При применении настоящего подхода запас прочности и длина распространения трещины могут быть взяты из отчета EPRG [11].

Таблица G.1 — Требования к минимальной работе удара (CVN) при расчетном коэффициенте 0,625

Наружный Диаметр D, мм	Минимальная работа удара (CVN) при испытании образцов полного размера K_V, Дж						
	Группа прочности						
	не выше L245 или B	выше L245 или B, но не выше L290 или X42	выше L290 или X42, но не выше L360 или X52	выше L360 или X52, но не выше L415 или X60	выше L415 или X60, но не выше L450 или X65	выше L450 или X65, но не выше L485 или X70	выше L485 или X70, но не выше L555 или X80
До 508 включ.	40	40	40	40	40	40	80
Св. 508 до 610 включ.	40	40	40	40	40	41	80
Св. 610 до 711 включ.	40	40	40	40	40	45	80
Св. 711 до 813 включ.	40	40	40	40	40	48	80
Св. 813 до 914 включ.	40	40	40	40	40	51	80
Св. 914 до 1016 включ.	40	40	40	40	40	53	80
Св. 1016 до 1118 включ.	40	40	40	40	42	56	82
Св. 1118 до 1219 включ.	40	40	40	40	43	58	87
Св. 1219 до 1422 включ.	40	42	42	42	47	63	96

Таблица G.2 — Требования к минимальной работе удара (CVN) при расчетном коэффициенте 0,72

Наружный диаметр D , мм	Минимальная работа удара (CVN) при испытании образцов полного размера K_V, Дж						
	Группа прочности						
	не выше L245 или B	выше L245 или B, но не выше L290 или X42	выше L290 или X42, но не выше L360 или X52	выше L360 или X52, но не выше L415 или X60	выше L415 или X60, но не выше L450 или X65	выше L450 или X65, но не выше L485 или X70	выше L485 или X70, но не выше L555 или X80
До 508 включ.	40	40	40	40	40	46	80
Св. 508 до 610 включ.	40	40	40	40	40	50	80
Св. 610 до 711 включ.	40	40	40	40	41	55	80
Св. 711 до 813 включ.	40	40	40	40	43	58	83
Св. 813 до 914 включ.	40	40	40	41	46	62	90
Св. 914 до 1016 включ.	40	40	40	44	48	65	96
Св. 1016 до 1118 включ.	40	40	40	46	51	68	102
Св. 1118 до 1219 включ.	40	40	40	48	53	71	108
Св. 1219 до 1422 включ.	40	42	42	51	57	77	120

Таблица G.3 — Требования к минимальной работе удара (CVN) при расчетном коэффициенте 0,80

Наружный Диаметр D, мм	Минимальная работа удара (CVN) при испытании образцов полного размера K_V, Дж						
	Группа прочности						
	не выше L245 или B	выше L245 или B, но не выше L290 или X42	выше L290 или X42, но не выше L360 или X52	выше L360 или X52, но не выше L415 или X60	выше L415 или X60, но не выше L450 или X65	выше L450 или X65, но не выше L485 или X70	выше L485 или X70, но не выше L555 или X80
До 508 включ.	40	40	40	40	41	55	80
Св. 508 до 610 включ.	40	40	40	40	45	60	84

Окончание таблицы G.3

Наружный Диаметр D, мм	Минимальная работа удара (CVN) при испытании образцов полного размера K_V, Дж						
	Группа прочности						
	не выше L245 или B	выше L245 или B, но не выше L290 или X42	выше L290 или X42, но не выше L360 или X52	выше L360 или X52, но не выше L415 или X60	выше L415 или X60, но не выше L450 или X65	выше L450 или X65, но не выше L485 или X70	выше L485 или X70, но не выше L555 или X80
Св. 610 до 711 включ.	40	40	40	43	49	65	93
Св. 711 до 813 включ.	40	40	40	46	52	68	102
Св. 813 до 914 включ.	40	40	40	49	55	73	110
Св. 914 до 1016 включ.	40	40	42	52	58	77	118
Св. 1016 до 1118 включ.	40	40	44	54	61	81	125
Св. 1118 до 1219 включ.	40	40	46	56	64	84	133
Св. 1219 до 1422 включ.	40	42	49	61	69	91	148

G.8 Упрощенное уравнение Бателла. Подход 2

Настоящий подход основан на применении упрощенного уравнения Бателла и его методе двух кривых (G.9). Применимость этого подхода ограничена только сварными трубами. Он предназначен для газопроводов с соотношением $40 < D/t < 115$ групп прочности не выше L555 или X80 с рабочим давлением до 7,0 МПа и только для транспортирования смесей природного газа, которые при декомпрессии ведут себя как однофазное вещество. Значения минимальной работы удара (CVN) K_V для образцов полного размера, Дж, могут быть рассчитаны по следующей формуле

$$K_V = C_3 \sigma_h^2 \left(\frac{Dt}{2}\right)^{1/3}, \qquad (G.4)$$

где $C_3 = 3{,}57 \cdot 10^{-5}$;

σ_h — расчетное тангенциальное напряжение, МПа;

D — наружный диаметр трубы, мм;

t — толщина стенки, мм.

Если значение работы удара для образцов полного размера, расчитанное в соответствии с этим подходом, превышает 100 Дж, то значение вязкости, обеспечивающее остановку трещины, требует поправки, которая должна быть определена специалистом.

G.9 Метод двух кривых Бателла. Подход 3

Настоящий подход основан на методе двух кривых Бателла, который связан с сопоставимостью кривой скорости распространения трещины (движущей силы) и кривой вязкости или сопротивления трубы. По касанию этих кривых определяют минимальный уровень вязкости разрушения, необходимый для остановки трещины. Этот метод описан в Отчете 208, PR-3-9113 [12] Международного исследовательского комитета по трубопроводам (PRCI), где также приведен диапазон результатов испытаний, которыми он был проверен. Применимость настоящего подхода ограничена сварными трубами. Он предназначен для газопроводов с соотношением $40 < D/t < 115$ групп прочности не выше L555 или X80 с рабочим давлением до 12,0 МПа, транспортирующих среды, которые при декомпрессии ведут себя как однофазное вещество, и жирные газы, декомпрессия которых происходит на границе с двухфазной системой [13]. Если значение работы удара (CVN) для образцов полного размера, расчитанное по этому методу, превышает 100 Дж, то значение вязкости, обеспечивающее остановку трещины, требует поправки, которая должна быть определена специалистом.

G.10 Метод AISI. Подход 4

Настоящий подход основан на следующей формуле, которая была составлена AISI [14] на основе статистической обработки результатов полномасштабных испытаний взрывом и предназначена для сред, которые при декомпрессии ведут себя как однофазное вещество. Применение настоящего подхода ограничено диапазоном результатов испытаний, которыми он был проверен, приблизительно группами прочности не выше L485 или X70 и наружным диаметром $D \leq 1\,219$ мм. Хотя толщина стенки не входит в эту формулу, толщина стенки труб, подвергавшихся испытанию, не превышала 18,3 мм. Применимость настоящего подхода ограничена сварными трубами. Значения минимальной работы удара (CVN) K_V для образцов полного размера, Дж, могут быть рассчитаны по следующей формуле;

$$K_V = C_4 \sigma_h^{1,5} D^{0,5}, \qquad (G.5)$$

где $C_4 = 3{,}57 \cdot 10^{-4}$;
σ_h — расчетное тангенциальное напряжение, МПа;
D — наружный диаметр трубы, мм.

Если значение работы удара (CVN) для образцов полного размера, расчитанное по настоящей формуле, превышает 100 Дж, то значение вязкости, обеспечивающее остановку трещины, требует поправки, которая должна быть определена специалистом.

G.11 Полномасштабные испытания взрывом. Подход 5

Настоящий подход основан на результатах полномасштабных испытаний взрывом, проводившихся для оценки вязкости остановки трещины в конкретном трубопроводе с конкретной средой. Обычно участок испытуемого трубопровода имеет вязкость в некотором интервале значений, возрастающую в обе стороны от точки начала разрушения по мере увеличения расстояния от нее. Работу удара (CVN), необходимую для остановки трещины, определяют по фактической работе удара в трубе, в которой произошла остановка трещины. Испытание взрывом проводят при составе газа, температуре и уровне давления, характерных для данного трубопровода. Таким образом, настоящий подход представляет собой наиболее общий подход, применимый к трубопроводам, находящимся за пределами существующей базы данных по испытаниям.

Приложение Н
(обязательное)

Трубы уровня PSL-2, предназначенные для эксплуатации в кислых средах

Н.1 Общие положения

Настоящее приложение устанавливает дополнительные требования к трубам уровня PSL-2, предназначенным для эксплуатации в кислых средах (7.2, перечисление с), 55)).

Примечание — Последствия внезапного разрушения компонентов металлических нефте- и газопроводов, вызванного воздействием газов и жидких сред, содержащих сероводород, привели к разработке NACE MR 0175 [20] и в дальнейшем к Публикации 16 EFC [15]. Стандарты [20] и [31] являются основой при добыче нефти и газа для установления требований и рекомендаций по аттестации и выбору материалов для применения в средах, содержащих влажный сероводород. Углеродистые и низколегированные стали, выбранные на основе [31], обладают при добыче нефти и газа стойкостью к растрескиванию в средах, содержащих сероводород, но не обязательно при любых условиях эксплуатации. Различные условия эксплуатации могут потребовать проведения альтернативных испытаний по приложению В к [31]. Это приложение устанавливает требования к аттестации углеродистых и низколегированных сталей, предназначенных для работы в сероводородных средах, при лабораторных испытаниях.

Заказчик должен сам выбрать углеродистые и низколегированные стали, пригодные для предполагаемых условий эксплуатации.

Н.2 Дополнительная информация, предоставляемая заказчиком

В дополнение к указанному в 7.1, перечисления а) — g), в заказе на поставку должно быть указано, какое из следующих положений применимо к конкретной позиции заказа:

a) способ разливки стали для рулонного или листового проката, применяемого для производства сварных труб (Н.3.3.2.1);

b) ультразвуковой контроль рулонного или листового проката на наличие расслоений (Н.3.3.2.4);

c) поставка спиральношовных труб со стыковым сварным швом концов рулонного или листового проката (Н.3.3.2.5);

d) химический состав для промежуточных групп прочности (Н.4.1.1);

e) химический состав для труб толщиной стенки t > 25,0 мм (Н.4.1.2);

f) предельные значения химического состава (таблица Н.1, сноски с — k);

g) периодичность контроля твердости продольного сварного шва для труб HFW или SAW (таблица Н.3);

h) испытание стойкости к сульфидному растрескиванию под напряжением (SSC) при аттестации технологии производства (таблица Н.3);

i) альтернативные методы испытаний стойкости к водородному растрескиванию (HIC) и ступенчатому растрескиванию (SWC) и соответствующие критерии приемки (Н.7.3.1.3);

j) микрофотографии трещин, вызванных HIC (Н.7.3.1.4);

k) альтернативные методы испытаний стойкости к сульфидному растрескиванию под напряжением (SSC) при аттестации технологии производства и соответствующие критерии приемки (Н.7.3.2.2);

l) отступления в размещении точек контроля твердости (Н.7.3.3.2 и Н.7.3.3.3);

m) отступления в размещении 4 отпечатков Н.7.3.3.2 перечисление с);

n) ультразвуковой контроль концов труб на наличие расслоений на расстоянии 100 мм для труб толщиной стенки $t \geq 5{,}0$ мм (К.2.1.3);

o) дополнительные критерии неразрушающего контроля на наличие расслоений на концевых участках (К.2.1.3 и К.2.1.4);

p) магнитопорошковый контроль торцов и фасок труб на наличие расслоений (К.2.1.4);

q) контроль размера/плотности расслоений (К.3.2.2);

r) увеличенный охват ультразвукового контроля толщины стенки для бесшовных (SMLS) труб (К.3.3);

s) применение одного или более дополнительных методов неразрушающего контроля для бесшовных (SMLS) труб (К.3.4);

t) дополнительный неразрушающий контроль бесшовных труб (SMLS) (К.3.4);

u) ультразвуковой контроль бесшовных труб (SMLS) для обнаружения поперечных несовершенств (К.3.4.1);

v) контроль бесшовных труб (SMLS) по всему телу методом рассеяния магнитного потока для определения продольных и поперечных несовершенств (К.3.4.2);

w) вихретоковый контроль бесшовных труб (SMLS) по всему телу (К.3.4.3);

x) магнитопорошковый контроль труб по всему телу (К.3.4.4);

y) ограничение размера отдельных расслоений до 100 мм^2 (таблица К.1);

z) уровни приемки U2/U2H для неразрушающего контроля сварного шва труб HFW по ISO 10893-11 (K.4.1);

aa) альтернативные критерии приемки ультразвукового контроля сварного шва труб HFW по ИСО 10893-10 [K.4.1 перечисление b)];

bb) ультразвуковой контроль на наличие расслоений по телу труб HFW (K.4.2);

cc) ультразвуковой контроль на наличие расслоений по кромкам рулонного или листового проката или участков вблизи сварного шва (K.4.3);

dd) неразрушающий контроль ультразвуковым методом или методом рассеяния магнитного потока для тела труб HFW (K.4.4);

ee) дополнительный неразрушающий контроль (K.4.4);

ff) применение для настройки оборудования надрезов определенной глубины (K.5.1.1, перечисление c));

gg) рентгенографический контроль концов труб (неконтролируемых концов) и участков ремонта (K.5.3, перечисление a));

hh) магнитопорошковый контроль сварного шва на концах труб SAW (K.5.4);

ii) дополнительный неразрушающий контроль труб SAW (K.5.4).

H.3 Производство

H.3.1 Технология производства

Все трубы должны быть изготовлены в соответствии с технологией производства, аттестованной в соответствии с приложением B, которое может быть дополнено дополнительными испытаниями (таблица H.3).

H.3.2 Производство стали

H.3.2.1 Сталь должна быть раскисленной и получена кислородно-конвертерным или электросталеплавильным процессом.

H.3.2.2 Должны быть применимы вакуумирование или альтернативные процессы для снижения содержания газов в стали.

H.3.2.3 Плавка стали должна быть обработана для получения необходимой формы включений. Процедура контроля (в том числе металлографического контроля) может быть согласована между изготовителем и заказчиком для оценки эффективности получения необходимой формы включений.

По согласованию между изготовителем и заказчиком для стали с массовой долей серы не более 0,001 % обработку стали для получения необходимой формы включений допускается не проводить.

H.3.3 Производство труб

H.3.3.1 Бесшовные (SMLS) трубы

Бесшовные (SMLS) трубы должны быть изготовлены из непрерывнолитой заготовки. Если применима окончательная холодная обработка, это должно быть указано в приемочном документе на трубы.

H.3.3.2 Сварные трубы

H.3.3.2.1 Если не согласовано иное, то рулонный или листовой прокат для изготовления сварных труб должен быть прокатан из непрерывнолитых заготовок или слябов. Трубы должны быть типов SAWL, SAWH или HFW.

H.3.3.2.2 Для труб HFW стыкуемые кромки рулонного или листового проката перед сваркой должны быть обрезаны, обработаны фрезерованием или другим механическим способом.

H.3.3.2.3 Рулонный или листовой прокат, используемый для производства сварных труб, после прокатки должен быть подвергнут визуальному контролю. Визуальный контроль рулонного проката, применяемого для изготовления труб, допускается проводить на размотанном рулонном прокате или по кромкам проката в рулоне.

H.3.3.2.4 Если согласовано, рулонный и листовой прокат для HFW труб до или после обрезки кромок должен быть подвергнут ультразвуковому контролю на наличие расслоений или механических повреждений в соответствии с приложением K или готовая труба должна быть подвергнута контролю по всему телу трубы, включая ультразвуковой контроль.

H.3.3.2.5 Если согласовано, спиральношовные трубы могут поставляться со стыковыми сварными швами концов рулонного или листового проката при условии, что стыковые сварные швы концов рулонного или листового проката расположены на расстоянии не менее 300 мм от торцов трубы и подвергнуты такому же неразрушающему контролю, которому, в соответствии с приложением K, подвергают кромки рулонного или листового проката и основные сварные швы.

H.3.3.2.6 При сварке труб SAWL и SAWH не допускается выполнение прерывистых технологических швов, если это не было согласовано заказчиком после предоставления изготовителем данных, подтверждающих соответствие механических свойств как в месте расположения прерывистых технологических швов, так и в промежутке между ними, требованиям, установленным для труб.

H.3.3.3 Стыкованные трубы

Поставка стыкованных труб не допускается, если не согласовано иное.

Примечание — Изготовитель и заказчик должны согласовать отдельную технологическую инструкцию по сварке (WPS) и процедуру аттестационных испытаний для стыкованных труб, предназначенных для эксплуатации в кислых средах.

Н.4 Критерии приемки

Н.4.1 Химический состав

Н.4.1.1 Для труб толщиной стенки $t \leq 25{,}0$ мм химический состав стандартных групп прочности указан в таблице Н.1. Химический состав промежуточных групп прочности должен быть согласован, но должен соответствовать требованиям, указанным для стандартных групп прочности в таблице Н.1. Обозначение труб должно соответствовать указанному в таблице Н.1 и представлять собой сочетание букв и цифр, идентифицирующее группу прочности, за которым следуют буквы N, Q или M, указывающие на состояние поставки, и буква S, указывающая на условия эксплуатации.

Н.4.1.2 Для труб толщиной стенки $t > 25{,}0$ мм химический состав должен быть согласован при необходимости с уточнением требований, указанных в таблице Н.1.

Таблица Н.1 — Химический состав стали труб толщиной стенки $t \leq 25{,}0$ мм

Группа прочности труб	Массовая доля элементов по анализу плавки и изделия, %, не более									Углеродный эквивалент [a], %, не более	
	C [b]	Si	Mn [b]	P	S	V	Nb	Ti	Прочие [c,d]	CE_{IIW}	CE_{Pcm}
Бесшовные и сварные трубы											
L245NS или BNS	0,14	0,40	1,35	0,020	0,003 [e]	[f]	[f]	0,04	[g]	0,36	0,19 [h]
L290NS или X42NS	0,14	0,40	1,35	0,020	0,003 [e]	0,05	0,05	0,04	—	0,36	0,19 [h]
L320NS или X46NS	0,14	0,40	1,40	0,020	0,003 [e]	0,07	0,05	0,04	[g]	0,38	0,20 [h]
L360NS или X52NS	0,16	0,45	1,65	0,020	0,003 [e]	0,10	0,05	0,04	[g]	0,43	0,22 [h]
L245QS или BQS	0,14	0,40	1,35	0,020	0,003 [e]	0,04	0,04	0,04	—	0,34	0,19 [h]
L290QS или X42QS	0,14	0,40	1,35	0,020	0,003 [e]	0,04	0,04	0,04	—	0,34	0,19 [h]
L320QS или X46QS	0,15	0,45	1,40	0,020	0,003 [e]	0,05	0,05	0,04	—	0,36	0,20 [h]
L360QS или X52QS	0,16	0,45	1,65	0,020	0,003 [e]	0,07	0,05	0,04	[g]	0,39	0,20 [h]
L390QS или X56QS	0,16	0,45	1,65	0,020	0,003 [e]	0,07	0,05	0,04	[g]	0,40	0,21 [h]
L415QS или X60QS	0,16	0,45	1,65	0,020	0,003 [e]	0,08	0,05	0,04	[g, i, k]	0,41	0,22 [h]
L450QS или X65QS	0,16	0,45	1,65	0,020	0,003 [e]	0,09	0,05	0,06	[g, i, k]	0,42	0,22 [h]
L485QS или X70QS	0,16	0,45	1,65	0,020	0,003 [e]	0,09	0,05	0,06	[g, i, k]	0,42	0,22 [h]
Сварные трубы											
L245MS или BMS	0,10	0,40	1,25	0,020	0,002 [e]	0,04	0,04	0,04	—	—	0,19
L290MS или X42MS	0,10	0,40	1,25	0,020	0,002 [e]	0,04	0,04	0,04	—	—	0,19
L320MS или X46MS	0,10	0,45	1,35	0,020	0,002 [e]	0,05	0,05	0,04	—	—	0,20
L360MS или X52MS	0,10	0,45	1,45	0,020	0,002 [e]	0,05	0,06	0,04	—	—	0,20

Окончание таблицы Н.1

Группа прочности труб	Массовая доля элементов по анализу плавки и изделия, %, не более									Углеродный эквивалент [a], %, не более	
	C [b]	Si	Mn [b]	P	S	V	Nb	Ti	Прочие [c,d]	CE_{IIW}	CE_{Pcm}
L390MS или X56MS	0,10	0,45	1,45	0,020	0,002 [e]	0,06	0,08	0,04	g	—	0,21
L415MS или X60MS	0,10	0,45	1,45	0,020	0,002 [e]	0,08	0,08	0,06	g, i	—	0,21
L450MS или X65MS	0,10	0,45	1,60	0,020	0,002 [e]	0,10	0,08	0,06	g, i, j	—	0,22
L485MS или X70MS	0,10	0,45	1,60	0,020	0,002 [e]	0,10	0,08	0,06	g, i, j	—	0,22

[a] По анализу изделия (9.2.4 и 9.2.5). Предельное значение CE_{IIW} применяют, если массовая доля C > 0,12 %, предельное значение CE_{Pcm} применяют, если массовая доля C ≤ 0,12 %.

[b] Для каждого уменьшения массовой доли углерода на 0,01 % ниже установленной максимальной массовой доли допускается увеличение массовой доли марганца на 0,05 % по сравнению с установленной максимальной массовой долей, но не более чем на 0,20 %.

[c] Общая массовая доля Al ≤ 0,060 %, N ≤ 0,012 %, Al/N ≥ 2:1 (не применимо к сталям, раскисленным или обработанным титаном); Cu ≤ 0,35 % (если согласовано, Cu ≤ 0,10 %); Ni ≤ 0,30 %; Cr ≤ 0,30 %; Mo ≤ 0,15 %; B ≤ 0,0005 %.

[d] Если не согласовано иное, для сварных труб при намеренном добавлении Ca, Ca/S ≥ 1,5, если S > 0,0015 %. Для бесшовных (SMLS) и сварных труб массовая доля Ca ≤ 0,006 %.

[e] Максимальный предел массовой доли S может быть увеличен до 0,008 % включительно для бесшовных (SMLS) труб и, если согласовано, до 0,006 % включительно для сварных труб. При такой повышенной массовой доле S для сварных труб может быть согласовано пониженное отношение Ca/S.

[f] Если не согласовано иное, то Nb + V ≤ 0,06%.

[g] Nb + V + Ti ≤ 0,15%.

[h] Для бесшовных (SMLS) труб указанное значение может быть увеличено на 0,03 %.

[i] Если согласовано Mo ≤ 0,35%.

[j] Если согласовано, Cr ≤ 0,45%.

[k] Если согласовано, Cr ≤ 0,45% и Ni ≤ 0,50%.

Н.4.2 Механические свойства при растяжении

Н.4.2.1 Механические свойства труб при испытаниях на растяжение должны соответствовать требованиям, указанным в таблице Н.2.

