ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71986— 2025

СОСУДЫ И АППАРАТЫ

Требования к послесварочной термической обработке

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт нефтяного машиностроения «ВНИИНЕФТЕМАШ» (АО «ВНИИНЕФТЕМАШ») и Автономной некоммерческой организацией «Институт нефтегазовых технологических инициатив» (АНО «ИНТИ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 270 «Сосуды и аппараты, работающие под давлением»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 2 апреля 2025 г. № 245-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Общие положения 2
5 Объемная термическая обработка 10
6 Внепечная термическая обработка 11
7 Местная термическая обработка 13
8 Контроль качества 15
9 Требования безопасности и охраны окружающей среды 16
Приложение А (справочное) Классификация типичных марок стали и сплавов 17
Приложение Б (обязательное) Режимы послесварочной термической обработки 18
Приложение В (рекомендуемое) Форма акта о проведенной послесварочной термической обработке 24

Введение

При разработке настоящего стандарта переработаны и дополнены положения РТМ 26-44—82 «Термическая обработка нефтехимической аппаратуры и ее элементов», РТМ 26-335—79 «Контроль качества термообработки аппаратуры», РД 26-01-42—87 «Термическая обработка коррозионно-стойких сталей и сплавов на железоникелевой основе в химическом машиностроении», РД 26-17-086—88 «Соединения сварные. Контроль качества термической обработки аппаратуры», стандартов API RP 582—2023 «Recommended practice welding guidelines for the chemical, oil, and gas industries» (API RP 582 «Рекомендуемые практические руководства по сварке для химической, нефтяной и газовой промышленности»), ASME Boiler & Pressure Vessel Code — Section VIII — Division 1 — Rules for construction of pressure vessels, Division 2 (2019, 2023 Edition), бюллетеня Welding Research Council Bulletin 452 — Recommended practices for local heating of welds in pressure vessels (2020 Edition) с учетом существующего отечественного опыта проектирования, изготовления и эксплуатации сосудов и аппаратов.

Настоящий стандарт разработан в целях обеспечения соблюдения требований Технического регламента Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» (ТР ТС 010/2011), Технического регламента Таможенного союза «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением» (ТР ТС 032/2013).

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СОСУДЫ И АППАРАТЫ

Требования к послесварочной термической обработке

Vessels and apparatus.
Post-welding heat treatment requirements

Дата введения — 2025—09—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает основные требования и рекомендации к проведению послесварочной термической обработки сварных сосудов и аппаратов (далее — сосуд), их деталей, сборочных единиц и узлов, изготавливаемых в соответствии с ГОСТ 34347, ГОСТ 31842, ГОСТ 31838, ГОСТ ISO 13706, ГОСТ Р 51364, ГОСТ Р 54803.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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

ГОСТ 12.1.019 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

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

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

ГОСТ 12.3.004 Система стандартов безопасности труда. Термическая обработка металлов. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.009 Система стандартов безопасности труда. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности

ГОСТ 3242 Соединения сварные. Методы контроля качества

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

ГОСТ 6616 Преобразователи термоэлектрические. Общие технические условия

ГОСТ 7164 Приборы автоматические следящего уравновешивания ГСП. Общие технические условия

ГОСТ 31838 Аппараты колонные. Технические требования

ГОСТ 31842 (ISO 16812:2007) Нефтяная и газовая промышленность. Теплообменники кожухотрубчатые. Технические требования

ГОСТ 33439 Металлопродукция из черных металлов и сплавов на железоникелевой и никелевой основе. Термины и определения по термической обработке

ГОСТ 34347—2017 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия

ГОСТ 34951 (EN 10020:2000) Сталь. Определение и классификация по химическому составу и классам качества

Издание официальное

ГОСТ ISO 10863 Неразрушающий контроль сварных соединений. Ультразвуковой контроль. Применение дифракционно-временного метода (TOFD)