Таблица Н.2 — Требования к механическим свойствам труб при испытаниях на растяжение

Группа прочности труб	Тело бесшовных и сварных труб						Сварной шов труб HFW и SAW
	Предел текучести [a] $\sigma_{T0,5}$, МПа		Предел прочности [a] σ_B, МПа		Отношение [b] $\sigma_{T0,5}/\sigma_B$	Удлинение на длине 50 мм , δ %	Предел прочности [c] σ_B, МПа
	не менее	не более	не менее	не более	не более	не менее	не менее
L245NS или BNS L245QS или BQS L245MS или BMS	245	450 [d]	415	655	0,93	[e]	415
L290NS или X42NS L290QS или X42QS L290MS или X42MS	290	495	415	655	0,93	[e]	415
L320NS или X46NS L320QS или X46QS L320MS или X46MS	320	525	435	655	0,93	[e]	435

Окончание таблицы Н.2

Группа прочности труб	Тело бесшовных и сварных труб						Сварной шов труб HFW и SAW
	Предел текучести [a] $\sigma_{T0,5}$, МПа		Предел прочности [a] σ_B, МПа		Отношение [b] $\sigma_{T0,5}/\sigma_B$	Удлинение на длине 50 мм , δ %	Предел прочности [c] σ_B, МПа
	не менее	не более	не менее	не более	не более	не менее	не менее
L360NS или X52NS L360QS или X52QS L360MS или X52MS	360	530	460	760	0,93	[e]	460
L390QS или X56QS L390MS или X56MS	390	545	490	760	0,93	[e]	490
L415QS или X60QS L415MS или X60MS	415	565	520	760	0,93	[e]	520
L450QS или X65QS L450MS или X65MS	450	600	535	760	0,93	[e]	535
L485QS или X70QS L485MS или X70MS	485	635	570	760	0,93	[e]	570

[a] Для промежуточных групп прочности разность между заданными максимальным и минимальным пределами текучести должна быть равна разности для следующей более высокой группы прочности, а разность между заданным минимальным пределом прочности и заданным минимальным пределом текучести должна быть равна разности для следующей более высокой группы прочности, указанной в настоящей таблице. Предел прочности промежуточных групп прочности не должен превышать 760 МПа.

[b] Применимы для труб наружным диаметром D > 323,9 мм.

[c] Для промежуточных групп прочности заданный минимальный предел прочности сварного шва должен быть равен минимальному пределу прочности тела трубы с учетом сноски а).

[d] Предел текучести, определенный на образцах, вырезанных в продольном направлении, не должен превышать 495 МПа.

[e] Установленное минимальное удлинение δ на длине 50 мм, %, должно быть рассчитано по следующей формуле с округлением до целого значения:

$$\delta = 1940 \frac{A_{XC}^{0,2}}{\sigma_{Bmin}^{0,9}}, \qquad (H.1)$$

где A_{XC} — площадь поперечного сечения образца для испытания на растяжение, мм^2:

- для цилиндрических образцов: 130 мм^2 — для образцов диаметром 12,5 мм и 8,9 мм, и 65 мм^2 — для образцов диаметром 6,4 мм;
- для образцов полного сечения: меньшее из следующих значений: a) 485 мм^2 или b) площади поперечного сечения образца, рассчитанной по наружному диаметру и толщине стенки трубы, округленной до ближайших 10 мм^2;
- для образцов в виде полосы: меньшее из следующих значений: a) 485 мм^2 или b) площади поперечного сечения образца, рассчитанной по заданной ширине образца и толщине стенки трубы и округленной до ближайших 10 мм^2.

σ_{Bmin} — установленный минимальный предел прочности, МПа.

Н.4.3 Испытание стойкости к водородному растрескивание (HIC) или ступенчатому растрескиванию (SWC)

Испытание для оценки стойкости металла к водородному растрескиванию должно соответствовать следующим критериям приемки, каждый коэффициент которых представляет собой максимальное допустимое среднее значение для трех сечений образца при испытании в растворе (среде) А (таблица В.3 ISO 15156-2):

a) коэффициент чувствительности к растрескиванию (CSR) ≤ 2 %;

b) коэффициент длины трещин (CLR) ≤ 15 %;

c) коэффициент толщины трещин (CTR) ≤ 5 %.

Если испытания стойкости к водородному растрескиванию (HIC) или ступенчатому растрескиванию (SWC) проводят в альтернативной среде (Н.7.3.1.3) для имитации конкретных условий эксплуатации, то могут быть согласованы альтернативные критерии приемки.

Н.4.4 Контроль твердости

При проведении контроля твердости (по Н.7.3.3) твердость тела трубы, сварного шва и зоны термического влияния не должна превышать 250 HV10 или 2 HRC.

Если согласовано, твердость труб толщиной стенки более 9 мм, измеренная по линии, отстоящей от наружной поверхности трубы на 1,5 мм, должна быть не более 275 HV10 или 26 HRC (рисунок Н.1).

Примечания

1 В ISO 15156-2 приведено более подробное руководство для потребителя. Приведенные в ISO 15156-2 требования к альтернативным пределам твердости для верхнего слоя сварного шва предусматривают, что верхний слой сварного шва не должен непосредственно контактировать с кислой средой.

2 Испытание проводят по Виккерсу или Роквеллу с использованием индентора HR 15N; при использовании последнего, если требуется, можно выполнить пересчет твердости в твердость по шкале С Роквелла.

Н.4.5 Испытание стойкости к сульфидному растрескиванию под напряжением (SSC)

После удаления из испытательной среды образцов, подвергаемых испытанию на стойкость к сульфидному растрескиванию под напряжением SSC (Н.7.3.2), должно быть проведено исследование растянутой поверхности образцов под микроскопом малой мощности при увеличении Х10. Образец считается не выдержавшим испытание, если на растянутой поверхности образцов будут обнаружены трещины или признаки разрушения и если не будет доказано, что они не являются следствием сульфидного растрескивания под напряжением.

Н.5 Состояние поверхности, несовершенства и дефекты

Н.5.1 Несовершенства поверхности, кроме подрезов на трубах SAW, обнаруженные при визуальном контроле, должны быть исследованы, классифицированы и обработаны следующим образом:

a) несовершенства глубиной, не превышающей 0,05 t, не уменьшающие минимальную допустимую толщину стенки, должны быть классифицированы как допустимые несовершенства и обработаны в соответствии с С.1.

Примечание — В заказе на поставку должны быть указаны специальные требования к несовершенствам поверхности труб, предназначенных для последующего нанесения покрытия;

b) несовершенства глубиной, превышающей 0,05t, не уменьшающие минимальную допустимую толщину стенки, должны быть классифицированы как дефекты и обработаны в соответствии с С.2 и С.3, перечисление b) или c);

c) несовершенства, уменьшающие минимальную допустимую толщину стенки, должны быть классифицированы как дефекты и обработаны в соответствии с С.3, перечисление b) или c).

Н.5.2 Участки повышенной твердости на поверхности сварных труб размером, превышающим 50 мм в любом направлении, должны быть классифицированы как дефекты, если их твердость по отдельным отпечаткам превышает:

a) 250 HV10, 22HRC или 240 HBW на внутренней поверхности трубы или на участке ремонта внутреннего валика сварного шва;

b) 275 HV10, 27HRC или 260 HBW на наружной поверхности трубы или на участке ремонта наружного валика сварного шва.

Трубы с такими дефектами должны быть обработаны в соответствии с С.3, перечислениями b) или c).

Н.6 Внутренний грат на трубах HFW

Высота остатка внутреннего грата, выступающего над прилегащей поверхностью трубы, не должна превышать 0,3 мм + 0,05 t.

Н.7 Контроль

Н.7.1 Приемочный контроль

Периодичность контроля должна соответствовать указанной в таблице 18, за исключением специальных изменений, указанных в таблице Н.3.

Таблица Н.3 — Периодичность контроля

Вид контроля	Тип труб	Периодичность контроля
Контроль твердости труб D < 508 мм	SMLS, HFW, SAWL или SAWH	Одно испытание от партии не более 100 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a]
Контроль твердости труб D ≥ 508 мм	SMLS, HFW, SAWL или SAWH	Одно испытание от партии не более 50 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a]
Контроль твердости участков повышенной твердости сварных труб	HFW, SAWL или SAWH	Каждый участок повышенной твердости, обнаруженный на наружной или внутренней поверхностях трубы
Если согласовано, контроль твердости продольного или спирального сварного шва	HFW, SAWL или SAWH	Как указано в заказе на поставку

Окончание таблицы Н.3

Диаметр и овальность труб $D \leq 168{,}3$ мм	SMLS, HFW, SAWL или SAWH	Одно испытание от партии не более 100 труб
Диаметр и овальность труб $D > 168{,}3$ мм	SMLS, HFW, SAWL или SAWH	Одно испытание от партии не более 20 труб
Неразрушающий контроль	SMLS, HFW, SAWL или SAWH	В соответствии с приложением К
Испытание стойкости к водородному растрескиванию (HIC)	SMLS, HFW, SAWL или SAWH	Одно испытание от каждой из первых трех плавок, в дальнейшем не менее одного испытания на каждых 10 плавках
Если согласовано, испытание стойкости к сульфидному растрескиванию под напряжением (SSC)	SMLS, HFW, SAWL или SAWH	Одно испытание от каждой трубы, отобранной для аттестации технологии производства
[a] Коэффициент холодного экспандирования, устанавливаемый изготовителем и расчитываемый по указанному наружному диаметру или длине окружности до и после экспандирования. Увеличение или уменьшение коэффициента холодного экспандирования более чем на 0,002 требует формирования новой контролируемой партии.		

Н.7.2 Пробы и образцы для механических и технологических испытаний

Н.7.2.1 Общие положения

Н.7.2.1.1 Для испытаний на растяжение, ударный изгиб (CVN), падающим грузом (DWT), на направленный загиб, сплющивание, для контроля твердости, для испытания стойкости к водородному растрескиванию (HIC), для испытания сварного валика на трубе, для испытания сварного валика на листе, стойкости к сульфидному растрескиванию под напряжением (SSC) пробы должны быть отобраны, а образцы изготовлены по соответствующим стандартам.

Примечание — Испытания сварного валика на листе проводят в рамках процедуры оценки свариваемости.

Н.7.2.1.2 Пробы и образцы для разных видов испытаний должны быть отобраны из участков, показанных на рисунках 5 и 6, и в соответствии с таблицей Н.4, с учетом дополнительных требований, приведенных в 10.2.3.2–10.2.3.7, 10.2.4, Н.7.2.2–Н.7.2.4.

Таблица Н.4 — Количество, ориентация и расположение образцов для контроля твердости

Тип труб	Расположение пробы	Ориентация, расположение и количество образцов от пробы [a]	
		Наружный диаметр D, мм	
		до 508	от 508
SMLS [b] (рисунок 5 *a*)	Тело трубы	1T	1T
SAWL (рисунок 5 *b*)	Сварной шов	1W	1W [c]
SAWH (рисунок 5 *c*)	Сварной шов	1W	1W
SAWH (рисунок 5 *c*)	Стыковой сварной шов концов рулонного или листового проката	1WS	1WS
HFW (рисунок 5 *b*)	Сварной шов	1W	1W
[a] Обозначения, применяемые для указания ориентации и расположения проб и образцов для испытаний — см. рисунок 5. [b] Распространяется на холодноэкспандированные и неэкспандированные бесшовные (SMLS) трубы. [c] Для труб с двумя продольными сварными швами испытанию должны быть подвергнуты оба шва трубы, представляющей контролируемую партию.			

Н.7.2.2 Пробы для испытаний стойкости труб к водородному (HIC) и ступенчатому растрескиванию (SWC)

Пробы для испытаний на водородное (HIC) и ступенчатое растрескивание (SWC) должны быть отобраны в соответствии с NACE TM 0284.

Н.7.2.3 Пробы и образцы для испытания стойкости к сульфидному растрескиванию под напряжением (SSC)

Н.7.2.3.1 От каждой пробы должно быть изготовлено по три образца.

Н.7.2.3.2 Если не согласовано иное, то образец для четырехточечного загиба должен иметь следующие размеры: длину не менее 115 мм, ширину 15 мм и толщину 5 мм. При испытании сварных труб продольный или спиральный шов должны быть расположены посередине образца (рисунок 5 b и с, обозначение 1). При испытании бесшовных труб образец должен быть ориентирован продольно относительно тела трубы (рисунок 5 а, обозначение 1). Если согласовано, образцы могут быть выпрямлены. Если не согласовано иное, то поверхность образца, соответствующая внутренней поверхности трубы, должна быть механически обработана.

Н.7.2.4 Пробы для контроля твердости

Пробы для контроля твердости должны быть отобраны от одного из концов трубы, выбранной для испытаний, при контроле сварных труб продольный или спиральный шов должны быть расположены посередине пробы (рисунок Н.1).

Н.7.3 Методы испытаний

Н.7.3.1 Испытание стойкости к водородному (HIC) и ступенчатому растрескиванию (SWC)

Н.7.3.1.1 Испытания стойкости к водородному (HIC) и ступенчатому растрескиванию (SWC) должны быть проведены и зарегистрированы в соответствии с NACE TM 0284.

Н.7.3.1.2 За исключением предусмотренного в Н.7.3.1.3, испытания должны быть проведены в среде, соответствующей раствору А NACE TM 0284.

Н.7.3.1.3 Если согласовано, испытание может быть проведено:

a) в альтернативной среде (ISO 15156-2, таблица В.3), включая раствор В NACE TM0284;

b) при парциальном давлении сероводорода H_2S, соответствующем предполагаемой области применения;

c) по критериям приемки, равным или превышающим критерии, установленные в Н.4.3.

Н.7.3.1.4 В протоколе испытаний должны быть указаны значения коэффициента чувствительности к растрескиванию, коэффициента длины трещин и коэффициента толщины трещин. Если согласовано, к протоколу должны быть приложены фотографии трещин.

Н.7.3.2 Испытание стойкости к сульфидному растрескиванию под напряжением (SSC)

Н.7.3.2.1 За исключением предусмотренного в Н.7.3.2.2, испытания должны быть проведены следующим образом:

- операции с испытательным раствором в процессе испытания в соответствии с NACE TM0177, метод С;
- подготовка образца в соответствии с ИСО 7539-2, ASTM G39 или Н.7.2.3.2 настоящего стандарта;
- испытательный раствор — раствор А по NACE TM0177:2005;
- продолжительность испытания — 720 ч.

За исключением предусмотренного в Н.7.3.2.2, испытательное напряжение должно составлять не менее 72 % установленного минимального предела текучести трубы.

Примечание — Применение при испытании стойкости к сульфидному растрескиванию под напряжением (SSC) напряжения, равного 72 % установленного минимального предела текучести, не следует рассматривать как свидетельство того, что металл предварительно аттестован для всех условий эксплуатации в кислых средах. Предварительная аттестация материалов — по [30].

Н.7.3.2.2 Если согласовано, допускается проводить испытание стойкости к сульфидному растрескиванию под напряжением (SSC) по альтернативному методу, в альтернативной среде (включая парциальное давление сероводорода, соответствующее предполагаемой области применения) и по другим критериям приемки (таблица В.1 [30]). При проведении таких испытаний вместе с результатами в протоколе должны быть указаны полные сведения об испытательной среде и условиях испытания.

Н.7.3.3 Контроль твердости

Н.7.3.3.1 Контроль твердости основного металла труб должен быть проведен по Виккерсу в соответствии с ISO 6507-1 либо ASTM E 384 или по Роквеллу с использованием индентора HR 15N в соответствии с ISO 6508 или ASTM E 18. В спорных случаях контроль твердости должен быть проведен по методу Виккерса.

Контроль твердости сварного шва и зоны термического влияния должен быть проведен в соответствии с ISO 6507-1 или ASTM E 384.

При контроле твердости тела труб и основного металла отдельные значения, превышающие предельное значение, могут считаться допустимыми, если среднее значение твердости, полученное по минимум трем и максимум шести дополнительным отпечаткам, выполненным вблизи спорного отпечатка, не превышает установленного допустимого значения, и если ни одно из отдельных значений не превышает допустимого значения более чем на 10 HV10 или 2 HRC, что применимо.

Примечание — Испытание проводят по Виккерсу или Роквеллу с использованием индентора HR 15N; при использовании последнего можно выполнить пересчет твердости в твердость по шкале С Роквелла, если это требуется.

Н.7.3.3.2 Участки контроля твердости бесшовных (SMLS) труб должны соответствовать указанным на рисунке Н.1 *a)* со следующими исключениями:

a) для труб толщиной стенки $t < 4{,}0$ мм контроль твердости должен быть проведен только посередине толщины стенки;

b) для труб толщиной стенки 4,0 мм $\leq t < 6{,}0$ мм контроль твердости должен быть проведен только вблизи наружной и внутренней поверхностей;

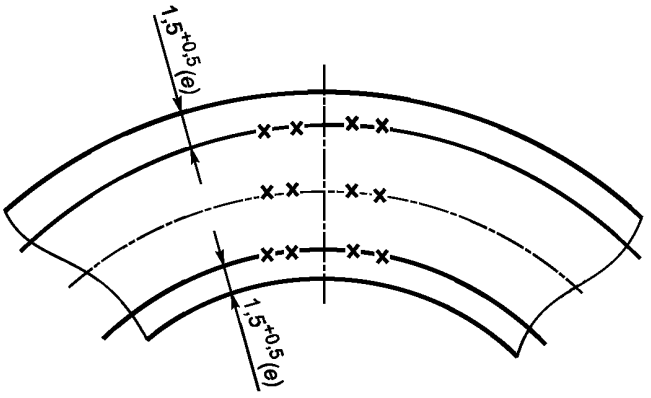
c) если согласовано, на каждом участке допускается по три отпечатка, расположенных по толщине стенки, как показано на рисунке Н.1 a.

Н.7.3.3.3 Участки контроля твердости сварной трубы должны включать поперечное сечение сварного шва. Отпечатки должны быть выполнены на основном металле, видимой зоне термического влияния и по оси сварного шва (рисунок Н.1 *b* и *c*) со следующими исключениями:

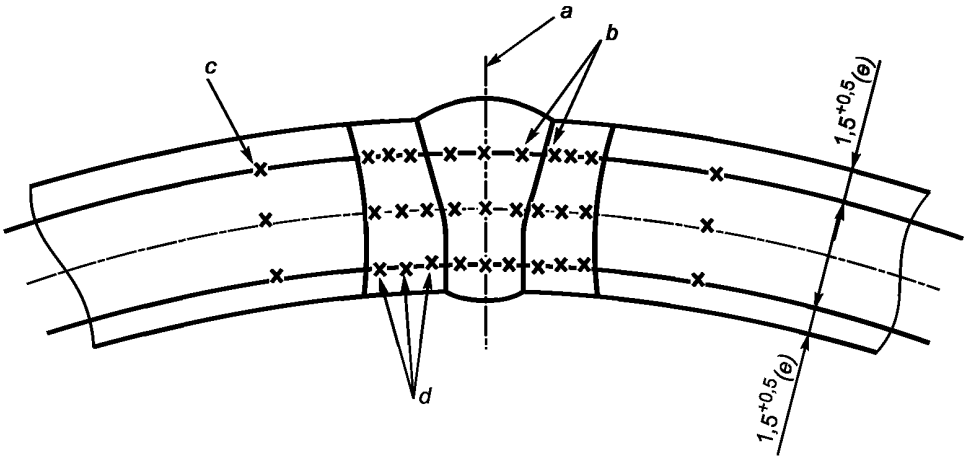
a) для труб толщиной стенки $t < 4{,}0$ мм контроль твердости должен быть проведен только посередине толщины стенки;

b) для труб толщиной стенки 4,0 мм $\leq t < 6{,}0$ мм контроль твердости должен быть проведен только вблизи наружной и внутренней поверхностей.

c) если согласовано, расстояние между линией сплавления и отпечатками в основном металле может быть меньше указанного на рисунке Н.1 c, при условии, что отпечатки остаются расположенными в основном металле.

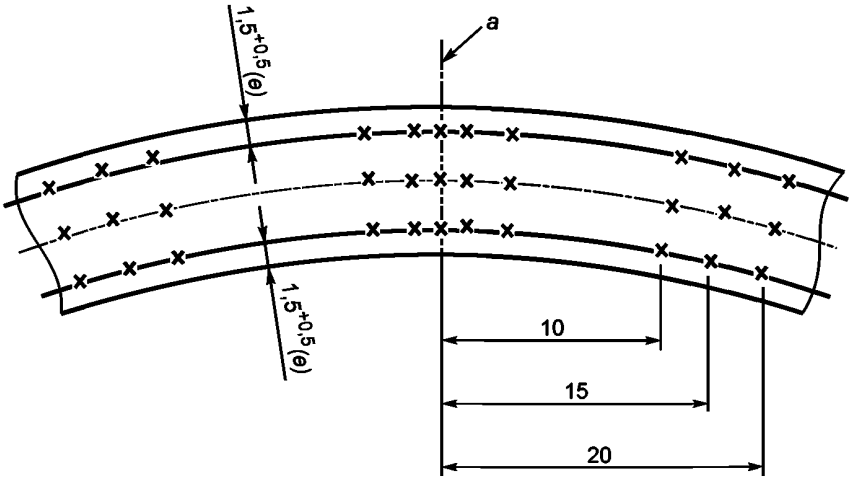


a — Бесшовные (SMLS) трубы



b — Трубы SAW

Рисунок Н.1 — Участки контроля твердости



c — Трубы HFW

a — ось сварного шва; *b* — 0,75 мм от линии сплавления; *c* — 1*t* от линии сплавления;

d — с шагом 1,0 мм в пределах видимой зоны термического влияния; *e* — от наружной и внутренней поверхностей

Рисунок Н.1, лист 2

Н.7.4 Неразрушающий контроль

Неразрушающий контроль труб должен быть проведен в соответствии с Н.3.3.2.3–Н.3.3.2.5 и приложением К.

Н.7.5 Повторные испытания на водородное (HIC) и ступенчатое (SWC) растрескивание

Если результаты испытания комплекта образцов на водородное HIC и ступенчатое SWC растрескивание не удовлетворяют критериям приемки, то условия повторного испытания должны быть согласованы между заказчиком и изготовителем. Повторная термообработка (если применима) должна выполняться согласно 10.2.11.

Н.8 Маркировка труб

В дополнение к требованиям по маркировке, указанным в 11.2, маркировка труб должна включать идентификационный номер, позволяющий соотнести изделие или партию поставки с соответствующим приемочным документом.

Маркировка, указывающая на соответствие настоящему стандарту, и буква «S», указывающая на то, что труба предназначена для эксплуатации в кислых средах, наносится на трубы уровня PSL-2, которые соответствуют требованиям настоящего стандарта и дополнительным требованиям приложения Н.

Трубы, отвечающие требованиям приложений Н и J, маркируют обеими группами прочности, S и O (например, X52MS/X52MO или L360MS/L360MO).

Приложение I
(обязательное)

Трубы, предназначенные для напорных трубопроводов (TFL)

I.1 Общие положения

Настоящее приложение устанавливает дополнительные требования к трубам, предназначенным для напорных трубопроводов (TFL) [7.2, перечисление с), 54)].

I.2 Дополнительная информация, предоставляемая заказчиком

В заказе на поставку должно быть указано, какое из следующих положений применимо к конкретной позиции заказа:
- вид длины (I.4);
- поставка стыкованных труб (I.4).

I.3 Размеры и группы прочности

Трубы TFL должны поставляться бесшовными (SMLS) или сварными прямошовными, наружным диаметром, толщиной стенки и группой прочности, указанными в таблице I.1.

I.4 Длина и стыкованные трубы

Если не согласовано иное, трубы TFL должны поставляться длиной 12 м, поставка стыкованных труб не допускается.

Таблица I.1 — Размеры, масса на единицу длины и испытательное давление для труб TFL

Наружный диаметр D, мм	Толщина стенки t, мм	Расчетный внутренний диаметр d, мм	Группа прочности	Масса на единицу длины m_1, кг/м	Испытательное гидростатическое давление, МПа, не менее
60,3	4,8	50,7	L390 или X56	6,57	49,2
73,0	11,1	50,8	L390 или X56	16,94	68,9
73,0	5,5	62,0	L390 или X56	9,16	46,5
88,9	13,5	61,9	L390 или X56	25,10	68,9
101,6	19,1	63,4	L415 или X60	38,86	68,9
101,6	12,7	76,2	L290 или X42	27,84	57,9
101,6	12,7	76,2	L415 или X60	27,84	68,9
101,6	6,4	88,8	L485 или X70	15,02	48,6
114,3	19,1	66,1	L360 или X52	44,84	68,9
114,3	7,1	100,1	L485 или X70	18,77	48,0

I.5 Контроль оправкой

I.5.1 Каждая труба TFL должна быть подвергнута по всей длине контролю цилиндрической оправкой размерами, указанными в таблице I.2. Во время контроля труба должна быть установлена надлежащим образом во избежание провисания и очищена от посторонних материалов.

I.5.2 Передняя кромка торца оправки должна быть скруглена для того, что облегчить введение оправки в трубу. Оправка должна свободно проходить через трубу при приложении небольшого усилия, соответствующего массе оправки, применямой для контроля.

Таблица I.2 — Размеры оправки

В миллиметрах

Наружный диаметр трубы D	Размер оправки	
	длина	диаметр
До 88,9	1 066	d – 2,4
От 88,9	1 066	d – 3,2
Примечание — d — расчетный внутренний диаметр трубы (таблица I.1).		

I.6 Гидростатическое испытание

Каждая труба TFL должна быть подвергнута гидростатическому испытанию в соответствии с требованиями, указанными в 9.4, за исключением того, что испытательное давление должно быть не менее указанного в таблице I.1.

Примечание — Испытательное давление, указанное в таблице I.1, представляет собой меньшее из следующих давлений: 68,9 МПа и давления, рассчитанного по формуле (7), при тангенциальном напряжении *S*, равном 80 % установленного минимального предела текучести испытуемых труб.

I.7 Маркировка труб

В дополнение к требованиям по маркировке, указанным в 11.2, после обозначения уровня требований к продукции (PSL) должна следовать буква I, указывающая на то, что к трубам применимы требования приложения I.

Приложение J
(обязательное)

Трубы уровня PSL-2, предназначенные для эксплуатации в морских условиях

J.1 Общие положения

Настоящее приложение устанавливает дополнительные требования к трубам уровня PSL-2, предназначенным для эксплуатации в морских условиях (7.2, перечисление c), 54)).

Примечание — Настоящее приложение не содержит требований, касающихся специальных испытаний труб, сматываемых в бунты или таких, которые во время монтажа будут подвергаться высоким суммарным разовым деформациям (более 5 %). При таком применении могут потребоваться дополнительные испытания, подтверждающие применимость труб, и заказчик может дополнить требования настоящего стандарта другими соответствующими требованиями (например [16]).

J.2 Дополнительная информация, предоставляемая заказчиком

В заказе на поставку должно быть указано, какое из следующих положений применимо к конкретной позиции заказа:

a) способ разливки стали для рулонного или листового проката, применяемого для производства сварных труб (J.3.3.2.1);

b) ультразвуковой контроль рулонного или листового проката на наличие расслоений (J.3.3.2.4);

c) поставка спиральношовных труб со стыковым сварным швом концов рулонного или листового проката (J.3.3.2.5);

d) химический состав для промежуточных групп прочности (J.4.1.1);

e) химический состав для труб толщиной стенки $t > 25{,}0$ мм (J.4.1.2);

f) предельное значение углеродного эквивалента для группы прочности L555QO или X80QO, L625QO или X90QO и L690QO или X100QO (таблица J.1);

g) предельные значения химического состава (таблица J.1, сноска d));

h) критерии приемки для механических свойств, испытываемых при температуре, отличающейся от комнатной (J.4.2.2);

i) пониженный максимальный предел прочности для труб групп прочности L555QO или X80QO (таблица J.2, сноска b));

j) минимальная средняя длина, отличающаяся от 12,1 м, и/или другой интервал длин (J.6.3);

k) предельные отклонения диаметра и допустимая овальность для бесшовных (SMLS) труб толщиной стенки $t > 25{,}0$ мм (таблица J.3, сноска b));

l) определение предельных отклонений диаметра и допустимой овальности по внутреннему диаметру для неэкспандированных труб наружным диаметром

$D \geq 219{,}1$ мм (таблица J.3, сноска c));

m) контроль раскрытия в вершине трещины CTOD (J.8.2.2 и таблица J.6);

n) контроль твердости тела бесшовных труб (J.8, таблица J.7);

o) контроль твердости тела труб, сварного шва и зоны термического влияния HAZ на трубах EW и SAW (таблица J.7);

p) применение кольцевого образца для испытания на раздачу при определении предела текучести в поперечном направлении (таблица J.8, сноска c));

q) дополнительное испытание на растяжение в продольном направлении для труб, предназначенных для глубоководных трубопроводов (таблица J.7, сноска c));

r) отступления в размещении точек контроля твердости (J.8.3.2.2 перечисление c));

s) отступления в процедуре контроля твердости (J.8.3.2.2 перечисление c) и J.8.3.2.3);

t) ультразвуковой контроль на наличие расслоений на концах труб на расстоянии, превышающем 100 мм, для труб толщиной стенки $t \geq 5{,}0$ мм (K.2.1.3);

u) дополнительные критерии неразрушающего контроля на наличие расслоений на концевых участках (K.2.1.3 и K.2.1.4);

v) магнитопорошковый контроль торцов и фасок труб на наличие расслоений (K.2.1.4);

w) контроль размера/плотности расслоений (K.3.2.2);

x) ультразвуковой контроль для подтверждения соответствия требованиям, указанным в таблице K.1 (K.3.2.2);

y) увеличенный охват ультразвукового контроля толщины стенки бесшовных (SMLS) труб (K.3.3);

z) применение одного или более дополнительных методов неразрушающего контроля для бесшовных (SMLS) труб (K.3.4);

aa) дополнительный неразрушающий контроль бесшовных труб (К.3.4);

bb) ультразвуковой контроль бесшовных труб для обнаружения поперечных несовершенств (К.3.4.1);

cc) контроль бесшовных труб по всему телу методом рассеяния магнитного потока для обнаружения поперечных и продольных несовершенств (К.3.4.2);

dd) вихретоковый контроль бесшовных труб по всему телу (К.3.4.3);

ee) магнитопорошковый контроль труб по всему телу (К.3.4.4);

ff) уровень приемки U2/U2H для неразрушающего контроля сварного шва труб HFW по ISO 10893-11 (К.4.1);

gg) альтернативные критерии приемки для ультразвукового контроля сварного шва труб HFW согласно ISO 10893-10 (К.4.1 перечисление b));

hh) ультразвуковой контроль на наличие расслоений для тела труб HFW (К.4.2);

ii) ультразвуковой контроль на наличие расслоений по кромкам рулонного или листового проката или участков, прилегающих к сварному шву (К.4.3);

jj) неразрушающий контроль ультразвуковым методом или методом рассеяния магнитного потока для тела труб HFW (К.4.4);

kk) дополнительный неразрушающий контроль (К.4.4);

ll) применение для настройки оборудования надрезов опредеделенной глубины (К.5.1.1, перечисление с));

mm) рентгенографический контроль концов труб (неконтролируемых концов) и участков ремонта (К.5.3, перечисление а));

nn) магнитопорошковый контроль сварного шва на концах труб SAW (К.5.4);

oo) дополнительный неразрушающий контроль труб SAW (К.5.4);

pp) для групп прочности L625QO или X90QO и L690QO или X100QO пониженное отношение $\sigma_{T0,5}/\sigma_в$ (таблица J.2).

J.3 Производство

J.3.1 Технология производства

Все трубы должны быть изготовлены в соответствии с технологией производства, аттестованной в соответствии с приложением В, которое может быть дополнено испытаниями (таблица J.7).

J.3.2 Производство стали

Сталь должна быть раскисленной и получена кислородно-конвертерным или электросталеплавильным процессом.

J.3.3 Производство труб

J.3.3.1 Бесшовные (SMLS) трубы

Бесшовные (SMLS) трубы должны быть изготовлены из непрерывнолитой заготовки. Если применима окончательная холодная обработка, это должно быть указано в приемочном документе на трубы.

J.3.3.2 Сварные трубы

J.3.3.2.1 Если не согласовано иное, рулонный или листовой прокат для изготовления сварных труб должен быть изготовлен из непрерывнолитых заготовок или слябов. Трубы должны быть типов SAWL, SAWH или HFW.

J.3.3.2.2 Для труб HFW стыкуемые кромки рулонного или листового проката незадолго перед сваркой должны быть обрезаны, обработаны фрезерованием или другим механическим способом.

J.3.3.2.3 Рулонный или листовой прокат, применяемые для производства труб, после прокатки подвергают визуальному контролю. Визуальный контроль рулонного проката, применяемого для изготовления труб, допускается проводить на размотанном рулонном прокате или по кромкам проката в рулоне.

J.3.3.2.4 Если согласовано, рулонный и листовой прокат до или после обрезки кромок должен быть подвергнут ультразвуковому контролю на наличие расслоений либо механических повреждений в соответствии с приложением К или готовая труба должна быть подвергнута контролю по всему телу трубы, включая ультразвуковой контроль.

J.3.3.2.5 Если согласовано, спиральношовные трубы могут поставляться со стыковыми сварными швами концов рулонного или листового проката при условии, что стыковые сварные швы концов рулонного или листового проката расположены на расстоянии не менее 300 мм от торцов трубы и подвергнуты такому же неразрушающему контролю, которому, в соответствии с приложением К, подвергают кромки рулонного или листового проката и основные сварные швы.

J.3.3.2.6 При сварке труб SAWL не допускается выполнение прерывистых технологических швов, если это не было согласовано заказчиком после предоставления изготовителем данных, подтверждающих соответствие механических свойств как в месте расположения прерывистых технологических швов, так и в промежутке между ними, требованиям, установленным для труб.

J.3.3.3 Стыкованные трубы

Поставка стыкованных труб не допускается, если не согласовано иное.

Примечание — Изготовитель и заказчик должны согласовать отдельную технологическую инструкцию по сварке (WPS) и процедуру аттестационных испытаний для стыкованных труб, предназначенных для эксплуатации в морских условиях.

J.4 Критерии приемки

J.4.1 Химический состав

J.4.1.1 Для труб толщиной стенки $t \leq 25{,}0$ мм химический состав стандартных групп прочности указан в таблице J.1, химический состав промежуточных групп прочности должен быть согласован, но должен соответствовать требованиям, указанным для стандартных групп прочности в таблице J.1. Обозначение труб должно соответствовать указанному в таблице J.1 и представлять собой сочетание букв и цифр, идентифицирующее группу прочности, за которым следуют буквы N, Q или M, указывающие на состояние поставки, и буква O, указывающая на условия эксплуатации.

J.4.1.2 Для труб толщиной стенки $t > 25{,}0$ мм химический состав должен быть согласован, при необходимости с уточнением требований, указанных в таблице J.1.

J.4.2 Механические свойства при растяжении

J.4.2.1 Механические свойства труб при испытаниях на растяжение должны соответствовать требованиям, указанным в таблице J.2.

Таблица J.1 — Химический состав стали труб толщиной стенки $t \leq 25{,}4$ мм

Группа прочности	Массовая доля элементов по анализу плавки и изделия, %, не более									Углеродный эквивалент [a], %, не более	
	C [b]	Si	Mn [b]	P	S	V	Nb	Ti	Прочие [c]	CE_{IIW}	$CE_{P_{cm}}$
Бесшовные и сварные трубы											
L245NO или BNO	0,14	0,40	1,35	0,020	0,010	[d]	[d]	0,04	[e, f]	0,36	0,19 [g]
L290NO или X42NO	0,14	0,40	1,35	0,020	0,010	0,05	0,05	0,04	[f]	0,36	0,19 [g]
L320NO или X46NO	0,14	0,40	1,40	0,020	0,010	0,07	0,05	0,04	[e, f]	0,38	0,20 [g]
L360NO или X52NO	0,16	0,45	1,65	0,020	0,010	0,10	0,05	0,04	[e]	0,43	0,22 [g]
L245QO или BQO	0,14	0,40	1,35	0,020	0,010	0,04	0,04	0,04	[f]	0,34	0,19 [g]
L290QO или X42QO	0,14	0,40	1,35	0,020	0,010	0,04	0,04	0,04	[f]	0,34	0,19 [g]
L320Q или X46QO	0,15	0,45	1,40	0,020	0,010	0,05	0,05	0,04	[f]	0,36	0,20 [g]
L360QO или X52QO	0,16	0,45	1,65	0,020	0,010	0,07	0,05	0,04	[e, h]	0,39	0,20 [g]
L390QO или X56QO	0,16	0,45	1,65	0,020	0,010	0,07	0,05	0,04	[e, h]	0,40	0,21 [g]
L415QO или X60QO	0,16	0,45	1,65	0,020	0,010	0,08	0,05	0,04	[e, h]	0,41	0,22 [g]
L450QO или X65QO	0,16	0,45	1,65	0,020	0,010	0,09	0,05	0,06	[e, h]	0,42	0,22 [g]
L485QO или X70QO	0,17	0,45	1,75	0,020	0,010	0,10	0,05	0,06	[e, h]	0,42	0,23 [g]
L555QO или X80QO	0,17	0,45	1,85	0,020	0,010	0,10	0,06	0,06	[e, h]	По согласованию	
L625QO или X90QO	0,14	0,45	1,85	0,020	0,010	0,10	0,06	0,06	[e, i]	По согласованию	
L690QO или X100QO	0,14	0,45	1,85	0,020	0,010	0,10	0,06	0,06	[e, i]	По согласованию	

Окончание таблицы J.1

Группа прочности	Массовая доля элементов по анализу плавки и изделия, %, не более									Углеродный эквивалент [a], %, не более	
	C [b]	Si	Mn [b]	P	S	V	Nb	Ti	Прочие [c]	CE_{IIW}	$CE_{P_{cm}}$
Сварные трубы											
L245MO или BMO	0,12	0,40	1,25	0,020	0,010	0,04	0,04	0,04	f	—	0,19
L290MO или X42MO	0,12	0,40	1,35	0,020	0,010	0,04	0,04	0,04	f	—	0,19
L320MO или X46MO	0,12	0,45	1,35	0,020	0,010	0,05	0,05	0,04	f	—	0,20
L360MO или X52MO	0,12	0,45	1,65	0,020	0,010	0,05	0,05	0,04	e, h	—	0,20
L390MO или X56MO	0,12	0,45	1,65	0,020	0,010	0,06	0,08	0,04	e, h	—	0,21
L415MO или X60MO	0,12	0,45	1,65	0,020	0,010	0,08	0,08	0,06	e, h	—	0,21
L450MO или X65MO	0,12	0,45	1,65	0,020	0,010	0,10	0,08	0,06	e, h	—	0,22
L485MO или X70MO	0,12	0,45	1,75	0,020	0,010	0,10	0,08	0,06	e, h	—	0,22
L555MO или X80MO	0,12	0,45	1,85	0,020	0,010	0,10	0,08	0,06	e, h	—	0,24

[a] По анализу изделия (9.2.4 и 9.2.5). Предельное значение CE_{IIW} применяют, если массовая доля C > 0,12 %, предельное значение $CE_{P_{cm}}$ применяют, если массовая доля C ≤ 0,12 %.

[b] Для каждого уменьшения массовой доли углерода на 0,01 % ниже установленной максимальной массовой доли допускается увеличение массовой доли марганца на 0,05 % по сравнению с установленной максимальной массовой долей, но не более 0,20 %, а для групп прочности L625 или X90 и выше — не более 2,20 %.

[c] Общая массовая доля Al ≤ 0,060 %, N ≤ 0,012 %, Al/N ≥ 2:1 (не применимо к сталям, раскисленным или обработанным титаном).

[d] Если не согласовано иное, то Nb+ V ≤ 0,06%.

[e] Nb+ V + Ti ≤ 0,15%.

[f] Cu ≤ 0,35 %, Ni ≤ 0,30 %, Cr ≤ 0,30 %, Mo ≤ 0,10 %, B ≤ 0,0005 %.

[g] Для бесшовных (SMLS) труб указанное значение может быть увеличено на 0,03 %, но должно быть не более 0,25 %.

[h] Cu ≤ 0,50 %, Ni ≤ 0,50 %, Cr ≤ 0,50 %, Mo ≤ 0,50 %, B ≤ 0,0005 %.

[i] Cu ≤ 0,50 %, Ni ≤ 0,60 %, Cr ≤ 0,55 %, Mo ≤ 0,80 %, B ≤ 0,0005 %.

Таблица J.2 — Требования к механическим свойствам труб при испытаниях на растяжение

Группа прочности	Тело бесшовных и сварных труб						Сварной шов труб HFW и SAW
	Предел текучести [a], $\sigma_{T0,5}$, МПа		Предел прочности [a], σ_B, МПа		Отношение [a, c] $\sigma_{T0,5}/\sigma_B$	Удлинение δ на длине 50 мм, %	Предел прочности [d] σ_B, МПа
	не менее	не более	не менее	не более	не более	не менее	не менее
L245NO или BNO L245QO или BQO L245MO или BMO	245	450 [e]	415	760	0,93	f	415
L290NO или X42NO L290QO или X42QO L290MO или X42MO	290	495	415	760	0,93	f	415

Окончание таблицы J.2

Группа прочности	Тело бесшовных и сварных труб						Сварной шов труб HFW и SAW
	Предел текучести [a], $\sigma_{T0,5}$, МПа		Предел прочности [a], σ_B, МПа		Отношение [a, c] $\sigma_{T0,5}/\sigma_B$	Удлинение δ на длине 50 мм, %	Предел прочности [d] σ_B, МПа
	не менее	не более	не менее	не более	не более	не менее	не менее
L320NO или X46NO L320QO или X46QO L320MO или X46MO	320	520	435	760	0,93	[f]	435
L360NO или X52NO L360QO или X52QO L360MO или X52MO	360	525	460	760	0,93	[f]	460
L390QO или X56QO L390MO или X56MO	390	540	490	760	0,93	[f]	490
L415QO или X60QO L415MO или X60MO	415	565	520	760	0,93	[f]	520
L450QO или X65QO L450MO или X65MO	450	570	535	760	0,93	[f]	535
L485QO или X70QO L485MO или X70MO	485	605	570	760	0,93	[f]	570
L555QO или X80QO L555MO или X80MO	555	675	625	825 [b]	0,93	[f]	625
L625QO или X90QO	625	745	695	895 [b]	0,97 [h]	[f]	—
L690QO или X100QO	690 [g]	810 [g]	760	960 [b]	0,97 [i]	[f]	—

[a] Для промежуточных групп прочности разность между заданными максимальным и минимальным пределом текучести должна быть равна разности для следующей более высокой группы прочности, а разность между заданным минимальным пределом прочности и заданным минимальным пределом текучести должна быть равна разности для следующей более высокой группы прочности, указанной в настоящей таблице. Предел прочности промежуточных групп прочности не выше L485 или X70 не должен превышать 760 МПа.

[b] Если согласовано, для группы прочности L555 или X80 может быть установлено более жесткое ограничение максимального предела прочности.

[c] Применимы для труб наружным диаметром $D > 323,9$ мм.

[d] Для промежуточных групп прочности заданный минимальный предел прочности сварного шва должен быть равен минимальному пределу прочности тела трубы с учетом сноски a).

[e] Предел текучести, определенный на образцах, вырезанных в продольном направлении не должен превышать 495 МПа.

[f] Установленное минимальное удлинение δ на длине 50 мм, %, должно быть рассчитано по следующей формуле с округлением до целого значения:

$$\delta = 1940 \frac{A_{XC}^{0,2}}{\sigma_{Bmin}^{0,9}}, \qquad (J.1)$$

где A_{XC} — площадь поперечного сечения образца для испытания на растяжение, а именно:

- для цилиндрических образцов диаметром: 130 мм^2 – 12,5 мм и 8,9 мм; и 65 мм^2 для образцов диаметром 6,4 мм;
- для образцов полного сечения: меньшее из следующих значений: a) 485 мм^2 или b) площади поперечного сечения образца, рассчитанной по наружному диаметру и толщине стенки трубы и округленной до ближайших 10 мм^2;
- для образцов в виде полосы: меньшее из следующих значений: a) 485 мм^2 или b) площади поперечного сечения образца, рассчитанной по заданной ширине образца и толщине стенки трубы и округленной до ближайших 10 мм^2;

σ_{Bmin} — установленный минимальный предел прочности в МПа.

[g] Для групп прочности выше L625QO или X90QO применяется $\sigma_{T0,2}$.

[h] Если согласовано для групп прочности L625QO или X90QO и L690QO или X100QO, могут быть установлены пониженные значения $\sigma_{T0,2}/\sigma_B$.

[i] Для групп прочности выше L625 или X90 применяется $\sigma_{T0,2}/\sigma_B$. Если согласовано, могут быть установлены пониженные значения $\sigma_{T0,2}/\sigma_B$.

J.4.2.2 Если требуется определение других механических свойств при температуре, отличающейся от комнатной, то критерии приемки для этих свойств должны быть согласованы.

J.4.3 Контроль твердости

При проведении контроля твердости по J.8.3.2 твердость тела трубы, сварного шва и зоны термического влияния не должна превышать:

a) 270 HV10 или 25 HRC — для групп прочности не выше L450 или X65;

b) 300 HV10 или 30 HRC — для групп прочности выше L450 или X65, но не выше L555 или X80;

c) 325 HV10 или 33 HRC — для групп прочности выше L555 или X80.

J.5 Состояние поверхности, несовершенства и дефекты

Поверхностные несовершенства, кроме подрезов на трубах SAW и прижогов на любых трубах, обнаруженные при визуальном контроле, должны быть исследованы, классифицированы и обработаны следующим образом:

a) несовершенства глубиной, не превышающей 0,05*t*, не уменьшающие минимальную допустимую толщину стенки, должны быть классифицированы как допустимые и должны быть обработаны в соответствии с С.1;

Примечание — Если на трубу впоследствии будет наноситься покрытие, то в заказе на поставку должны быть указаны специальные требования к поверхностным несовершенствам.

b) несовершенства глубиной, превышающей 0,05*t*, не уменьшающие минимальную допустимую толщину стенки, должны быть классифицированы как дефекты и обработаны в соответствии с С.2 или С.3;

c) несовершенства, уменьшающие минимальную допустимую толщину стенки, должны быть классифицированы как дефекты и обработаны в соответствии с С.3.

J.6 Предельные отклонения диаметра, толщины стенки, длины и прямолинейности

J.6.1 За исключением допустимого в С.2.3, диаметр и овальность труб должны быть в пределах отклонений, указанных в таблице J.3.