ГОСТ ISO 13588 Неразрушающий контроль сварных соединений. Ультразвуковой контроль. Автоматизированный контроль ультразвуковым методом с применением фазированных решеток

ГОСТ ISO 13706 Аппараты с воздушным охлаждением. Общие технические требования

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

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

ГОСТ ISO 17638 Неразрушающий контроль сварных соединений. Магнитопорошковый контроль

ГОСТ Р 51364 (ИСО 6758—80) Аппараты воздушного охлаждения. Общие технические условия

ГОСТ Р 54803 Сосуды стальные высокого давления. Общие технические требования

ГОСТ Р 58904/ISO/TR 25901-1:2016 Сварка и родственные процессы. Словарь. Часть 1. Общие термины

ГОСТ Р 58905/ISO/TR 25901-3:2016 Сварка и родственные процессы. Словарь. Часть 3. Сварочные процессы

ГОСТ Р ИСО 3452-1 Контроль неразрушающий. Проникающий контроль. Часть 1. Основные требования

ГОСТ Р ИСО 9934-1 Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Часть 1. Основные требования

ГОСТ Р ИСО 17637 Неразрушающий контроль сварных швов. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением

ГОСТ Р ИСО 17640 Неразрушающий контроль сварных соединений. Ультразвуковой контроль. Технология, уровни контроля и оценки

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 5632, ГОСТ 33439, ГОСТ 34951, ГОСТ Р 58904, ГОСТ Р 58905, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **внепечная объемная термическая обработка** (extra-furnace heat treatment): Термическая обработка путем нагрева изделия, теплоизолированного снаружи, способом подачи теплоносителя в его внутреннее пространство.

3.2 **местная термическая обработка** (local heat treatment): Термическая обработка путем нагрева одного или нескольких сварных соединений, расположенных на определенном участке сосуда.

3.3 **объемная (печная) термическая обработка** (volumetric heat treatment): Термическая обработка путем нагрева сосуда или сварного узла в печи.

4 Общие положения

4.1 Послесварочную термическую обработку (ПСТО) применяют в целях улучшения структуры и механических свойств, снятия остаточных напряжений, повышения коррозионной стойкости сварных соединений сосуда и (или) его деталей, в том числе с наплавкой, а также сохранения размеров и формы сосуда и (или) его деталей при последующей механической обработке.

4.2 При изготовлении и монтаже сосудов применяют следующие виды термической обработки:

а) высокий отпуск, который проводят для сварных соединений из нелегированной или легированной стали перлитного, мартенситного классов, нержавеющей стали мартенситного, мартенсито-ферритного и ферритного классов в целях снижения уровня остаточных (сварочных) напряжений, улучшения структуры и свойств металла сварного шва и зоны термического влияния, снятия наклепа, вызванного пластической деформацией при сварке, а также устранения деформационного старения; высокий отпуск может быть двух видов:

1) промежуточный (технологический) отпуск, который проводят после выполнения отдельных сварных соединений, если они в дальнейшем подлежат повторному отпуску (одному или нескольким), в целях устранения опасности образования трещин после выполнения отдельных сварочных операций или наплавок, в сварных соединениях сложной конфигурации (угловых и тавровых) и при большой толщине стенки изделия, при ремонте дефектных швов с большим объемом наплавленного металла, а также когда время от момента окончания сварки до начала термической обработки ограничено; эти детали и узлы в дальнейшем подлежат обязательному высокому отпуску;

2) окончательный отпуск, который проводят после выполнения всех предусмотренных сварочных (наплавочных) и термических операций, в том числе исправления дефектов сварных соединений (наплавки) с применением сварки (наплавки);

б) нормализацию, которую проводят в целях измельчения крупнозернистой структуры и улучшения свойств металла сварных соединений из нелегированной или легированной стали перлитного, мартенситного классов;

в) нормализацию и отпуск, которые проводят в целях измельчения крупнозернистой структуры сварного шва и участка перегрева в зоне термического влияния сварного соединения, выполненного на режимах с большими погонными