Таблица J.3 — Отклонения диаметра и овальность

В миллиметрах

Наружный диаметр *D*	Отклонения диаметра [d]				Овальность	
	труб, кроме концов [a]		концов труб [a, b, c]		труб, кроме концов [a]	концов труб [a, b, c]
	Бесшовные трубы (SMLS)	Сварные трубы	Бесшовные трубы (SMLS)	Сварные трубы		
До 60,3	± 0,5 или ± 0,0075*D*, что больше	± 0,5 или ± 0,0075*D*, что больше, но не более ± 3,2	± 0,5 или ± 0,005*D*, что больше, но не более ±1,6		0,9	0,6
От 60,3 до 610,0 включ.					0,015*D*	0,01*D*
Св. 610,0 до 1 422,0 включ.	± 0,01*D*	± 0,005*D*, но не более ± 4,0	± 2,0	± 1,6	0,01*D*, но не более 10, для *D*/*t* ≤ 75 и, если согласовано, для *D*/*t* > 75	0,0075*D*, но не более 8, для *D*/*t* ≤ 75 и, если согласовано, для *D*/*t* > 75
Св. 1 422,0	По согласованию					

[a] Конец трубы — это участок длиной 100 мм от каждого торца трубы.

[b] Для бесшовных труб предельные отклонения применимы для толщины стенки *t* ≤ 25,0 мм, предельные отклонения для труб с большей толщиной стенки должны быть согласованы.

[c] Для труб наружным диаметром *D* ≥ 219,1 мм предельные отклонения диаметра и овальность могут быть установлены по расчетному внутреннему диаметру (наружный диаметр минус двойная толщина стенки) или по измеренному внутреннему диаметру вместо наружного диаметра (10.2.8.3).

[d] Для определения соответствия предельным отклонениям диаметра диаметр трубы определяют как частное от деления длины окружности трубы в любой плоскости на число «пи».

J.6.2 Предельные отклонения толщины стенки не должны превышать указанные в таблице J.4.

Таблица J.4 — Отклонения толщины стенки

В миллиметрах

Толщина стенки t	Предельное отклонение [a]
Бесшовные (SMLS) трубы	
До 4,0	+ 0,6 – 0,5
От 4,0 до 10,0	+ 0,150t – 0,125t
От 10,0 до 25,0	+ 0,125t – 0,125t
От 25,0	+ 3,7 или + 0,1t, что больше [b] – 3,0 или – 0,1t, что больше [b]
Трубы HFW [c,d]	
До 6,0 включ.	±0,4
Св. 6,0 до 15,0 включ.	± 0,7
Св. 15,0	± 1,0
Трубы SAW [c, d]	
До 6,0 включ.	± 0,5
Св. 6,0 до 10,0 включ.	± 0,7
Св. 10,0 до 20,0 включ.	±1,0
Св. 20,0	+ 1,5 – 1,0

[a] Если в заказе на поставку указано меньшее минусовое отклонение толщины стенки, чем установленное в настоящей таблице, то плюсовое отклонение толщины стенки должно быть увеличено настолько, чтобы сохранить неизменным допустимое поле отклонений.

[b] Для труб наружным диаметром $D \geq 355,6$ мм и толщиной стенки $t \geq 25$ мм предельные отклонения не должны превышать ± 12,5 %.

[c] Плюсовое отклонение толщины стенки не применимо к зоне сварного соединения.

[d] Дополнительные ограничения приведены в 9.13.2 и J.7.2.

J.6.3 Если не согласовано иное, то средняя длина труб должна быть не менее 12,1 м. По требованию заказчика изготовитель труб должен подтвердить максимальную среднюю длину труб, поставляемых по каждой позиции заказа. Если не согласовано иное, фактическая длина каждой трубы (от торца до торца) должна быть в пределах от 11,70 м до 12,70 м. Если согласовано, могут быть поставлены короткие трубы, от которых были отобраны пробы для испытаний.

Примечание — Во время разработки настоящего стандарта минимальная средняя длина труб 12,1 м являлась оптимальной длиной для S-образной укладки трубопровода с борта судна, но она может быть изменена с течением времени. Минимальная средняя длина 12,1 м может оказаться не оптимальной для J-образной укладки глубоководных трубопроводов и поэтому может быть изменена в зависимости от применяемого способа укладки трубопровода. Заказчик должен согласовать интервал длин труб с изготовителем и проектировщиком трубопровода.

J.6.4 Допустимые отклонения от прямолинейности не должны превышать следующие значения:

a) отклонение от общей прямолинейности — 0,15 % длины трубы;

b) отклонения от концевой прямолинейности — 3,0 мм на длине 1000 мм от каждого торца.

J.7 Предельные отклонения для сварных швов

J.7.1 Радиальное смещение кромок рулонного или листового проката

Для труб HFW радиальное смещение кромок рулонного или листового проката (рисунок 4 *a*) не должно приводить к уменьшению толщины стенки в сварном шве менее допустимой.

Для труб SAW радиальное смещение кромок рулонного или листового проката (рисунок 4 *b*) с наружной и внутренней поверхностей не должно превышать значения, указанные в таблице J.5.

Таблица J.5 — Максимальное допустимое радиальное смещение кромок для труб SAW

В миллиметрах

Толщина стенки *t*	Допустимое радиальное смещение кромок [a], не более
До 13,0 включ.	1,3
Св. 13,0 до 20,0 включ.	0,1*t*
Св. 20,0	2,0
[a] Также применимо к стыковым сварным швам концов рулонного или листового проката.	

J.7.2 Высота остатка внутреннего грата на трубах HFW

Высота остатка внутреннего грата, выступающего над контуром трубы, не должна превышать 0,3 мм + 0,05 *t* .

J.8 Контроль

J.8.1 Приемочный контроль

Периодичность контроля должна соответствовать указанной в таблице 18, за исключением специальных изменений, указанных в таблице J.6.

Таблица J.6 — Периодичность контроля

№	Вид контроля	Тип труб	Периодичность контроля
1	Испытание на растяжение тела труб диаметром *D* < 508 мм	SMLS, HFW или SAW	Одно испытание от партии не более 100 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a]
2	Испытание на растяжение тела труб диаметром *D* ≥ 508 мм	SMLS, HFW или SAW	Одно испытание от партии не более 50 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a]
3	Испытание на растяжение продольного или спирального шва сварных труб диаметром 219,1 мм ≤ *D* < 508 мм	HFW или SAW	Одно испытание от партии не более 100 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a, b]
4	Испытание на растяжение продольного или спирального шва сварных труб диаметром *D* ≥ 508 мм	HFW или SAW	Одно испытание от партии не более 50 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a, b, c]
5	Испытание на растяжение стыкового сварного шва концов рулонного или листового проката на трубах SAW диаметром *D* ≥ 219,1 мм	SAWH	Одно испытание от партии не более 50 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a, b, d]
6	Испытание на ударный изгиб (CVN) тела труб диаметром 114,3 мм ≤ *D* < 508 мм и толщиной стенки, указанной в таблице 22	SMLS, HFW или SAW	Одно испытание от партии не более 100 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a]
7	Испытание на ударный изгиб (CVN) тела труб диаметром *D* ≥ 508 мм и толщиной стенки, указанной в таблице 22	SMLS, HFW или SAW	Одно испытание от партии не более 50 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a]
8	Испытание на ударный изгиб (CVN) продольного или спирального шва сварных труб диаметром 114,3 мм ≤ *D* < 508 мм и толщиной стенки, указанной в таблице 22	HFW или SAW	Одно испытание от партии не более 100 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a, b]
9	Испытание на ударный изгиб (CVN) продольного или спирального шва сварных труб диаметром *D* ≥ 508 мм и толщиной стенки, указанной в таблице 22	HFW или SAW	Одно испытание от партии не более 50 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a, b, c]
10	Испытание на ударный изгиб (CVN) стыкового сварного шва концов рулонного или листового проката на трубах диаметром *D* ≥ 114,3 мм и толщиной стенки, указанной в таблице 22	SAWH	Одно испытание от партии не более 50 труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a, b, d]

Окончание таблицы J.6

№	Вид контроля	Тип труб	Периодичность контроля
11	Если согласовано: контроль твердости тела трубы, продольного или спирального шва и зоны термического влияния сварных труб	HFW, SAW или SMLS	По согласованию
12	Диаметр и овальность труб диаметром $D \leq 168{,}3$ мм	SMLS, HFW или SAW	Одно испытание от партии не более 100 труб
13	Диаметр и овальность труб диаметром $D > 168{,}3$ мм	SMLS, HFW или SAW	Одно испытание от партии не более 20 труб
14	Неразрушающий контроль	SMLS, HFW или SAW	В соответствии с приложением K
15	Если согласовано, только для информации, испытание на раскрытие в вершине трещины (CTOD труб групп прочности L360 или X52 и выше)	SAW	Одно испытание, только при аттестации технологии производства труб

[a] Коэффициент холодного экспандирования, установленный изготовителем и расчитанный по наружному диаметру или длине окружности до и после экспандирования. Увеличение или уменьшение коэффициента холодного экспандирования более чем на 0,002 требует формирования новой контролируемой партии.

[b] Дополнительно, не менее одного раза в неделю должно быть проведено испытание для труб, изготовляемых на каждой сварочной установке.

[c] На трубах с двумя продольными швами должны быть испытаны оба шва трубы, представляющей контролируемую партию.

[d] Применимо только к готовым трубам со спиральным швом, имеющим стыковые сварные швы концов рулонного или листового проката.

J.8.2 Пробы и образцы для механических и технологических испытаний

J.8.2.1 Общие положения

J.8.2.1.1 Для испытаний на растяжение, ударный изгиб (CVN), направленный загиб, для контроля твердости, испытания валика сварного шва на плите, валика на трубе, испытания на раскрытие в вершине трещины (CTOD) пробы должны быть отобраны, а образцы подготовлены в соответствии с применимыми стандартами.

J.8.2.1.2 Пробы и образцы для различных типов испытаний должны быть отобраны от участков, указанных на рисунках 5 и 6 и в соответствии с таблицй J.7 с учетом дополнительных требований, приведенных в 10.2.3.2–10.2.3.7, 10.2.4, J.8.2.2 и J.8.2.3.

Таблица J.7 — Количество, ориентация и расположение образцов для механических испытаний

Тип труб	Расположение пробы	Вид испытания	Ориентация, расположение и количество образцов от пробы [a]		
			Наружный диаметр D, мм		
			до 219,1	от 219,1 до 508,0	от 508,0
Бесшовные (SMLS), неэкспандированные (рисунок 5 *a*)	Тело трубы	Растяжение	1L [b]	1L	1L
		Ударный изгиб (CVN)	3T	3T	3T
		Контроль твердости	1T	1T	1T
Бесшовные (SMLS), холодноэкспандированные (рисунок 5 *a*)	Тело трубы	Растяжение	1L [b]	1T [c]	1T [c]
		Ударный изгиб (CVN)	3T	3T	3T
		Контроль твердости	1T	1T	1T

Окончание таблицы J.7

Тип труб	Расположение пробы	Вид испытания	Ориентация, расположение и количество образцов от пробы [a]		
			Наружный диаметр *D*, мм		
			до 219,1	от 219,1 до 508,0	от 508,0
HFW (рисунок 5 *b*)	Тело трубы	Растяжение	1L90 [b]	1T180 [c,d]	1T180 [c,d]
		Ударный изгиб (CVN)	3T90	3T90	3T90
	Сварной шов	Растяжение	—	1W	1W
		Ударный изгиб (CVN)	3W	3W	3W
		Контроль твердости	1W	1W	1W
	Тело трубы и сварной шов	Сплющивание	Как показано на рисунке 6		
SAWL (рисунок 5 *b*)	Тело трубы	Растяжение	1L90 [b]	1T180 [c, d]	1T180 [c, d]
		Ударный изгиб (CVN)	3T90[b]	3T90	3T90
	Сварной шов	Растяжение	—	1W	1W [e]
		Ударный изгиб (CVN)	3W и 3HAZ	3W и 3HAZ	3W [e] и 3HAZ [e]
		Направленный загиб	2W	2W	2W [e]
		Контроль твердости	1W	1W	1W [e]
SAWH (рисунок 5 *c*)	Тело трубы	Растяжение	1L [b]	1T [c]	1T [c]
		Ударный изгиб (CVN)	3T	3T	3T
	Сварной шов	Растяжение	—	1W	1W
		Ударный изгиб (CVN)	3W и 3HAZ	3W и 3HAZ	3W и 3HAZ
		Направленный загиб	2W	2W	2W
		Контроль твердости	1W	1W	1W
	Стыковой сварной шов концов рулонного или листового проката	Растяжение	—	1WS	1WS
		Ударный изгиб (CVN)	3WS и 3HAZ	3WS и 3HAZ	3WS и 3HAZ
		Направленный загиб	2WS	2WS	2WS
		Контроль твердости	1WS	1WS	1WS

[a] Обозначения, применяемые для указания ориентации и расположения проб и образцов для испытаний — см. рисунок 5.

[b] По выбору изготовителя допускается применять продольные образцы полного сечения.

[c] Если согласовано, для определения предела текучести в поперечном направлении допускается применять кольцевые образцы для гидравлического испытания на раздачу, соответствующие ASTM A 370.

[d] Для глубоководных трубопроводов может быть указано проведение дополнительных испытаний, требования и периодичность которых должны быть согласованы.

[e] На трубах с двумя продольными швами должны быть испытаны оба шва трубы, представляющей партию.

J.8.2.2 Образцы для испытаний на раскрытие в вершине трещины (CTOD)

Образцы от сварного шва, зоны термического влияния и основного металла должны быть отобраны и подготовлены в соответствии с ISO 12135, ASTM E1290 или BS 7448-1.

J.8.2.3 Пробы для контроля твердости

Пробы для контроля твердости должны быть отобраны от одного из концов трубы, выбранной для испытаний, при контроле сварных труб продольный или спиральный шов должны быть расположены по середине пробы (рисунок J.1 *b*).

J.8.3 Методы испытаний

J.8.3.1 Испытание на раскрытие в вершине трещины (CTOD)

Испытание должно быть проведено в соответствии с ISO 12135, ASTM E 1290 или BS 7448-1. Температура испытания должна соответствовать указанной в заказе.

J.8.3.2 Контроль твердости

J.8.3.2.1 Контроль твердости основного металла труб должен быть проведен по методу Виккерса в соответствии с ISO 6507-1 или ASTM E 92 или по методу Роквелла по шкале HR 15N в соответствии с ISO 6508-1 или ASTM E 18. В спорных случаях контроль твердости должен быть проведен по методу Виккерса.

Контроль твердости сварного шва и зоны термического влияния должен быть проведен в соответствии с ISO 6507-1 или ASTM E 384.

При контроле твердости тела и основного металла труб отдельные значения, превышающие предельное значение, могут считаться допустимыми, если среднее значение твердости, полученное по минимум трем и максимум шести дополнительным отпечаткам, выполненным вблизи спорного отпечатка, не превышает установленное допустимое значение и если ни одно из отдельных значений не превышает допустимое значение более чем на 10 HV10 или 2 HRC, что применимо.

J.8.3.2.2 Участки контроля твердости бесшовных (SMLS) труб должны соответствовать указанным на рисунке J.1 *a* со следующими исключениями:

a) для труб толщиной стенки $t < 4{,}0$ мм контроль твердости должен быть проведен только посередине толщины стенки;

b) для труб толщиной стенки 4,0 мм $\leq t < 6{,}0$ мм контроль твердости должен быть проведен только вблизи наружной и внутренней поверхностей;

c) если согласовано, допускается получение трех отпечатков на каждом участке по всей толщине стенки, как показано на рисунке J.1 a.

J.8.3.2.3 Участки контроля твердости сварной трубы должны включать поперечное сечение сварного шва. Отпечатки должны быть выполнены на основном металле, видимой зоне термического влияния и по оси сварного шва, как показано на рисунке J.1 *b* или *c*, со следующими исключениями:

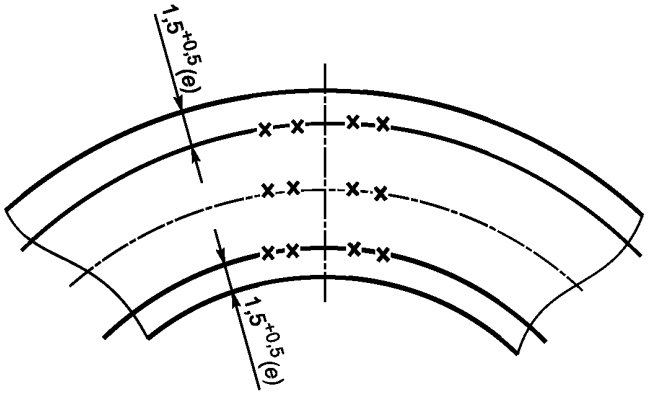
a) для труб толщиной стенки $t < 4{,}0$ мм контроль твердости должен быть проведен только посередине толщины стенки;

b) для труб толщиной стенки 4,0 мм $\leq t < 6{,}0$ мм контроль твердости должен быть проведен только вблизи наружной и внутренней поверхностей;

c) если согласовано, расстояние от линии сплавления до отпечатков в основном металле может быть меньше указанного на рисунке J.1 c при условии, что эти отпечатки остаются расположенными в основном металле.

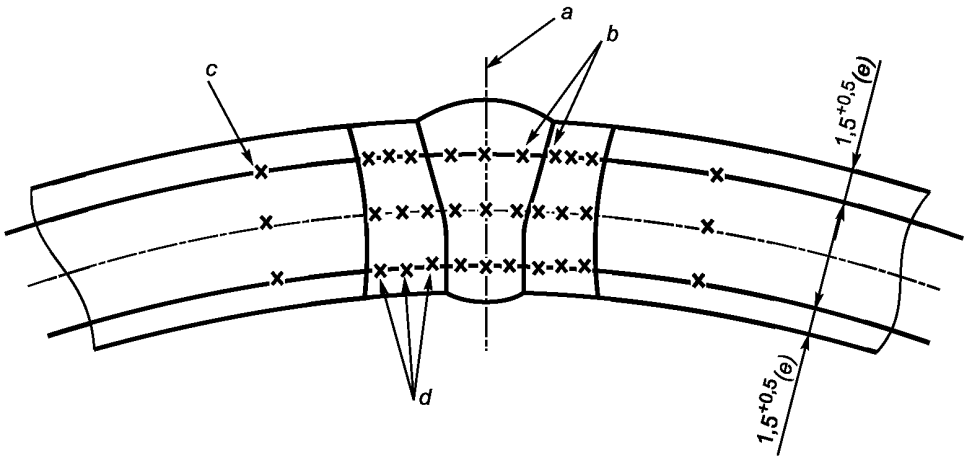
J.8.4 Неразрушающий контроль

Неразрушающий контроль труб должен быть проведен в соответствии с J.2 и приложением K.

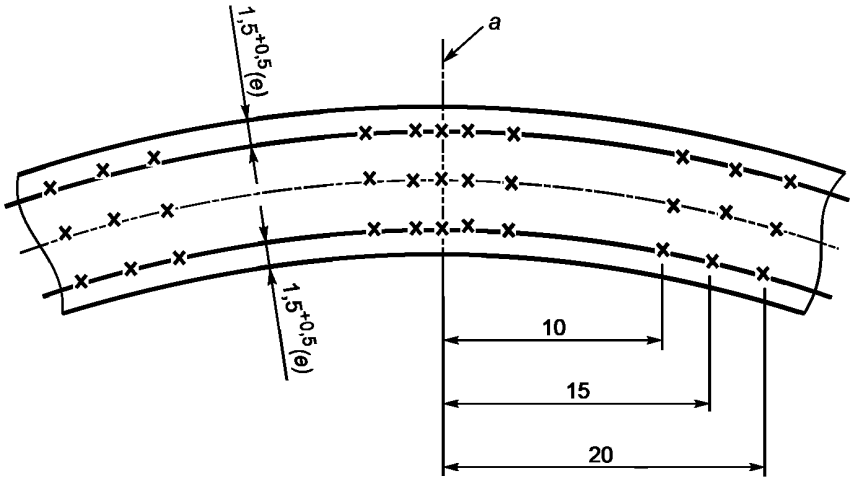


a — Бесшовные (SMLS) трубы

Рисунок J.1 — Участки контроля твердости



b — Трубы SAW



c — Трубы HFW

a — ось сварного шва; *b* — 0,75 мм от линии сплавления; *c* — 1*t* от линии сплавления;
d — с шагом 1,0 мм в пределах видимой зоны термического влияния; *e* — от наружной и внутренней поверхностей

Рисунок J.1, лист 2

J.9 Маркировка труб

В дополнение к требованиям по маркировке, укзанным в 11.2, маркировка трубы должна включать идентификационный номер, позволяющий соотнести изделие или партию поставки с соответствующим приемочным документом.

Маркировка, указывающая на соответствие настоящему стандарту, и буква «О», указывающая на то, что труба предназначена для эксплуатации в морских условиях, наносится на трубы уровня PSL-2, которые соответствуют требованиям настоящего стандарта и дополнительным требованиям приложения J.

Трубы, отвечающие требованиям приложений Н и J, маркируют обеими группами прочности, S и O (например, X52MS/X52MO или L360MS/L360MO).

Приложение К
(обязательное)

Неразрушающий контроль труб, предназначенных для эксплуатации в кислых средах и/или в морских условиях

К.1 Общие положения

Настоящее приложение распространяется на трубы, предназначенные для эксплуатации в кислых средах и/или в морских условиях (7.2, перечисление с), 55) и/или Н.2, перечисление m)). К таким трубам должны быть применимы требования приложения Е, за исключением специальных требований настоящего приложения.

К.2 Общие требования к неразрушающему контролю и критерии приемки

К.2.1 Расслоения на концах труб

К.2.1.1 Расслоения длиной более 6,4 мм по окружности и площадью более 100 мм^2 должны быть классифицированы как дефекты.

К.2.1.2 Для каждой трубы толщиной стенки $t \geq 5{,}0$ мм должен быть проведен автоматический или полуавтоматический ультразвуковой контроль в соответствии с ISO 10893-8 или ручной контроль согласно ISO 10893-8, приложение А на наличие расслоений на концевых участках шириной 50 мм.

К.2.1.3 Если согласовано, то для каждой трубы толщиной стенки $t \geq 5{,}0$ мм должен быть проведен автоматический или полуавтоматический ультразвуковой контроль в соответствии с ISO 10893-8 или ручной контроль согласно ИСО 10893-8, приложение А на наличие расслоений на концевых участках шириной 100 мм.

К.2.1.4 Если согласовано, должен быть проведен магнитопорошковый контроль торца и фаски каждой трубы на наличие расслоений в соответствии с ISO 10893-5 или ASTM E 709. Расслоения длиной более 6,4 мм по окружности должны быть классифицированы как дефекты.

К.2.2 Сомнительные трубы

К.2.2.1 Трубы, от которых при неразрушающем контроле получен сигнал, превышающий уровень приемки, должны считаться сомнительными.

К.2.2.2 По таким трубам должны быть приняты действия в соответствии с применяемым стандартом на неразрушающий контроль труб, если в настоящем приложении, приложении Н или приложении J, по применимости, не установлено иное.

К.2.2.3 Ремонт сваркой должен быть проведен в соответствии с С.4.

К.2.2.4 При выполнении зачистки полнота удаления дефектов должна быть подтверждена визуальным контролем или при необходимости подходящим методом неразрушающего контроля.

К.2.2.5 Любой метод ручного неразрушающего контроля, применяемый для проверки сомнительных участков (до или после зачистки), должен обладать такой же чувствительностью и иметь такие же параметры и уровень приемки (глубину искусственного дефекта), как и первоначально применимый метод контроля. При ручном ультразвуковом контроле скорость сканирования должна быть не более 150 мм/с.

К.3 Неразрушающий контроль бесшовных (SMLS) труб

К.3.1 Ультразвуковой контроль для выявления продольных несовершенств

Тело бесшовных труб должно быть подвергнуто ультразвуковому контролю в соответствии с ISO 10893-10 или ASTM E 213 для выявления продольных несовершенств. Критерии приемки для такого контроля должны соответствовать уровню приемки U2/C ISO 10893-10.

К.3.2 Расслоения по телу труб

К.3.2.1 На трубах, предназначенных для эксплуатации в кислых средах, отдельные расслоения или скопления расслоений, превышающие критерии приемки для кислых сред, указанные в таблице К.1, должны быть классифицированы как дефекты. Соответствие этим требованиям должно быть подтверждено при проведении ультразвукового контроля в соответствии с ISO 10893-8 (кроме 4.2), ASTM A 435 или ASTM A578/A578M. Охват автоматического контроля должен составлять не менее 20 % всей поверхности трубы.

К.3.2.2 На трубах, предназначенных для эксплуатации в морских условиях, отдельные расслоения или скопления расслоений, превышающие критерии приемки труб для морских условий, указанные в таблице К.1, должны быть классифицированы как дефекты. Если согласовано, соответствие таким требованиям должно быть подтверждено при проведении ультразвукового контроля в соответствии с ISO 10893-8 (кроме 4.2), ASTM A 435 или ASTM A578/ A578M. Охват автоматического контроля должен составлять не менее 20 % всей поверхности трубы.

Таблица К.1 — Критерии приемки для расслоений

Условия эксплуатации	Максимальный размер отдельного несовершенства		Минимальный размер несовершенства, принимаемого во внимание			Максимальная плотность расслоений [a]
	Площадь, мм^2	Длина, мм	Площадь, мм^2	Длина, мм	Ширина, мм	
Тело трубы (или тело рулонного и листового проката)						
Морские условия	1 000	Не установлена	300	35	8	10 (на 1,0 м^2) [b]
Кислые среды	500		150	15	8	10 (на 500 мм^2) [c]
Кислые среды, если согласовано	100		30	5	5	5 (на 500 мм^2) [c]
Кромки рулонного и листового проката или участки вблизи сварного шва [d]						
Морские условия или кислые среды	100	20	—	10	—	3 (на 1,0 м длины)

[a] Число несовершенств размером менее максимального и более минимального размера несовершенства.
[b] На 1,0 м^2 для труб диаметром D < 323,9 мм и рулонного и листового проката шириной менее 1000 мм.
[c] На 0,25 м^2 для труб диаметром D < 168,3 мм и рулонного и листового проката шириной менее 500 мм.
[d] Максимальная площадь несовершенств вблизи кромок представляет собой максимальную длину несовершенств, измеренную в направлении, параллельном кромке изделия, и в поперечном направлении. Несовершенство считают недопустимым, если его длина и в продольном, и в поперечном направлении превышает максимальный размер несовершенства.

Примечания

1 Несовершенство считается превышающим минимальный размер, если все его размеры — площадь, длина и ширина — превышают указанные для тела трубы (тела листового или рулонного проката).

2 При оценке размера несовершенства соседние несовершенства, расстояние между которыми менее наименьшей из двух меньших осей несовершенств, должны считаться одним несовершенством.

К.3.3 Ультразвуковой контроль толщины стенки

Бесшовные (SMLS) трубы по всей окружности должны быть подвергнуты ультразвуковому контролю в соответствии с ISO 10893-12 или ASTM E 114 для проверки соответствия требованиям к минимальной допустимой толщине стенки. Охват такого контроля должен составлять не менее 25 % всей поверхности трубы или, если согласовано, не менее большей величины.

К.3.4 Дополнительный неразрушающий контроль бесшовных (SMLS) труб

К.3.4.1 Если согласовано, бесшовные (SMLS) трубы должны быть подвергнуты ультразвуковому контролю для выявления поперечных несовершенств в соответствии с уровнем приемки U2/C ISO 10893-10 или ASTM E 213.

К.3.4.2 Если согласовано, бесшовные (SMLS) трубы по всей окружности должны быть подвергнуты контролю методом рассеяния магнитного потока в соответствии с уровнем приемки F2 ISO 10893-3 или ASTM E 570 для выявления продольных несовершенств и/или с уровнем приемки F2 ISO 10893-3 или ASTM E 570 для выявления поперечных несовершенств.

К.3.4.3 Если согласовано, бесшовные (SMLS) трубы по всей окружности должны быть подвергнуты вихретоковому контролю для выявления несовершенств в соответствии с уровнем приемки E2H/E2 ISO 10893-2 или ASTM E 309.

К.3.4.4 Если согласовано, для бесшовных (SMLS) труб после проведения всех видов неразрушающего и визуального контроля должен быть проведен магнитопорошковый контроль в соответствии с ISO 10893-5 или ASTM E 709 по всей окружности одной трубы от плавки или партии, состоящей из 50 труб, что меньше, для подтверждения соответствия требованиям, указанным в 9.10. Такие трубы должны быть выбраны для контроля случайным образом и перед контролем подвергнуты абразивной обработке для получения наружной поверхности, соответствующей уровню $S_a 2\frac{1}{2}$ ISO 8501-1.

К.4 Неразрушающий контроль труб HFW

К.4.1 Неразрушающий контроль сварного шва

Сварной шов труб по всей длине для выявления продольных несовершенств должен быть подвергнут ультразвуковому контролю с критериями приемки, соответствующими одному из следующих критериев:

a) уровню приемки U2/U2H ISO 10893-11;

b) уровню приемки U3 ISO 10893-10 или, если согласовано, уровню приемки U2;

c) ASTM E 273.

К.4.2 Расслоения по телу трубы

Если согласовано, тело трубы, рулонный или листовой прокат должны подвергаться ультразвуковому контролю для выявления расслоений в соответствии с ISO 10893-8 (кроме 4.2) или ISO 10893-9 соответственно, с критериями приемки, указанными в таблице К.1 для соответствующих условий применения. Охват автоматического контроля должен составлять не менее 20 % поверхности трубы.

К.4.3 Расслоения по кромкам рулонного или листового проката или участков вблизи сварного шва

Если согласовано, кромки рулонного или листового проката и участки вблизи сварного шва должны быть подвергнуты ультразвуковому контролю на ширине 15 мм для выявления расслоений в соответствии с ISO 10893-9 или ISO 10893-8 с критериями приемки, указанными в таблице К.1 для кромок рулонного или листового проката и участков вблизи сварного шва.

К.4.4 Дополнительный неразрушающий контроль

Если согласовано, тело трубы HFW должно быть подвергнуто контролю для выявления продольных несовершенств ультразвуковым методом в соответствии с ISO 10893-10 или ASTM E 213 или методом рассеяния магнитного потока в соответствии с уровнем приемки F3 ISO 10893-3:2011 или, если согласовано, F2 ASTM E 570.

К.5 Неразрушающий контроль труб SAW

К.5.1 Ультразвуковой контроль сварного шва для выявления продольных и поперечных несовершенств

К.5.1.1 Сварные швы труб SAW по всей длине должны быть подвергнуты ультразвуковому контролю для выявления продольных и поперечных несовершенств в соответствии с уровнем приемки U2 ISO 10893-11 с учетом следующих изменений:

a) глубина надреза должна быть не более 2,0 мм;

b) не допускается применение для настройки оборудования внутренних и наружных продольных надрезов с расположением надреза по оси сварного шва;

c) в качестве альтернативы вместо применения отверстия для настройки оборудования на выявление поперечных несовершенств допускается применение внутренних и наружных надрезов с расположением надреза по оси и перпендикулярно к оси сварного шва с уровнем приемки U2. В этом случае внутреннее и наружное усиление сварного шва непосредственно на и по обе стороны от надреза должно быть зачищено вровень с поверхностью с плавным переходом к контуру трубы. Для получения четких и отдельно различимых показаний при ультразвуковом контроле надрезы должны быть достаточно удалены друг от друга в продольном направлении и от оставшегося усиления сварного шва. Пороговый уровень сигнала оборудования настраивают по полной амплитуде сигнала от каждого надреза.

В качестве альтернативы вместо применения для настройки оборудования надрезов с уровнем приемки U2 допускается, если согласовано, применение внутренних и наружных надрезов определенной глубины и повышение уровня чувствительности электронных преобразователей (в децибелах). В этом случае (известном как метод двойной лямбды) глубина надрезов должна быть равна двойной длине волны на применяемой ультразвуковой частоте. Длину волны λ, м, рассчитывают по следующей формуле:

$$\lambda = \frac{V_t}{f}, \qquad (К.1)$$

где V_t — скорость поперечных ультразвуковых колебаний, м/с;

f — частота, Гц (цикл/с).

Пример — При частоте 4 МГц длина волны составляет 0,8 мм и глубина надреза должна составлять 1,6 мм.

Требуемое повышение чувствительности контроля должно учитывать толщину стенки трубы, и изготовитель должен продемонстрировать заказчику, что достигаемая чувствительность контроля эквивалентна чувствительности при применении надрезов с уровнем приемки U2;

d) при повторном контроле сомнительных участков изготовителем могут применяться положения, приведенные в К.5.3.

К.5.1.2 Стыковой сварной шов концов рулонного или листового проката на трубах SAWH должен быть подвергнут по всей длине ультразвуковому контролю при той же чувствительности и параметрах контроля, что и при контроле спирального шва в соответствии с К.5.1.1.

Кроме того, Т-образное пересечение стыкового сварного шва концов рулонного или листового проката и спирального шва должно быть подвергнуто рентгенографическому контролю в соответствии с Е.4.

К.5.1.3 Сварной шов стыкованных труб должен быть подвергнут по всей длине ультразвуковому контролю при той же чувствительности и параметрах контроля, что и при контроле продольного или спирального швов в соответствии с К.5.1.1.

Кроме того, Т-образное пересечение стыкового сварного шва и продольного шва труб SAWL или со спиральным швом труб SAWH должно быть подвергнуто рентгенографическому контролю в соответствии с Е.4.

К.5.2 Расслоения по телу трубы и кромкам рулонного или листового проката

К.5.2.1 Тело трубы или рулонный или листовой прокат для выявления расслоений должны быть подвергнуты ультразвуковому контролю в соответствии с ISO 10893-9 и критерием приемки, указанным в таблице К.1 для соответствующих условий эксплуатации, с охватом контроля не менее 20 % поверхности.

Такой контроль может быть проведен предприятием, изготовляющим рулонный или листовой прокат, или предприятием, изготовляющим трубы.

К.5.2.2 Кромки рулонного или листового проката, включая кромки концов рулонного или листового проката на спиральношовных трубах, должны быть подвергнуты ультразвуковому контролю для выявления расслоений на ширине 15 мм в соответствии с ISO 10893-9 и критериями приемки, указанными в таблице К.1 для кромок рулонного или листового проката и участков вблизи сварного шва.

К.5.3 Неразрушающий контроль сварных швов на концах труб и участков ремонта

Участок сварного шва на концах труб, не охватываемый автоматическим ультразвуковым контролем, и участки ремонта сварных швов (С.4) должны быть подвергнуты следующему контролю:

a) для выявления продольных несовершенств — ручному или полуавтоматическому ультразвуковому контролю с той же чувствительностью и параметрами, которые установлены в К.5.1.1, или, если согласовано, рентгенографическому контролю в соответствии с Е.4;

b) для выявления поперечных несовершенств — ручному или полуавтоматическому ультразвуковому контролю с той же чувствительностью и параметрами, которые установлены в К.5.1.1, или рентгенографическому контролю в соответствии с Е.4.

Скорость сканирования при ручном ультразвуковом контроле не должна превышать 150 мм/с.

К.5.4 Дополнительный неразрушающий контроль

Если согласовано, внутренняя и наружная поверхности сварного шва на расстоянии не менее 50 мм от торцов трубы должны быть подвергнуты магнитопорошковому контролю в соответствии с ISO 10893-5 или ASTM E 709. Несовершенства длиной, превышающей 3,0 мм, должны быть исследованы и обработаны в соответствии с С.2.

Приложение L
(справочное)

Обозначение сталей

В таблице L.1 приведены обозначения сталей (номера сталей), применяемые в Европе наряду с обозначениями групп прочности труб.

Таблица L.1 — Перечень соответствующих дополнительных обозначений (номеров) стали, применяемых в Европе

Группа прочности по настоящему стандарту	Номер стали по EN 10027-2 [22]
Группа прочности труб уровня PSL-1 по таблице 4 [a]	
L175	1.8700
L175P	1.8707
L210	1.8713
L245	1.8723
L290	1.8728
L320	1.8729
L360	1.8730
L390	1.8724
L415	1.8725
L450	1.8726
L485	1.8727
Группа прочности труб уровня PSL-2 по таблице 5 [a]	
L245R	1.8788
L290R	1.8789
L245N	1.8790
L290N	1.8791
L320N	1.8792
L360N	1.8793
L390N	1.8970
L415N	1.8736
L245Q	1.8737
L290Q	1.8738
L320Q	1.8739
L360Q	1.8741
L390Q	1.8740
L415Q	1.8742
L450Q	1.8743
L485Q	1.8744
L555Q	1.8745
L245M	1.8746
L290M	1.8747
L320M	1.8748
L360M	1.8749
L390M	1.8971
L415M	1.8752
L450M	1.8754
L485M	1.8756
L555M	1.8758
L625M	1.8753
L690M	1.8979
L830M	1.8755
Группа прочности труб уровня PSL-2 для кислых сред по таблице H.1 (приложение H) [a]	
L245NS	1.1020
L290NS	1.1021
L320NS	1.1022
L360NS	1.8757

Окончание таблицы L.1

Группа прочности по настоящему стандарту	Номер стали по EN 10027-2 [22]
L245QS	1.1025
L290QS	1.1026
L320QS	1.1027
L360QS	1.8759
L390QS	1.8760
L415QS	1.8761
L450QS	1.8762
L485QS	1.8763
L245MS	1.1030
L290MS	1.1031
L320MS	1.1032
L360MS	1.1033
L390MS	1.1034
L415MS	1.8766
L450MS	1.8767
L485MS	1.8768
Группа прочности труб уровня PSL-2 для морских условий по таблице J.1 (приложение J) [a]	
L245NO	1.1040
L290NO	1.1041
L320NO	1.1042
L360NO	1.8778
L245QO	1.1045
L290QO	1.1046
L320QO	1.1047
L360QO	1.8771
L390QO	1.8772
L415QO	1.8773
L450QO	1.8774
L485QO	1.8775
L555QO	1.8776
L245MO	1.1050
L290MO	1.1051
L320MO	1.1052
L360MO	1.8781
L390MO	1.8782
L415MO	1.8783
L450MO	1.8784
L485MO	1.8785
L555MO	1.8786
L625QO	1.8777
L690QO	1.8779
Группа прочности труб по таблице M.1 (приложение M) [a]	
L245NE	1.0457
L290NE	1.0484
L360NE	1.0582
L415NE	1.8972
L360QE	1.8948
L415QE	1.8947
L450QE	1.8952
L485QE	1.8955
L555QE	1.8957
L245ME	1.0418
L290ME	1.0429
L360ME	1.0578
L415ME	1.8973
L450ME	1.8975
L485ME	1.8977
L555ME	1.8978
[a] Номера таблиц — только для настоящего стандарта.	

Приложение М
(обязательное)

Трубы уровня PSL-2, предназначенные для европейских сухопутных магистральных газопроводов

М.1 Общие положения

Настоящее приложение устанавливает дополнительные требования к трубам уровня PSL-2, предназначенным для европейских сухопутных магистральных газопроводов.

М.2 Дополнительная информация, предоставляемая заказчиком

В дополнение к указанному в 7.1 перечисления a) — g) и в 7.2 перечисления a) — c) в заказе на поставку должно быть указано, какое из следующих положений применимо к конкретной позиции заказа:

a) положения, которые должны быть согласованы в обязательном порядке, если применимы:

1) химический состав для труб толщиной стенки $t > 25{,}0$ мм (М.4.1.2);

2) механические свойства при испытании на растяжение труб толщиной стенки $t > 25{,}0$ мм (М.4.2.1);

3) минимальная средняя работа удара (М.4.4.1);

4) предельные отклонения диаметра и овальность концов бесшовных труб толщиной $t > 25{,}0$ мм (таблица М.3, сноска b);

5) предельные отклонения диаметра и овальность для труб наружным диаметром $D > 1422$ мм (таблица М.3);

6) вид документа о приемочном контроле (М.7.1.1);

7) предприятие, выдающее документ о приемочном контроле (М.7.1.1);

b) положения, которые действуют в приведенной формулировке, если не согласовано иное:

1) способ выплавки и разливки стали для производства рулонного или листового проката, используемых для изготовления сварных труб (М.3.3.2.1);

2) предельное значение углеродного эквивалента для труб группы прочности L555QE или X80QE (таблица М.1, сноска i);

3) предельные отклонения на наружный диаметр для труб наружным диаметром $D \geq 610$ мм (таблица М.3, сноска d);

4) последовательность неразрушающего контроля сварного шва труб HFW наружным диаметром $D < 219{,}1$ мм (М.7.5.3);

5) последовательность неразрушающего контроля бесшовных труб по всему телу (М.7.5.3);

c) положения, которые применимы, если согласованы:

1) утверждение системы качества (М.3.1);

2) аттестация технологии производства труб (М.3.1 и приложение В);

3) другой способ выплавки и разливки стали (М.3.2);

4) поставка спиральношовных труб со стыковыми сварными швами концов рулонного или листового проката (М.3.3.2.3);

5) предельные значения химического состава (таблица М.1, сноски a, f, h и i);

6) предельное значение углеродного эквивалента для труб групп прочности L415NE или X60NE и L555QE или X80QE (таблица М.1);

7) температура испытания на ударный изгиб тела труб на образцах с *V*-образным надрезом (М.4.4.1);

8) температура испытания на ударный изгиб сварного шва и зоны термического влияния на образцах с *V*-образным надрезом (М.4.4.2);

9) измерение внутреннего диаметра для определения диаметра и овальности труб наружным диаметром $D \geq 219{,}1$ мм [таблица М.3, сноска c)];

10) испытание падающим грузом (DWT) тела трубы (М.7.2 и таблица М.7);

11) контроль твердости (М.7.2 и таблица М.7);

12) ориентация образца для испытания на растяжение (таблица 8, сноска c);

13) ультразвуковой контроль тела трубы и концов трубы на расслоения (таблица М.10, № 2, 5, 6, 8, 9);

14) электромагнитный контроль рассеянием магнитного потока продольных несовершенств бесшовных труб (таблица М.10);

15) электромагнитный контроль рассеянием магнитного потока или вихретоковый контроль продольных несовершенств труб HFW (таблица М.10);

16) альтернативный уровень приемки ультразвукового контроля (U2) или контроля методом рассеянного излучения (F2) продольных несовершенств (таблица М.10);

17) применение для настройки оборудования надрезов определенной глубины [(К.5.1.1, перечисление c)];

18) рентгенографический контроль концов труб (неконтролируемых концов труб) и участков ремонта продольных несовершенств [(таблица М.10 и К.5.3 перечисление а)];

19) применение пластинчатого эталона чувствительности изображения вместо проволочного эталона чувствительности ИСО (М.7.5.6.2);

20) применение цифрового рентгенографического контроля (М.7.5.6.3).

М.3 Производство

М.3.1 Технология производства

Изготовитель труб и заготовитель (фирма с запасом готовой продукции), если продукция поставляется через заготовителя, должны работать при функционирующей системе качества. Система качества должна быть одобрена заказчиком, если согласовано.

Примечание — Термин «заготовитель» эквивалентен и взаимозаменяем с термином «дистрибьютор».

Если согласовано, технология производства должна быть аттестована в соответствии с приложением В.

М.3.2 Производство стали

Сталь должна быть раскислена и получена кислородно-конвертерным или электросталеплавильным процессом. Технология производства стали должна обеспечивать получение мелкого зерна.

Если согласовано, могут применяться другие технологии производства стали.

М.3.3 Производство труб

М.3.3.1 Бесшовные трубы

Бесшовные трубы должны быть изготовлены из непрерывнолитой заготовки или слитков стали. Если применима окончательная холодная обработка, после которой следует нормализация (N) или закалка и отпуск (Q), то это должно быть указано в документе о приемочном контроле труб. Состояние поставки (R) (таблица 3) не допускается.

М.3.3.2 Сварные трубы

М.3.3.2.1 Если не согласовано иное, то рулонный и листовой прокат для изготовления сварных труб должны быть прокатаны из непрерывнолитых заготовок или слябов. Трубы должны быть типов SAWH, SAWL, COWH, COWL или HFW только в состоянии поставки N или M (таблица 3).

Для производства труб HFW из горячекатаного рулонного проката не допускается применение следующей технологии: «холодное формообразование с последующим термомеханическим формообразованием трубы» (таблица 3).

М.3.3.2.2 Для труб HFW стыкуемые кромки рулонного или листового проката перед сваркой должны быть обрезаны, обработаны фрезерованием или другим механическим способом, загрязнения и повреждения кромок не допускаются.

М.3.3.2.3 Если согласовано, трубы со спиральным швом могут быть поставлены со стыковыми сварными швами концов рулонного проката при условии, что стыковые сварные швы концов рулонного проката расположены на расстоянии не менее 300 мм от торцев трубы и подвергнуты неразрушающему контролю согласно М.7.5, которому подвергают кромки рулонного проката и основные сварные швы.

М.4 Критерии приемки

М.4.1 Химический состав

М.4.1.1 Для труб толщиной стенки $t \leq 25{,}0$ мм химический состав стандартных групп прочности указан в таблице М.1. Промежуточные группы прочности не допускаются. Обозначение труб должно соответствовать указанному в таблице М.1 и представлять собой сочетание букв и цифр, идентифицирующее группу прочности, за которым следуют буквы N, Q или M, указывающие на состояние поставки, и буква E, указывающая, что труба изготовлена в соответствии с требованиями данного приложения.

М.4.1.2 Для труб толщиной стенки $t > 25{,}0$ мм, но не более 40 мм химический состав должен быть согласован, с уточнением требований, указанных в таблице М.1.

Таблица М.1 — Химический состав труб толщиной стенки $t \leq 25{,}0$ мм

Группа прочности труб	Массовая доля элементов по анализу плавки и изделия [a], %, не более									Углеродный эквивалент [c], %, не более	
	C[b]	Si	Mn[b]	P	S	V	Nb	Ti	Прочие	CE_{IIW}	$CE_{P_{cm}}$
Бесшовные и сварные трубы											
L245NE или BNE	0,18	0,40	1,20	0,025	0,015	—	—	—	[d]	0,42	0,25
L290NE или X42NE	0,19	0,40	1,20	0,025	0,015	0,06	0,05	0,04	[d]	0,42	0,25
L360NE или X52NE	0,22	0,45	1,40	0,025	0,015	0,10	0,05	0,04	[d,e]	0,43	0,25

Окончание таблицы М.1

Группа прочности труб	Массовая доля элементов по анализу плавки и изделия [a], %, не более									Углеродный эквивалент [c], %, не более	
	C[b]	Si	Mn[b]	P	S	V	Nb	Ti	Прочие	CE_{IIW}	$CE_{P_{cm}}$
L415NE или X60NE	0,23	0,45[i]	1,40[i]	0,025	0,015	0,10[i]	0,05[i]	0,04[i]	d,e,f	по согласованию	
Бесшовные трубы											
L360QE или X52QE	0,18	0,45	1,50	0,025	0,015	0,05	0,05	0,04	d	0,42	0,25
L415QE или X60QE	0,18	0,45	1,70	0,025	0,015	0,09	0,06	0,05	d,e,f	0,43	0,25
L450QE или X65QE	0,18	0,45	1,70	0,025	0,015	0,10	0,06	0,07	d,e,f	0,43	0,25
L485QE или X70QE	0,18	0,45	1,80	0,025	0,015	0,11	0,06	0,07	d,e,f	0,43	0,25
L555QE или X80QE	0,18	0,45	1,90	0,025	0,015	0,11	0,07	0,07	e,g	по согласованию	
Сварные трубы											
L245ME или BME	0,18	0,45	1,20	0,025	0,015	0,05	0,05	—	d	0,40	0,25
L290ME или X42ME	0,18	0,45	1,30	0,025	0,015	0,05	0,05	—	d	0,40	0,25
L360ME или X52IVIE	0,18	0,45	1,40	0,025	0,015	0,06	0,06	0,05	d	0,41	0,25
L415ME или X60ME	0,12[i]	0,45	1,60	0,025	0,015	0,09	0,06	0,07	d,e,f,h	0,42	0,25
L450ME или X65ME	0,12[i]	0,45	1,60	0,025	0,015	0,09	0,06	0,07	d,e,f,h	0,43	0,25
L485ME или X70ME	0,12[i]	0,45	1,70	0,025	0,015	0,11	0,07	0,07	d,e,f,h	0,43	0,25
L555ME или X80ME	0,12[i]	0,45	1,80	0,025	0,015	0,11	0,07	0,07	d,e,f,h	0,43[i]	0,25[i]

[a] Элементы, не указанные в данной таблице, не должны добавляться преднамеренно без разрешения заказчика, за исключением элементов, которые могут быть добавлены для раскисления и доводки плавки.

[b] Для каждого уменьшения массовой доли углерода на 0,01 % ниже установленной максимальной массовой доли допускается увеличение массовой доли марганца на 0,05 % по сравнению с установленной максимальной массовой долей, но не более чем до 0,20 %.

[c] По анализу изделия (9.2.4 и 9.2.5).

[d] 0,015 % ≤ Al ≤ 0,060 %, N ≤ 0,012%, Al/N ≥ 2:1; Cu ≤ 0,25 %; Ni ≤ 0,30 %; Cr ≤ 0,30 %; Mo ≤ 0,10 %.

[e] Nb + V + Ti ≤ 0,15 %.

[f] Если согласовано Mo ≤ 0,35 %.

[g] 0,015 % ≤ Al ≤ 0,060 %, N ≤ 0,012 %, Al/N ≥ 2:1; Cu ≤ 0,25 %; Ni ≤ 0,60 %; Cr ≤ 0,50 %; Mo ≤ 0,50 %.

[h] Если согласовано, для труб толщиной стенки t ≥ 16 мм, Cu ≤ 0,50 %; Ni ≤ 0,50 %; Nb + V + Ti ≤ 0,15 %, отдельные значения V, Nb и Ti не устанавливаются.

[i] Если не согласовано иное.

М.4.2 Механические свойства при растяжении

М.4.2.1 Механические свойства труб при испытании на растяжение должны соответствовать требованиям, указанным в таблице М.2. Для труб толщиной стенки t > 25,0 мм, но не более 40 мм свойства при растяжении устанавливают по согласованию, при этом требования, приведенные в таблице М.2 подвергаются необходимой корректировке.

М.4.3 Гидростатическое испытание

Труба должна выдерживать гидростатическое испытание без утечек через сварной шов или тело трубы или видимой деформации.

М.4.4 Испытание на ударный изгиб образцов с V-образным надрезом (CVN)

М.4.4.1 Испытания тела трубы

Минимальное среднее значение работы удара (для комплекта из трех образцов) тела трубы должно соответствовать требованиям таблиц G.1 или G.2, согласно заказу. Отдельные значения работы удара должны составлять не менее 75 % от заданного минимального среднего значения. Температура испытания должна быть 0 °С или, если согласовано, более низкая.

Таблица М.2 — Требования к результатам испытаний на растяжение

Группа прочности труб	Тело бесшовных и сварных труб						Сварной шов труб HFW, SAW и COW
	Предел текучести $\sigma_{T0,5}$, МПа		Предел прочности σ_B, МПа		Отношение $\sigma_{T0,5}/\sigma_B$	Удлинение[a] δ, %	Предел прочности σ_B, МПа
	не менее	не более	не менее	не более	не более	не менее	не менее
L245NE или BNE	245	440	415	760	0,80	22	415
L245ME или BME	245	440	415	760	0,85	22	415
L290NE или X42NE L290ME или X42ME	290	440	415	760	0,85	21	415
L360NE или X52NE L360ME или X52ME	360	510	460	760	0,85	20	460
L360QE или X52QE	360	510	460	760	0,88	20	460
L415NE или X60NE L415ME или X60ME	415	565	520	760	0,85	18	520
L415QE или X60QE	415	565	520	760	0,88	18	520
L450QE или X65QE	450	570	535	760	0,90	18	535
L450ME или X65ME	450	570	535	760	0,87	18	535
L485QE или X70QE L485ME или X70ME	485	605	570	760	0,90	18	570
L555QE или X80QE L555ME или X80ME	555	675	625	825	0,90	18	625

[a] Значения относятся к поперечным образцам, отобранным от тела трубы. При испытании продольных образцов (таблица 20) значения удлинения должны быть на 2 единицы больше.

Если невозможно изготовить поперечные образцы (М.7.3.3), то испытывают продольные образцы. Минимальное значение работы удара для продольных образцов должно быть на 50 % выше заданного значения работы удара для поперечных образцов.

М.4.4.2 Сварной шов и зона термического влияния

Среднее значение работы удара (для комплекта из трех образцов) сварного шва и зоны термического влияния при испытании образцов полного размера при температуре 0 °С или, если согласовано, при более низкой температуре должно быть не менее 40 Дж.

М.5 Предельные отклонения диаметра, толщины стенки и неперпендикулярности торцов труб

М.5.1 За исключением допустимого в С.2.3, предельные отклонения диаметра и овальность труб не должны превышать указанные в таблицах 10 и М.3.

М.5.2 Предельные отклонения толщины стенки труб не должны превышать указанные в таблице М.4.

М.5.3 Неперпендикулярность торцов труб, измеренная, как показано на рисунке 3, не должна превышать:

a) 1,0 мм для наружных диаметров $D \leq 219,1$ мм;

b) 0,005 D, но не более 1,6 мм для наружных диаметров $D > 219,1$ мм.

Таблица М.3 — Предельные отклонения диаметра и овальность

В миллиметрах

Наружный диаметр, D	Предельное отклонение диаметра [a]				Овальность [a, e]	
	труб, кроме концов		концов трубы		труб, кроме концов	концов трубы [b, c]
	бесшовные трубы	сварные трубы	бесшовные трубы [b]	сварные трубы		
До 60,3	± 0,5 или ± 0,0075D, что больше	± 0,5 или ± 0,0075D, что больше, но не более ± 3,0	± 0,5 или ± 0,005D [c], что больше, но не более ± 1,6		в пределах отклонений диаметра	
От 60,3 до 610 включ.					0,02 D	0,015 D

Окончание таблицы М.3

Наружный диаметр, *D*	Предельное отклонение диаметра [a]				Овальность [a, e]	
	труб, кроме концов		концов трубы		труб, кроме концов	концов трубы [b, c]
	бесшовные трубы	сварные трубы	бесшовные трубы [b]	сварные трубы		
Св. 610 до 1 422 включ.	± 0,01 *D*	± 0,005 *D*, но не более ± 4,0	± 2,0 [d]	± 1,6 [d]	0,015 *D*, но не более 15 при *D*/*t* ≤ 75; 0,02 *D* при *D*/*t* > 75	0,01 *D*, но не более 13 при *D*/*t* ≤ 75; 0,015 *D* при *D*/*t* > 75
Св. 1 422	по согласованию[d]					

[a] Конец трубы — участок длиной 100 мм от каждого торца трубы.

[b] Для бесшовных труб предельные отклонения применимы для толщины стенки *t* ≤ 25,0 мм, предельные отклонения для труб с большей толщиной стенки должны быть согласованы.

[c] Если согласовано, предельное отклонение может быть применено к внутреннему диаметру при наружном диаметре трубы *D* ≥ 219,1 мм.

[d] Если не согласовано иное, то предельное отклонение относится к внутреннему диаметру.

[e] Если предельное отклонение диаметра относится к внутреннему диаметру, то овальность определяют по внутреннему диаметру вместо наружного.

Таблица М.4 — Предельные отклонения толщины стенки

В миллиметрах

Толщина стенки *t*	Отклонения [a]
Бесшовные трубы [b]	
До 4,0 включ.	+ 0,6 – 0,5
Св. 4,0 до 25,0	+ 0,150 *t* — 0,125 *t*
От 25,0	+ 3,7 или + 0,1 *t* (что больше) – 3,0 или – 0,1 *t* (что больше)
Сварные трубы [c, d]	
До 5,0 включ.	± 0,5
Св. 5,0 до 10,0 включ.	± 0,1 *t*
Св. 10,0 до 15,0	+ 0,1 *t* – 0,05 *t*
От 15,0 до 20,0	+ 1,5 – 0,05 *t*
От 20,0	+ 1,5 – 1,0

[a] Если в заказе на поставку минусовое предельное отклонение толщины стенки менее установленного в настоящей таблице, то плюсовое предельное отклонение должно быть увеличено настолько, чтобы сохранить неизменным поле допуска.

[b] Для труб наружным диаметром *D* ≥ 355,6 мм и толщиной стенки *t* ≥ 25 мм допускается локальное превышение предельных отклонений толщины стенки сверх установленного плюсового предельного отклонения толщины стенки на 0,05 *t* при условии, что не будет превышено плюсовое предельное отклонение массы (9.14).

[c] Плюсовое отклонение толщины стенки не применимо к зоне сварного соединения.

[d] Дополнительные ограничения приведены в 9.13.2.

М.6 Предельные отклонения сварного шва

М.6.1 Радиальное смещение кромок рулонного или листового проката

Для труб SAW и COW внутреннее и наружное радиальные смещения кромок рулонного или листового проката [рисунок 4 b) или c)] не должно превышать допустимых значений, указанных в таблице М.5.

Таблица М.5 — Максимальное допустимое радиальное смещение кромок рулонного или листового проката для труб SAW и COW

В миллиметрах

Толщина стенки *t*	Максимальное допустимое радиальное смещение кромок [a]
До 10,0 включ.	1,0
Св. 10,0 до 20,0 включ.	0,1 *t*
Св. 20,0	2,0
[a] Настоящие ограничения применимы к стыковым сварным швам концов рулонного или листового проката.	

М.6.2 Высота грата сварного шва на трубах HFW

Высота остатка внутреннего грата, выступающего над прилежащей поверхностью трубы, не должна быть более чем 0,3 мм + 0,05 *t*, но не превышать 1,5 мм.

М.6.3 Максимальная высота валиков сварного шва

Высота валиков сварного шва SAW и COW не должна превышать значений, указанных в таблице М.6.

Таблица М.6 — Максимально допустимая высота валика сварного шва для труб SAW и COW (кроме концов трубы)

В миллиметрах

Номинальная толщина стенки *t*	Высота валика сварного шва, не более	
	внутреннего	наружного
До 15,0 включ.	3,0	3,0
Св. 15,0	3,0	4,0

М.7 Приемочный контроль

М.7.1 Приемочные документы

М.7.1.1 Соответствие изделия требованиям заказа должно быть проверено приемочным контролем согласно настоящему приложению.

Заказчик должен оговорить приемочный документ 3.1 или 3.2 (10.1) в соответствии с EN 10204.

Если оговорен акт приемки 3.2, то заказчик должен известить изготовителя о наименовании и адресе организации или лица, которое будет проводить приемочный контроль и предъявлять акт приемки. Также необходимо согласовать, какая именно сторона должна выдавать акт приемки.

М.7.1.2 Согласно EN 10168 приемочный документ должен содержать следующие коды и информацию:

A	коммерческие сделки и стороны-участники;
B	наименование изделия, на которое распространяется приемочный документ;
C01 — C02	место отбора пробы, ориентация образца и, по применимости, температура испытания;
C10 — C29	испытание на растяжение;
C40 — C43	испытание на ударный изгиб и, по применимости, испытание падающим грузом (DWT);
C50 — C69	испытание на загиб или на сплющивание;
C71 — C92	анализ плавки и анализ изделия;
D01	маркировка и контроль размеров, а также визуальный контроль наружной поверхности;
D02 — D99	неразрушающий контроль и гидростатическое испытание;
Z	валидация.

М.7.2 Приемочный контроль

Периодичность контроля должна соответствовать таблице 18 с изменениями, указанными в таблице М.7.

М.7.3 Пробы и образцы для механических и технологических испытаний

М.7.3.1 Общие положения

Пробы должны быть отобраны, а образцы изготовлены для испытаний на растяжение, на ударный изгиб образцов с *V*-образныи надрезом (CVN), на направленный загиб, на сплющивание, падающим грузом (DWT) в соответствии с применяемыми стандартами.

Пробы и образцы для разных видов испытаний должны быть отобраны из участков, показанных на рисунках 5 и 6 и в соответствии с таблицей М.8, а также с учетом дополнительных требований, приведенных в 10.2.3.2–10.2.3.7 и 10.2.4.

Таблица М.7 — Периодичность контроля

№	Вид контроля	Тип труб	Периодичность контроля
1	Испытание на растяжение тела труб диаметром D < 508 мм	SMLS, HFW, SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию не более 100 труб одной плавки стали с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a]
2	Испытание на растяжение тела труб диаметром $D \geq 508$ мм	SMLS, HFW, SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию не более 50 труб одной плавки стали с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a]
3	Испытание на растяжение продольного или спирального шва сварных труб диаметром 219,1 мм ≤ D < 508 мм	HFW, SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию не более 100 труб одной плавки стали с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a, b]
4	Испытание на растяжение продольного или спирального шва сварных труб диаметром $D \geq 508$ мм	HFW, SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию не более 50 труб одной плавки стали с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a, b, c]
5	Испытание на растяжение стыкового сварного шва концов рулонного или листового проката для труб диаметром $D \geq 219{,}1$ мм	SAWH или COWH	Одно испытание от не более 50 стыковых швов труб одной плавки стали одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a, b, d]
6	Испытание на ударный изгиб образца с V-образным надрезом (CVN) от тела труб диаметром D < 508 мм и толщиной стенки, указанной в таблице 22 (поперечный образец или продольный образец)	SMLS, HFW, SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию не более 100 труб одной плавки стали и с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a]
7	Испытание на ударный изгиб образца с V-образным надрезом (CVN) от тела труб диаметром $D \geq 508$ мм толщиной стенки, указанной в таблице 22	SMLS, HFW, SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию не более 50 труб одной плавки стали и с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a]
8	Испытание на ударный изгиб образца с V-образным надрезом (CVN) с продольным или спиральным швом от сварных труб диаметром 114,3 мм ≤ D < 508 мм и толщиной стенки, указанной в таблице 22	HFW, SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию не более 100 труб одной плавки стали с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a, b]
9	Испытание на ударный изгиб образца с V-образным надрезом (CVN) с продольным или спиральным швом от сварных труб диаметром $D \geq 508$ мм и толщиной стенки, указанной в таблице 22	HFW, SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию не более 50 труб одной плавки стали с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a, b, c]
10	Испытание на ударный изгиб образца с V-образным надрезом (CVN) со стыковым сварным швом концов рулонного или листового проката от сварных труб диаметром $D \geq 114{,}3$ мм и толщиной стенки, указанной в таблице 22	SAWH, COWH	Одно испытание от не более 50 стыковых швов от труб с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a, b, d]
11	Если согласовано, испытание падающим грузом (DWT) тела сварных труб диаметром $D \geq 508$ мм и толщиной стенки t > 8 мм при $R_{t0,5}$ > 360 МПа	SMLS, HFW, SAW или COW	Одно испытание на контролируемую партию не более 50 труб одной плавки стали с одинаковым коэффициентом холодного экспандирования [a]
12	Если согласовано, контроль твердости тела трубы, продольного или спирального шва и зоны термического влияния (HAZ) сварных труб	HFW, SAW или COW	Та же периодичность, что для макрографического или металлографического контроля

Окончание таблицы М.7

№	Вид контроля	Тип труб	Периодичность контроля
13	Измерение диаметра и овальности концов труб	SMLS, HFW, SAW или COW	Каждая труба
14	Неразрушающий контроль	SMLS, HFW, SAW или COW	Таблица М.10

[a] Коэффициент холодного экспандирования, установленный изготовителем и расчитанный по указанному наружному диаметру или длине окружности до и после экспандирования. Увеличение или уменьшение коэффициента холодного экспандирования более чем на 0,002 требует формирования новой контролируемой партии.

[b] Не менее одного раза в неделю должно быть проведено испытание труб с каждой сварочной установки.

[c] На трубах с двумя продольными сварными швами подвергают контролю оба шва трубы, представляющей контролируемую партию.

[d] Применимо только к готовым трубам со спиральным сварным швом, имеющим стыковые сварные швы концов рулонного или листового проката.

М.7.3.2 Образцы для испытаний на растяжение

Прямоугольные образцы для испытаний, представляющие всю толщину стенки трубы, должны быть отобраны в соответствии с ИСО 6892-1 и рисунком 5. Поперечные образцы должны быть выпрямлены.

М.7.3.3 Образцы для испытания на ударный изгиб с V-образным надрезом (CVN)

Если нет возможности получить поперечный образец наименьшего размера, то необходимо использовать продольный образец шириной от 5 до 10 мм максимально возможного размера.

М.7.3.4 Образцы для испытания на направленный загиб

Образцы должны быть изготовлены в соответствии с ИСО 5173 и рисунком 8. Образцы от труб толщиной стенки t > 20,0 мм могут быть подвергнуты механической обработке для получения прямоугольного сечения с уменьшенной толщиной стенки 19,0 мм. Образцы от труб толщиной стенки $t \leq 20$ мм должны представлять полную толщину стенки с изогнутым поперечным сечением. Усиление сварного шва должно быть удалено с обеих поверхностей образца.

Таблица М.8 — Количество, ориентация и расположение образцов для механических испытаний труб

Тип труб	Расположение пробы	Вид испытания	Количество, ориентация и расположение образцов от пробы [a]		
			Наружный диаметр D, мм		
			до 219,1	от 219,1 до 508,0	от 508,0
SMLS, нехолодно-экспандированные (рисунок 5а)	Тело трубы	Растяжение	1L [b]	1L [c]	1L [c]
		Ударный изгиб (CVN)	3T	3T	3T
		Падающим грузом (DWT)	—	—	2T
SMLS, холодноэкспандированные (рисунок 5а)	Тело трубы	Растяжение	1L [b]	1T	1T
		Ударный изгиб (CVN)	3T	3T	3T
		Падающим грузом (DWT)	—	—	2T
HFW (рисунок 5b)	Тело трубы	Растяжение	1L90 [b]	1T180	1T180
		Ударный изгиб (CVN)	3T90	3T90	3T90
		Падающим грузом (DWT)	—	—	2T90
	Сварной шов	Растяжение	–	1W	1W
		Ударный изгиб (CVN)	3W	3W	3W
	Тело трубы и сварной шов	Сплющивание	Как показано на рисунке 6		

Окончание таблицы М.8

Тип труб	Расположение пробы	Вид испытания	Количество, ориентация и расположение образцов от пробы [a]		
			Наружный диаметр *D*, мм		
			до 219,1	от 219,1 до 508,0	от 508,0
SAWL, COWL (рисунок 5b)	Тело трубы	Растяжение	1L90 [b]	1T180	1T180
		Ударный изгиб (CVN)	3T90	3T90	3T90
		Падающим грузом (DWT)	—	—	2T90
	Сварной шов	Растяжение	—	1W	1W [d]
		Ударный изгиб (CVN)	3W и 3HAZ	3W и 3HAZ	3W и 3HAZ [d]
		Направленный загиб	2W	2W	2W [d]
SAWH, COWH (рисунок 5c)	Тело трубы	Растяжение	1L [b]	1T	1T
		Ударный изгиб (CVN)	3T	3T	3T
		Падающим грузом (DWT)	—	—	2T
	Сварной шов	Растяжение	—	1W	1W
		Ударный изгиб (CVN)	3W и 3HAZ	3W и 3HAZ	3W и 3HAZ
		Направленный загиб	2W	2W	2W
	Стыковой сварной шов концов рулонного или листового проката	Растяжение	—	1WS	1WS
		Ударный изгиб (CVN)	3WS и 3HAZ	3WS и 3HAZ	3WS и 3HAZ
		Направленный загиб	2WS	2WS	2WS

[a] Обозначения, применяемые для указания ориентации и расположения проб и образцов для испытаний — рисунок 5.

[b] Изготовитель по своему выбору может применять продольные образцы полного сечения.

[c] Если согласовано, допускается применение поперечных образцов.

[d] На трубах с двумя продольными сварными швами испытанию должны быть подвергнуты оба шва трубы, представляющей контролируемую партию.

М.7.4 Методы испытаний

М.7.4.1 Испытание на растяжение

Испытание на растяжение должно быть проведено в соответствии с ИСО 6892-1.

При испытании тела трубы должны быть определены предел прочности, предел текучести и относительное удлинение после разрушения образца.

Для испытаний используют образцы с начальной расчетной длиной $5{,}65\sqrt{F_0}$, где F_0 — исходная площадь поперечного сечения. Испытания проводят с записью диаграммы растяжения образца. Если используют другую расчетную длину, то относительное удлинение должно быть пересчитано согласно ИСО 2566-1.

При испытании сварного шва должен быть определен предел прочности.

М.7.4.2 Испытание на ударный изгиб образца с V-образным надрезом (CVN)

Испытание должно быть проведено в соответствии с ИСО 148-1, радиус маятника должен составлять 2 мм.

М.7.4.3 Гидростатическое испытание

Для расчета испытательного давления должна быть использована минимальная допустимая толщина стенки (10.2.6.7).

М.7.4.4 Испытание на направленный загиб

Испытание должно быть проведено в соответствии с ИСО 5173. Размер оправки должен соответствовать значению, указанному в таблице М.9 для соответствующей группы прочности. Оба образца для испытания должны быть загнуты до угла 180 градусов, при испытаниях в непосредственном контакте с оправкой должны находиться наружный сварной шов одного из образцов и внутренний сварной шов другого образца.

Таблица М.9 — Требования к диаметру оправки при испытании на направленный загиб

Группа прочности	Сварной шов труб SAW и COW
	Размер оправки A_{gb}, мм
L245NE или BNE L245ME или BME	3 *t*
L290NE или X42NE L290ME или X42ME	3 *t*
L360NE или X52NE L360QE или X52QE L360ME или X52ME	4 *t*
L415NE или X60NE L415QE или X60QE L415ME или X60ME	5 *t*
L450QE или X65QE L450ME или X65ME L485QE или X70QE L485ME или X70ME L555QE или X80QE L555ME или X80ME	6 *t*

М.7.4.5 Испытание на сплющивание

Испытание на сплющивание должно быть проведено в три этапа со следующими критериями приемки:

a) сплющивание до $^2/_3$ исходного наружного диаметра; раскрытие сварного шва не допускается;

b) сплющивание до $^1/_3$ исходного наружного диаметра; не допускается возникновение трещин или изломов на любом участке образца, кроме сварного шва;

c) сплющивание до схождения противоположных стенок.

На протяжении всего испытания до соприкосновения противоположных стенок образца не должно быть признаков расслоения или трещин на наружной и внутренней поверхностях.

М.7.5 Неразрушающий контроль

М.7.5.1 Область применения

Методы неразрушающего контроля и уровни приемки установлены в таблице М.10.

М.7.5.2 Персонал неразрушающего контроля

Все операции неразрушающего контроля должны выполняться персоналом уровня 1, 2 и/или 3, имеющим допуск к работе от изготовителя.

Аттестация персонала уровня 1 и 2 должна проводиться в соответствии с ИСО 11484 или в соответствии с эквивалентным стандартом. Персонал уровня 3 должен быть сертифицирован в соответствии с ИСО 9712 или в соответствии с эквивалентным стандартом.

Изготовитель должен оформить допуск к работе всего персонала неразрушающего контроля в соответствии с документированной процедурой. Все операции неразрушающего контроля должны быть санкционированы лицом уровня 3 по неразрушающему контролю, которое утверждено изготовителем.

Таблица М.10 — Вид или область контроля, методы неразрушающего контроля и уровни приемки

№	Вид или область контроля	Контроль[a]	Метод неразрушающего контроля и уровень приемки	Ссылочные пункты
Бесшовные и сварные трубы				
1	Остаточная намагниченность на концах труб	М	Гауссметр с использованием эффекта Холла или эквивалентный прибор; среднее значение показаний не должно превышать 30 Гс, выборочный контроль	Е.7
2	Расслоения на концах труб	О	Ультразвуковой контроль по ИСО 10893-8, отсутствие расслоений размером, превышающим 6 мм по окружности	Е.3.2.3 Е.3.3.2
Бесшовные трубы				
3	Продольные несовершенства (включая концы труб, по применимости; М.7.5.4)	М	Ультразвуковой контроль по ИСО 10893-10, уровень приемки U3 или, если согласовано, U2	К.3.1

Продолжение таблицы М.10

№	Вид или область контроля	Контроль[a]	Метод неразрушающего контроля и уровень приемки		Ссылочные пункты
			или	если согласовано, для толщины стенки t < 10 мм контроль рассеянием магнитного потока по ИСО 10893-3, уровень приемки F3 или, если согласовано, F2	K.3.4.2
Трубы, изготовленные высокочастотной сваркой					
4	Продольные несовершенства в сварном шве (включая концы труб, по применимости, М.7.5.4)	М		Ультразвуковой контроль по ИСО 10893-10 или ИСО 10893-11, уровень приемки U3 или, если согласовано, U2	K.4.1
			или	если согласовано, для толщины стенки t < 10 мм контроль рассеянием магнитного потока по ИСО 10893-3, уровень приемки F3 или, если согласовано, F2	K.3.4.2 (в том числе применительно к трубам HFW)
			или	если согласовано, для наружного диаметра D < 273,1 мм; толщиной стенки t < 6,3 мм; при D/t < 0,18 вихретоковый контроль по ИСО 10893-2, уровень приемки E2 или E2H	K.3.4.3 (в том числе применительно к трубам HFW)
5	Расслоения по телу трубы	О	Ультразвуковой контроль по ИСО 10893-9, уровень приемки U2 или ИСО 10893-8, уровень приемки U2		E.8.1
6	Расслоения по кромкам рулонного или листового проката или сварному шву	О	Ультразвуковой контроль по ИСО 10893-9 или ИСО 10893-8, уровень приемки U2		E.9
Трубы, изготовленные дуговой сваркой под флюсом / Комбинированной сваркой					
7	Продольные /поперечные несовершенства в сварном шве	М		Ультразвуковой контроль по ИСО 10893-11, уровень приемки U2/U2H или метод двойной лямбды (также для стыковых сварных швов рулонного проката спиральношовных труб)	K.5.1 [b]
				Рентгенографический контроль по ИСО 10893-6 или по ISO 10893-7, класс чувствительности B, критерии приемки в соответствии с М.7.5.6, для Т-образных соединений спиральношовных труб	М.7.5.6
8	Расслоения по телу трубы	О	Ультразвуковой контроль по ИСО 10893-9, уровень приемки U2		E.8.2
9	Расслоения по кромкам рулонного или листового проката или сварному шву	О	Ультразвуковой контроль по ИСО 10893-9 или по ИСО 10893-8, уровень приемки U2		E.9
10	Неразрушающий контроль сварного шва на концах труб (неконтролируемые концы)/на участках ремонта	М		Ультразвуковой контроль по ИСО 10893-11 согласно требованиям K.5.1.1 [b] на продольные несовершенства, уровень приемки U2/U2H	K.5.1.1 [b]
			или	если не согласовано иное, рентгенографический контроль по ИСО 10893-6 или ИСО 10893-7, класс чувствительности B, на продольные несовершенства	М.7.5.6
			и	ультразвуковой контроль по ИСО 10893-11 или рентгенографический контроль. Рентгенографический контроль по ИСО 10893-6 или по ИСО 10893-7 на поперечные несовершенства, критерии приемки в соответствии с K.5.3 b) [b]	K.5.3 b) [b]

Окончание таблицы М.10

[a] М — обязательный контроль, О — дополнительный контроль к обязательному.
[b] Ссылку на раздел Е.4 (рентгенографический контроль сварного шва) необходимо заменить на М.7.5.6 только в настоящем приложении.

М.7.5.3 Последовательность операций неразрушающего контроля

Если не согласовано иное, то неразрушающий контроль сварного шва труб HFW наружным диаметром D < 219,1 мм и неразрушающий контроль по всему телу бесшовных труб проводят, по усмотрению изготовителя, до или после гидростатического испытания. Неразрушающий контроль сварного шва труб SAW и COW, а также труб HFW наружным диаметром $D \geq 219,1$ мм проводят после гидростатического испытания.

Последовательность всех других предусмотренных операций неразрушающего контроля устанавливают по усмотрению изготовителя.

М.7.5.4 Неконтролируемые концы труб

При автоматическом неразрушающем контроле, предусмотренном в настоящем приложении, на обоих концах трубы могут оказаться участки, не охватываемые контролем. В таких случаях:

a) неконтролируемые концы обрезают или

b) на бесшовных трубах и трубах HFW неконтролируемые концы подвергают ручному или полуавтоматическому контролю по той же методике, с той же чувствительностью и параметрами, которые установлены в соответствующем разделе/подразделе настоящего приложения, при этом скорость сканирования при ручном контроле не должна превышать 150 мм/с; или

c) на трубы SAW и COW распространяются положения К.5.3.

М.7.5.5 Сомнительные трубы

Трубы, от которых при неразрушающем контроле получен сигнал, превышающий уровень приемки, должны считаться сомнительными.

Если в настоящем приложении не оговорено иное, то по сомнительным трубам должны приниматься меры согласно разделу «Приемка» соответствующего стандарта на неразрушающий контроль труб (части ИСО 10893).

При выполнении зачистки полнота удаления несовершенств должна быть подтверждена подходящим методом неразрушающего контроля.

Любой метод ручного неразрушающего контроля, применяемый для проверки локальных сомнительных участков (до или после зачистки), должен обладать такой же чувствительностью и иметь такие же параметры и уровень приемки (глубину искусственного дефекта), как и первоначально применимый метод контроля. При ручном ультразвуковом контроле скорость сканирования должна быть не более 150 мм/с.

М.7.5.6 Рентгенографический контроль сварного шва

М.7.5.6.1 Метод рентгенографического контроля

Рентгенографический контроль сварного шва (при применении), проводят в соответствии с ИСО 10893-6 с качеством изображения класса В (применительно к пленочной рентгенографии) или ISO 10893-7 (применительно к цифровой рентгенографии) на условиях, приведенных в М.7.5.6.4 перечисления a)–c).

М.7.5.6.2 Пленочная радиография

Выполнение требований к чувствительности согласно таблице М.11, установленных для основного металла, должно быть проверено с помощью проволочного эталона чувствительности изображения в соответствии с ИСО 19232-1 или, если согласовано, с помощью эквивалентного пластинчатого эталона чувствительности изображения.

Должно применяться только рентгеновское излучение с использованием мелкозернистой высококонтрастной безэкранной пленки со свинцовым экраном.

Плотность рентгенографического снимка должна соответствовать Е.4.2.3.

Таблица М.11 — Требования к чувствительности для рентгенографического контроля (класс качества изображения В в соответствии с ИСО 10893-6)

В миллиметрах

Толщина стенки t	Требуемая видимость	
	отверстия с диаметром	проволоки с диаметром
$4,5 \leq t < 10$	0,40	0,16
$10 \leq t < 16$	0,50	0,20
$16 \leq t < 25$	0,63	0,25
$25 \leq t < 32$	0,80	0,32
$32 \leq t < 40$	1,00	0,40

М.7.5.6.3 Цифровая рентгенография

Выполнение требований к чувствительности согласно таблице М.11, установленных для основного металла, должно быть проверено с помощью проволочного эталона чувствительности изображения в соответствии с ИСО 19232-1 или, если согласовано, с помощью эквивалентного пластинчатого эталона чувствительности изображения.

Плотность рентгенографического снимка должна соответствовать Е.4.2.3.

Системы и процессы цифрового рентгенографического контроля должны соответствовать Е.4.4.3.

М.7.5.6.4 Критерии приемки

Критерии приемки рентгенографического контроля сварного шва:

a) Трещины, неполное проплавление и непровары не допускаются.

b) Допускаются отдельные шлаковые включения круглой формы и газовые поры диаметром до 3,0 мм или *t*/3 (что меньше).

Максимальная сумма диаметров всех допустимых отдельных несовершенств на любом участке сварного шва длиной 150 мм или 12 *t* (что меньше) не должна превышать 6,0 мм или 0,5 *t* (что меньше), при этом расстояние между отдельными включениями должно быть менее 4 *t*.

c) Допускаются отдельные удлиненные шлаковые включения длиной до 12,0 мм или 1 *t* (что меньше), или шириной до 1,6 мм. Максимальная суммарная длина допустимых отдельных несовершенств на любом участке сварного шва длиной 150 мм или 12 *t* (что меньше) не должна превышать 12,0 мм, при этом расстояние между отдельными включениями должно быть менее 4 *t*.

d) Допускаются отдельные подрезы любой длины глубиной не более 0,4 мм.

Допускаются отдельные подрезы длиной не более *t*/2 и глубиной не более 0,8 мм и не более 10 % номинальной толщины стенки при условии, что на любом участке сварного шва длиной 300 мм имеется не более двух таких подрезов и все подрезы зачищены.

e) Любые подрезы, превышающие указанные пределы, должны быть либо подвергнуты ремонту (С.4), либо дефектный участок должен быть отрезан, либо труба должна быть забракована.

f) Любые подрезы на внутреннем и наружном сварном шве, любой длины и глубины в продольном направлении на одной и той же стороне шва не допускаются в одном сечении.

М.8 Маркировка труб

В дополнение к требованиям по маркировке, указанным в 11.2, маркировка должна включать идентификационный номер, позволяющий соотнести изделие или партию поставки с соответствующим приемочным документом, а после обозначения уровня требований к продукции должна следовать буква «Е», указывающая на то, что труба соответствует требованиям приложения М.

Приложение N
(справочное)

Страница оставлена пустой преднамеренно. Нумерация приложения сохранена с целью обеспечения соответствия с API Spec 5L.

Приложение О
(справочное)

Страница оставлена пустой преднамеренно. Нумерация приложения сохранена с целью обеспечения соответствия с API Spec 5L.

Приложение Р
(справочное)

Формулы расчета показателей для труб с резьбой и с муфтами и испытаний на направленный загиб и ударный изгиб образцов с V-образным надрезом (CVN)

Р.1 Общие положения

Настоящее приложение содержит различные формулы расчета характеристик трубопроводных труб и специальные данные, которые приведены в стандарте [2]. Номера формул по стандарту [29] приведены для справки в квадратных скобках перед номерами формул настоящего стандарта. Подробные сведения о выводе формул приведены в стандарте [29].

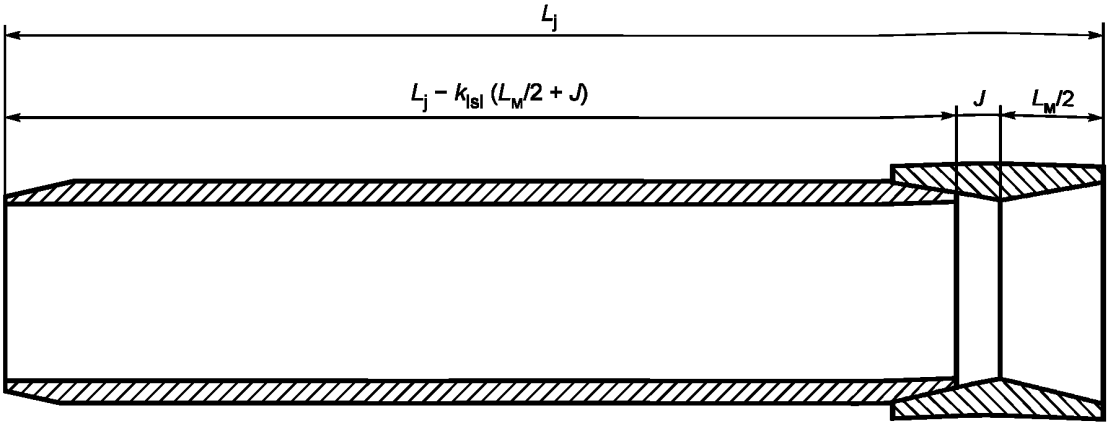
Примечание — В контексте настоящего приложения [30] эквивалентен [29].

Р.2 Расчетная масса трубы после нарезания резьбы и свинчивания с муфтой[1)]

Массу на единицу длины трубы после нарезания резьбы и свинчивания с муфтой вычисляют при длине, измеренной от свободного торца муфты до свободного торца трубы (рисунок Р.1). При этом считается, что несвободный торец навинченной муфты находится в плоскости механического свинчивания.

$$m_{tc} = \{[L_j - k_{lsl}\,(L_м + 2J)/2]\,m_{pe} + m_c - m_{rt}\}/L_j, \qquad [76]\ (P.1)$$

где k_{lsl} — коэффициент пересчета длины, равный 0,001;
J — расстояние от торца трубы до середины муфты при механическом свинчивании в соответствии с API Spec 5B, мм;
L_j — длина трубы, м;
m_c — масса муфты, кг;
m_{rt} — масса, удаленная при нарезании резьбы на двух концах трубы, кг;
$L_м$ — длина муфты, мм;
m_{tc} — масса резьбы и муфты на единицу длины трубы, кг/м;
m_{pe} — масса трубы без резьбы, кг/м.



L_j — длина трубы, м; $L_м$ — длина муфты по таблице F.1, мм; J — расстояние от торца трубы до середины муфты при механическом свинчивании в соответствии с API Spec 5B, мм; k_{lsl} — коэффициент пересчета длины, равный 0,001

Рисунок Р.1 — Труба с резьбой и муфтой

[1)] ISO TR/10400:2007, пункт 11.5. В констексте настоящего Приложения API TR 5C3-08 эквивалентен ISO TR 10400: 2007.

Р.3 Расчетная масса с отделкой концов трубы[1)]

Для расчета номинальной массы трубы используют понятие «уменьшение» («увеличение») массы трубы, связанное с отделкой концов, Δ_m, которое рассчитывают по формуле (Р.2). Для труб с концами без резьбы $\Delta_m = 0$.

$$\Delta_m = L_j\,(m - m_{pe}), \qquad [74]\ (P.2)$$

где Δ_m — изменение массы трубы при отделке концов трубы, кг;

L_j — длина трубы, м;

m — расчетная масса трубы с резьбой и муфтой (m_{tc}), с высадкой и резьбой (m_{ij}) или трубы с высадкой (m_u) для трубы длиной L_j, кг/м;

m_{pe} — масса трубы с концами без резьбы, кг/м.

Массу трубы с отделкой концов рассчитывают по формуле (Р.3)

$$m_L = m_{pe}L_{ef} + k_m\,\Delta_m, \qquad [75]\ (P.3)$$

где Δ_m — изменение массы трубы при отделке концов, кг;

k_m — поправочный коэффициент для расчета массы, равный 1,000 — для углеродистой стали и 0,989 для мартенситной хромистой стали;

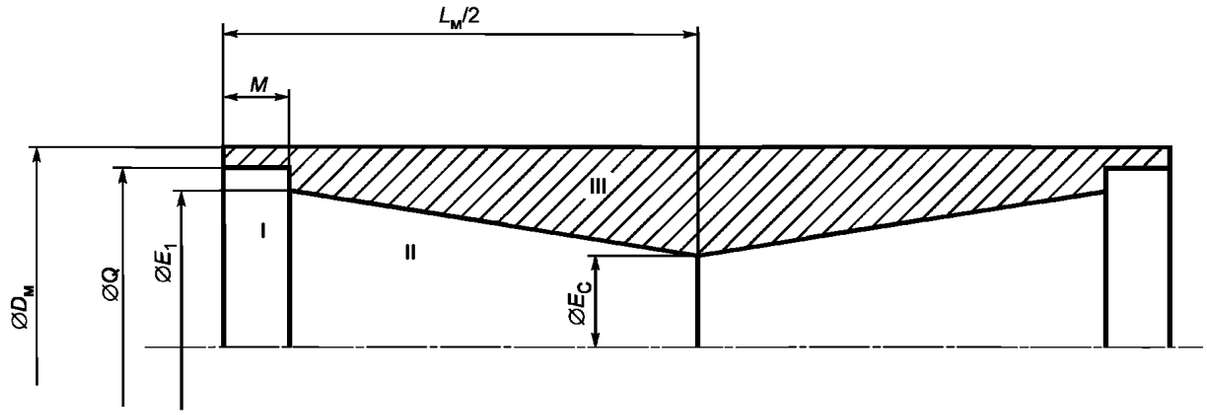
L_{ef} — длина трубы, с учетом отделки концов, м;

m_L — расчетная масса трубы длиной L, кг;

m_{pe} — масса трубы с концами без резьбы, кг/м.

Р.4 Расчетная масса обычной муфты без учета фаски[2)]

Массу муфт трубопроводных труб рассчитывают по размерам, указанным в API Spec 5L, издание 1942 года, которые идентичны указанным в API Spec 5L, издание 1971 года.



$L_м$ — длина муфты по таблице F.1, мм; M — расстояние от торца муфты до плоскости ручного свинчивания; $D_м$ — наружный диаметр муфты по таблице F.1; Q — диаметр расточки в плоскости торца муфты; E_1 – средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания; E_C – средний диаметр резьбы на расстоянии $L_м/2$ от торца муфты; I, II, III — объемы I, II, III (Vol. I, Vol. II, Vol. III), соответственно в формулах (Р.6), (Р.7) и (Р.9)

Рисунок Р.2 — Муфта

$$m_c = 0{,}5666\,k_m\ (\text{Vol. III}) \qquad [82]\ (P.4)$$

$$E_c = E_1 - (L_м/2 - M)\,K \qquad [83]\ (P.5)$$

$$\text{Vol. I} = 0{,}7854\,MQ^2 \qquad [84]\ (P.6)$$

$$\text{Vol. II} = 0{,}2618\,(L_м/2 - M)(E_1^2 + E_1E_c + E_c^2) \qquad [85]\ (P.7)$$

$$\text{Vol. (I + II + III)} = 0{,}7854\,L_м\,W^2/2 \qquad [86]\ (P.8)$$

$$\text{Vol. III} = \text{Vol. (I + II + III)} - \text{Vol. I} - \text{Vol. II}, \qquad [87]\ (P.9)$$

где k_m — поправочный коэффициент для расчета массы, равный 1,000 — для углеродистой стали и 0,989 — для мартенситной хромистой стали;

---

1) ISO TR/10400:2007, пункт 11.4. В контексте настоящего Приложения API TR 5C3-08 эквивалентен ISO/TR 10400: 2007.

2) ISO TR/10400:2007, пункт 11.4. В контексте настоящего Приложения API TR 5C3-08 эквивалентен ISO/TR 10400: 2007.

m_c — масса обычной муфты;

K — конусность резьбы.

Результаты расчета массы муфты выражают в килограммах. Окончательная расчетная масса округляется до двух десятичных знаков без промежуточных округлений в процессе расчетов.

Р.5 Расчет стойкости муфт к действию давления[1)]

Р.5.1 Общие положения

Трубы с резьбой и муфтами выдерживают такое же внутреннее давление, как и трубы с концами без резьбы, за исключением тех случаев, когда требуется более низкое давление во избежание достижения предела текучести материала муфты или возникновения утечки из-за недостаточной плотности соединения под действием внутреннего давления в плоскости E_1, как это показано ниже.

Р.5.2 Внутреннее давление возникновения текучести в муфте

Внутреннее давление, при котором достигается предел текучести материала муфты, рассчитывают по формуле

$$P_{iYc} = \sigma_T (D_м - d_1)/ D_м, \qquad [66]\ (Р.10)$$

где σ_T — заданный минимальный предел текучести муфты, МПа;

d_1 — диаметр впадины резьбы муфты в плоскости торца трубы после механического свинчивания, мм;

P_{iYc} — внутреннее давление возникновения текучести в муфте МПа;

$D_м$ — наружный диаметр муфты по таблице F.1, мм.

$$d_1 = E_1 - (L_1 + A)\,K + H - 2s_{rn} \qquad [67]\ (Р.11)$$

где A — натяг при ручном свинчивании, мм;

E_1 — средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания, мм;

H — высота треугольной резьбы с полным профилем:
2,1996 мм для 10-ниточной резьбы;
2,7496 мм для 8-ниточной резьбы;

L_1 — расстояние от торца трубы до плоскости ручного свинчивания согласно API 5B, мм;

s_{rn} — срез по впадинам профиля треугольной резьбы 0,36 мм для 10-ниточной резьбы, 0,43 мм для 8-ниточной резьбы;

K — конусность резьбы, равная 0,0625 мм/мм.

Число витков резьбы на длине 25,4 мм	Срез по впадинам профиля трубопроводной резьбы f_{rn}, мм	Высота треугольной резьбы с полным профилем: Н, мм
27	0,031	0,815
18	0,046	1,222
14	0,061	1,572
$11^1/_2$	0,074	1,913
8	0,104	2,748

Р.5.3 Стойкость к утечкам под действием внутреннего давления муфт с треугольной или трапецеидальной резьбой

Стойкость к утечкам под действием внутреннего давления в плоскостях E_1 или E_7 рассчитывают по формуле (Р.12). Формула (Р.12) основана на допущении, что уплотнение находится в плоскости E_1 соединений с треугольной резьбой и в плоскости E_7 соединений с трапецеидальной резьбой, в которых муфта является наиболее слабым звеном, а ее стойкость к утечкам под действием внутреннего давления считается наиболее низкой. Формула (Р.12) основана также на допущении, что стойкость к утечкам под действием внутреннего давления определяется давлением витков резьбы трубы и муфты друг на друга в результате свинчивания и действия внутреннего давления, при этом напряжения не выходят за упругий интервал.

$$P_{iL} = EKNP(D_м^2 - E_s^2)/(2E_s\,D_м^2), \qquad [69]\ (Р.12)$$

где E — модуль Юнга, МПа;

N — число витков свинчивания на расстоянии, равном A — для обсадных и насосно-компрессорных труб с треугольной резьбой; (A + 1,5) — для обсадных труб с трапецеидальной резьбой наружным диаметром менее 406,40 мм и (A + 1) — для обсадных труб с трапецеидальной резьбой диаметром 406,40 мм и более;

1) ISO TR/10400:2007, пункт 11.4. В контексте настоящего Приложения API TR 5C3-08 эквивалентен ISO/TR 10400:2007.

P — шаг резьбы:
- 3,175 мм для треугольной резьбы (обсадные и насосно-компрессорные трубы);
- 2,540 мм для круглой резьбы (насосно-компрессорные трубы);
- 5,080 мм для трапецеидальной резьбы (обсадные трубы);

P_{iL} — внутреннее давление витков муфты и ниппеля друг на друга в результате свинчивания;

K — конусность по диаметру:
- 0,0625 для треугольной резьбы (обсадные и насосно-компрессорные трубы);
- 0,0625 для трапецеидальной резьбы обсадных труб наружным диаметром менее 406,40 мм;
- 0,0833 для трапецеидальной резьбы обсадных труб наружным диаметром 406,40 мм и более;

$D_м$ — наружный диаметр муфты по [6] или [21], мм;

E_s — средний диаметр резьбы в плоскости уплотнения равный E_1 — для треугольной резьбы и E_7 — для трапецеидальной резьбы.

При этом:

A — натяг при ручном свинчивании, мм;

E_1 — средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания по API Spec 5B, мм;

E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости по API Spec 5B, мм.

Давление витков резьбы муфты и ниппеля друг на друга в результате свинчивания составляет

$$P_1 = EKNP(D_м^2 - E_s^2)(E_s^2 - d^2)/[E_s^2(D_м^2 - d^2)], \quad [70]\ (P.13)$$

где E — модуль Юнга, МПа;

E_s — средний диаметр резьбы в плоскости уплотнения, равный E_1 — для треугольной резьбы и E_7 — для трапецеидальной резьбы;

d — внутренний диаметр трубы, равный $(D - 2t)$ мм;

N — число витков свинчивания на расстоянии, равном A — для обсадных и насосно-компрессорных труб с треугольной резьбой; $(A + 1{,}5)$ — для обсадных труб с трапецеидальной резьбой диаметром менее 406,40 мм; $(A + 1)$ — для обсадных труб с трапецеидальной резьбой диаметром 406,40 мм и более;

P — шаг резьбы:
- 3,175 мм для треугольной резьбы (обсадные и насосно-компрессорные трубы);
- 2,540 мм для треугольной резьбы (насосно-компрессорные трубы);
- 5,080 мм для трапецеидальной резьбы (обсадные трубы);

K — конусность по диаметру:
- 0,0625 для треугольной резьбы (обсадные и насосно-компрессорные трубы);
- 0,0625 для трапецеидальной резьбы обсадных труб наружным диаметром менее 406,40 мм;
- 0,0833 для трапецеидальной резьбы обсадных труб наружным диаметром 406,40 мм и более;

$D_м$ — наружный диаметр муфты по [6] или [21], мм.

При этом:

A — натяг при ручном свинчивании, мм;

E_1 — средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания по API Spec 5B, мм;

E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости по API Spec 5B, мм;

D — наружный диаметр трубы, мм;

t — толщина стенки трубы, мм.

После свинчивания приложение внутреннего давления P_i вызывает изменение давления витков резьбы муфты и ниппеля друг на друга на величину p_2, МПа:

$$P_2 = P_i d^2(D_м^2 - E_s^2) / [E_s^2(D_м^2 - d^2)], \quad [71]\ (P.14)$$

где E_s — средний диаметр резьбы в плоскости уплотнения, равный E_1 — для треугольной резьбы и E_7 — для трапецеидальной резьбы;

d — внутренний диаметр трубы, равный $(D - 2t)$, мм;

P_i — внутреннее давление, МПа;

$D_м$ — наружный диаметр муфты по [6] или [21], мм;

где:

E_1 — средний диаметр резьбы в плоскости ручного свинчивания по API Spec 5B мм;

E_7 — средний диаметр резьбы в основной плоскости по API Spec 5B, мм;

D — наружный диаметр трубы, мм;

t — толщина стенки трубы, мм.

Поскольку наружный диаметр муфты всегда больше диаметра соединения, который, в свою очередь, больше внутреннего диаметра трубы, то P_2 будет всегда меньше P_1. Поэтому, когда сумарное давление $(P_1 + P_2)$ станет равным внутреннему давлению P_i, будет достигнуто предельное давление герметичности соединения P_{tc}. Другими словами, если $P_{tc} > P_1 + P_2$, то возникнет утечка:

$$p_1 + p_2 = p_i = p. \quad [72]\ (P.15)$$

Подставляя соответствующие значения для P_1 и P_2 в формулу (Р.15), после упрощения получаем формулу (Р.12).

Р.6 Испытательное гидростатическое давление труб с резьбой и муфтами[1)]

Трубы с резьбой и муфтами испытывают при том же гидростатическом давлении, что и трубы с концами без резьбы, за исключением тех случаев, когда требуется более низкое давление для предотвращения утечки из-за недостаточной стойкости к утечкам соединения под действием внутреннего давления в плоскости E_1, как указано в разделе Р.5.

Испытательное гидростатическое давление следует определять по минимальному значению давления, установленного для труб с концами без резьбы (таблица 26), или из расчета 80 % от внутреннего давления, при котором достигается предел текучести металла муфты в формуле (Р.10), или внутреннего давления стойкости к утечкам по формуле (Р.12).

Р.7 Испытания на направленный загиб труб[2)]

В настоящем разделе приведена дополнительная информация к требованиям испытания на направленный загиб, указанным в 10.2.4.6.

Значения деформации ε вычисляют по формуле (Р.16), приведенной в пункте 4а Циркуляра API PS-1340, где приведен отчет о мероприятиях Конференции по стандартизации 1967 года, кроме значений для группы прочности X70, которые были приняты на Конференции по стандартизации в июне 1972 года (Циркуляр API PS-1440). Значения, рассчитанные по формуле (Р.16), округляют до ближайшего кратного 0,0025, за исключением значений для групп прочности L360 или X52 и L390 или X56, для которых округление проводят до ближайшего большего кратного 0,0025.

Коэффициент деформации ε рассчитывают по формулам:

$$\varepsilon = 3000\,(0{,}64)^{0{,}2}/(145\,\sigma_{в\,min})^{0{,}9}, \qquad [148]\ (Р.16)$$

или

$$\varepsilon = 3000\,(0{,}64)^{0{,}2}/\sigma_{в\,min}{}^{0{,}9}, \qquad [148]\ (Р.17)$$

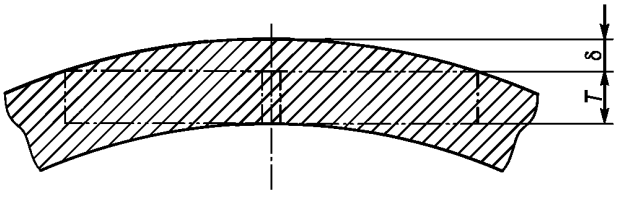
где $\sigma_{в\,min}$ — заданный минимальный предел прочности для тела трубы, МПа.

Вывод уравнения испытания на направленный загиб приведен в [27].

Р.8 Размеры образцов с V-образным надрезом для испытания на ударный изгиб (CVN)[3)]

Р.8.1 Расчеты минимальной толщины стенки стандартных образцов с V-образным надрезом

В разделе Р.8 указаны формулы для определения минимального размера поперечного образца, который можно получить из трубы заданного диаметра и толщины стенки (10.2.3.3 и таблица 22).



Поперечный образец

В единицах СИ: $\sigma = D/2 - [(D/2)^2 - (27{,}5)^2]^{1/2}$ (Р.18)

В единицах USC: $\sigma = D/2 - [(D/2)^2 - (1{,}083)^2]^{1/2}$ (Р.19)

σ — предельное значение геометрической кривизны образцов с V-образным надрезом, мм;

D — наружный диаметр, мм;

T — толщина образца с V-образным надрезом (все стандартные размеры), мм;

$$t_{min,1} = \sigma + T + 2\,t_{мех.обр.},$$

где $t_{min,1}$ — минимальная толщина стенки образцов с V-образным надрезом толщиной T, мм;

$t_{мех.обр.}$ — припуск на механическую обработку поверхности, составляет 0,5 мм.

Для припуска на механическую обработку добавить 0,5 мм к каждой необработанной поверхности или 1,0 мм к каждой минимальной толщине стенки.

Рисунок Р.3 — Определение минимальной толщины стенки стандартных образцов с V-образным надрезом

---

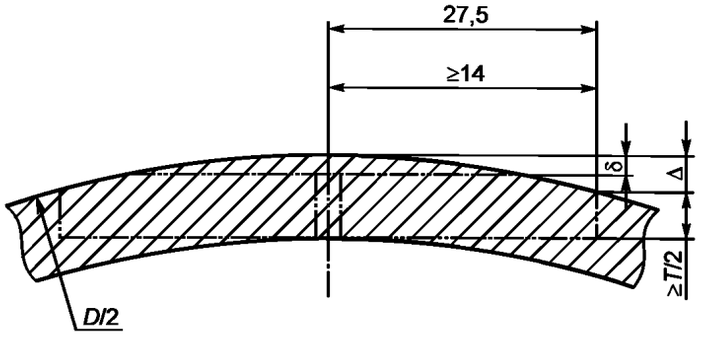
1) ISO TR/10400:2007, пункт 11.4. В контексте настоящего Приложения API TR 5C3-08 эквивалентен ISO/TR 10400:2007.

2) ISO TR/10400:2007, пункт 11.4. В контексте настоящего Приложения API TR 5C3-08 эквивалентен ISO/TR 10400:2007.

3) ISO TR/10400:2007, пункт 11.4. В контексте настоящего Приложения API TR 5C3-08 эквивалентен ISO/TR 10400:2007.

Р.8.2 Расчеты минимальной толщины стенки для конических образцов с V-образным надрезом

Рисунок Р.4 и формулы Р.20 и Р.22 используют для определения размера конических образцов. Допуск конических образцов указан в 10.2.3.3 и ASTM A370.



δ — предельное значение геометрической кривизны конических образцов с V-образным надрезом, мм;
Δ — максимальное ограничение конусности конических образцов с V-образным надрезом, мм;
D — наружный диаметр, мм;
T — толщина образца с V-образным надрезом, мм:
10,0 — для образцов полного размера;
7,5 — для образцов 3/4 размера;
6,67 — для образцов 2/3 размера;
5,0 — для образцов 1/2 размера.

$$t_{min,1} = \delta + T + 2\,t_{мех.обр.}$$

$$t_{min,2} = \Delta + T/2 + 2\,t_{мех.обр.},$$

где $t_{min,1}$ — минимальная толщина стенки конических образцов с V-образным надрезом, отвечающих критерию δ, мм;
$t_{min,2}$ — минимальная толщина стенки конических образцов с V-образным надрезом, отвечающих критерию Δ, мм;
$t_{мех.обр.}$ — припуск на механическую обработку поверхности, равный 0,5 мм.

Рисунок Р.4 — Определение минимальной толщины стенки конических образцов с V-образным надрезом

$$\Delta = D/2 - [(D/2)^2 - (27{,}5)^2]^{1/2} \quad (Р.20)$$

или $$\Delta = D/2 - [(D/2)^2 - (1{,}083)^2]^{1/2} \quad (Р.21)$$

$$\delta = D/2 - [(D/2)^2 - (14{,}0)^2]^{1/2} \quad (Р.22)$$

или $$\delta = D/2 - [(D/2)^2 - (0{,}551)^2]^{1/2} \quad (Р.23)$$

Минимальная толщина стенки (без припуска на механическую обработку) для конических образцов с V-образным надрезом выбирается по наибольшему из $t_{min,1}$ и $t_{min,2}$. Для припуска на механическую обработку необработанных поверхностей добавить 0,5 мм к каждой минимальной толщине стенки.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение и наименование международного стандарта	Обозначение и наименование международного стандарта другого года издания	Степень соответствия	Обозначение и наименование межгосударственного стандарта*
ISO 6506-1:2005 Материалы металлические. Определение твердости по Бринеллю. Часть 1. Метод испытания	ISO 410-82 Материалы металлические. Испытание на твердость. Таблицы значений твердости по Бринеллю для использования при испытаниях, проводимых на плоских поверхностях ISO 6506:81 Материалы металлические. Испытание на твердость. Определение твердости по Бринеллю	MOD	ГОСТ 9012—59 (ISO 410-82, ISO 6506:81) Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю
ISO 6508-1:2005 Материалы металлические. Испытание на твердость по Роквеллу. Часть 1. Метод испытаний (шкалы A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)	ISO 6508:86 Материалы металлические. Испытание на твердость. Определение твердости по Роквеллу (шкалы A-B-C-D-E-F-G-H-K)	MOD	ГОСТ 9013—59 (ISO 6508:86) Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу
ISO 6892-1:2005 Материалы металлические. Испытания на растяжение. Часть 1. Метод испытания при комнатной температуре	ISO 6892:84 Материалы металлические. Испытание на растяжение	MOD	ГОСТ 10006—80 (ISO 6892:84) Трубы металлические. Метод испытания на растяжение. ГОСТ 1497—84 (ISO 6892:84) Металлы. Методы испытания на растяжение
ISO 7438:2005 Материалы металлические. Испытание на изгиб	ISO 7438:85 Материалы металлические. Испытание на загиб	MOD	ГОСТ 14019—2003 (ISO 7438:85) Материалы металлические. Метод испытания на изгиб
ISO 7539-2:89 Коррозия металлов и сплавов. Испытание на коррозию под напряжением. Часть 2. Приготовление и использование коромыслообразных образцов		MOD	ГОСТ 9.901.2—89 (ISO 7539-2—89) Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы и сплавы. Испытания на коррозионное растрескивание образцов в виде изогнутого бруса
ISO 10474:2013 Сталь и стальные изделия. Документы о контроле	ISO 10474:91 Сталь и стальные изделия. Документы о контроле	MOD	ГОСТ 31458 (ISO 10474:2013) Трубы стальные и изделия из труб. Документы о приемочном контроле

* Внесенные технические отклонения обеспечивают выполнение требований настоящего стандарта.

Библиография

[1] ASTM E 29—08, Standard practice for using significant digits in test data to determine conformance with specifications[1] (Стандартная методика использования значащих цифр в результатах испытаний при определении соответствования требованиям стандартов)

[2] ISO/TS 29001, Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Sector-specific quality management systems — Requirements for product and service supply organizations (Нефтяная, нефтехимическая и газовая промышленность. Отраслевые системы управления качеством. Требования к организациям, поставляющим продукцию и услуги)[2]

[3] API Spec Q1, Specification for quality programs for the petroleum and natural gas industry[3] (Программы качества для нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности)

[4] ISO 9001:2008, Quality management systems — Requirements (Системы менеджмента качества. Требования)[2]

[5] ISO 11961, Petroleum and natural gas industries — Steel pipes for use as drill pipe — Specification (Нефтегазовая промышленность — Стальные трубы для использования в качестве бурильных труб — Технические условия)

[6] ISO 11960, Petroleum and natural gas industries — Steel pipes for use as casing or tubing for wells (Нефтегазовая промышленность — Стальные трубы для использования в качестве обсадных и насосно-компрессорных труб)

[7] ISO 4200, Plain end steel tubes, welded and seamless — General tables of dimensions and masses per unit length (Трубы стальные с гладкими концами, сварные и бесшовные. Общие таблицы размеров и масс на единицу мерной длины)[4]

[8] ASME B36.10M, Welded and seamless wrought steel pipe[5] (Трубы стальные, сварные и бесшовные)

[9] ISO 6761, Steel tubes — Preparation of ends of tubes and fittings for welding (Стальные трубы — Подготовка концов труб и фитингов под сварку)

[10] Re, G., Pistone, V., Vogt, G., Demofonti, G. and Jones, D.G. EPRG recommendation for crack arrest toughness in gas transmission pipelines — 3R international 10–11/1995, pp. 607–611[6] (Рекомендации EPRG по вязкости остановки трещины в газопроводах — 3R international 10–11/1995, с. 607–611)

[11] Dawson, J. and Pistone, G. Probabilistic evaluation of the safety embodied in the EPRG recommendations for shear arrest toughness — 3R international, 10–11/1998, pp. 728–733[3] (Вероятностная оценка безопасности рекомендаций EPRG по вязкости остановки трещины — 3R international, 10–11/1998, с. 728–733)

[12] Eiber, R.J., Bubenik, T.A. and Maxey, W.A. Fracture control technology for natural gas pipelines, NG-18 Report No: 208, PR-3-9113, December 1993[7] (Технология контроля разрушения газопроводов, NG-18 Отчет № 208, PR-3-9113, декабрь 1993)

[13] Eiber, R.J., Leis, B., Carlson, L., Horner, N. and Gilroy-Scott, A. Full scale tests confirm pipe toughness for north american pipeline, Oil & Gas Journal, 97 (45), Nov. 8, 1999 (Полномасштабные испытания подтвердили высокую вязкость северо-американского нефтепровода, Oil & Gas Journal, 97 (45), 8.11.1999)

[14] Running shear fracture in line pipe; Subcommittee summary report — AISI Committee of large diameter line pipe producers; September 1, 1974[8] (Вязкий излом в трубопроводах. Сводный отчет подкомитета; 01.09.1974)

[15] EFC Publication 16, Guidelines on materials requirements for carbon and low alloy steels for H_2S-containing environments in oil and gas production[9] (EFC Публикация 16, Требования к углеродистым и низколегированным сталям для работы в средах, содержащих сероводород, в нефтегазовой отрасли)

[16] DNV-OS-F101, Submarine pipeline systems[10] (Подводные трубопроводные системы)

[17] API Specification 5L, 43rd Edition, March 2004, Specification for line pipe (API Specification 5L, Технические условия на трубы для трубопроводов)

---

[1] ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA.

[2] Официальный перевод этого стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

[3] American Petroleum Institute, 1220 L Street, N.W., Washington, DC 20005, USA.

[4] Официальный перевод этого стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стадартов.

[5] American Society of Mechanical Engineers, Three Park Avenue, New York, NY 10016-5990, USA.

[6] EPRG c/o Salzgitter Mannesmann Forschung, GmbH, Ehinger Strasse 200, 47259 Duisburg, Germany.

[7] Pipeline Research Council International, 1401 Wilson Boulevard, Site 1101, Arlington, VA 22209, USA. URL: www.prci.com.

[8] American Iron & Steel Institute, 600 Anderson Drive, Pittsburgh, PA 15220, USA.

[9] Maney Publishing, Hudson Road, Leeds LS9 7DL, UK and 1 Carlton House Terrace, London SW1Y 5DB, UK. URL: www.maney@maney.co.uk.

[10] Det Norske Veritas A.S., Veritasveien 1, N-1322 Hovik, Norway. URL: www.dnv.com.

[18] API RP 5L1, Recommended practice for railroad transportation of line pipe (Руководящий документ «Транспортировка магистральных труб по железной дороге»)

[19] API RP 5LW, Recommended practice for transportation of line pipe on barges and marine vessels (Руководящий документ «Транспортировка магистральных труб морским и речным транспортом»)

[20] NACE MR 0175/ISO 15156-1, Petroleum and natural gas industries — Materials for use in H_2S containing environments in oil and gas production — Part 1: General principles for selection of cracking-resistant materials (Нефтяная и газовая промышленность. Материалы для применения в средах, содержащих сероводород, при добыче нефти и газа. Часть 1. Общие принципы выбора материалов, стойких к растрескиванию)

[21] API Spec 5CT, Specification for casing and tubing (Обсадные и насосно-компрессорные трубы. Технические условия)

[22] EN 10027-2, Designation systems for steels — Part 2: Numerical system (Стали. Системы обозначения. Часть 2. Система нумерации)

[23] ISO 15614-1, Specification and qualification of welding procedures for metallic materials — Welding procedure test — Part 1: Arc and gas welding of steels and arc welding of nickel and nickel alloys (Технические требования и оценка процедур сварки металлических материалов. Испытание процедур сварки. Часть 1. Дуговая и газовая сварка сталей, дуговая сварка никеля и никелевых сплавов)[1)]

[24] EN 287-1[2)], Approval testing of welders — Fusion welding — Part 1: Steels (Квалификационные испытания сварщиков. Сварка плавлением. Часть 1. Стали)

[25] ISO 9606-1, Approval testing of welders — Fusion welding — Part 1: Steels (Квалификационные испытания сварщиков. Сварка плавлением. Часть 1. Стали)

[26] ASME Section IX[3)], ASME Boiler and pressure vessel code — Section IX: Welding and brazing qualifications (Коды ASME по котлам и сосудам высокого давления — Секция IX «Аттестация процедуры сварки и пайки твердым припоем, аттестация сварщиков, пайщиков и операторов сварочных машин и паяльных автоматов»)

[27] Thomas, W.H., Wilder, A.B. и Clinedinst, W.O., Development of requirements for transverse ductility of welded pipe, Presented at the June 1967 API standardization conference (Разработка требований к пластичности сварных труб в поперечном направлении, Представлена в июне 1967 года на конференции API по стандартизации)

[28] ISO 15156-1, Petroleum and natural gas industries — Materials for use in H_2S containing environments in oil and gas production — Part 1: General principles for selection of cracking-resistant materials (Промышленность нефтяная и газовая. Материалы для применения в средах, содержащих сероводород, при нефте- и газодобыче. Часть 1. Общие принципы выбора трещиностойких материалов)[4)]

[29] ISO/TR 10400:2007, Petroleum and natural gas industries — Equations and calculations for the properties of casing, tubing, drill pipe and line pipe used as casing or tubing (ISO/TR 10400:2007, Нефтяная и газовая промышленность. Формулы и расчеты по определению характеристик обсадных, насосно-компрессорных, бурильных труб и труб для трубопроводов, применяемых в качестве обсадных или насосно-компрессорных труб)

[30] API TR 5C3, Petroleum and natural gas industries — Equations and calculations for the properties of casing, tubing, drill pipe and line pipe used as casing or tubing (Технический отчет о соотношении и расчетах для обсадной трубы, насосно-компрессорной трубы и трубопроводной трубы, используемой в качестве обсадной трубы или насосно-компрессорной трубы; а также таблицы с эксплуатационными характеристиками для обсадной и насосно-компрессорной трубы)

[31] ISO 15156-2:2009, Petroleum and natural gas industries — Materials for use in H_2S containing environments in oil and gas production — Part 2: Cracking-resistant carbon and low alloy steels, and the use of cast irons (Нефтяная и газовая промышленность. Материалы для применения в средах, содержащих сероводород, при добыче нефти и газа. Часть 2. Углеродистые и низколегированные стали, стойкие к растрескиванию, и применение чугуна)[5)]

[1)] Официальный перевод этого стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стадартов.

[2)] CEN, European Committee for Standardization, Central Secretariat, Rue de Stassart 36, B-1050, Brussels, Belgium.

[3)] American Society of Mechanical Engineers, Three Park Avenue, New York, NY 10016-5990, USA.

[4)] Официальный перевод этого стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стадартов.

[5)] Официальный перевод этого стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стадартов.

УДК 621.774:669.14+621.643.23:622.692.4+621.643.23:662.691.4:006.354 | ОКС 77.140.75, 75.200 | В62 | ОКП 13 9000

Ключевые слова: нефтяная и газовая промышленность, стальные трубы, требование к технологии производства труб, размер, химический состав, испытания, контроль, маркировка, условия поставки

Редактор А.А. Лиске
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Г.В. Яковлева*
Компьютерная верстка *Ю.В. Поповой*

Сдано в набор 09.11.2015. Подписано в печать 15.12.2015. Формат 60 ×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 18,14. Уч.-изд. л. 16,50. Тираж 45 экз. Зак. 4159.

Набрано в ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
www. jurisizdat. ru y-book@mail.ru

Издано и отпечатано во
ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru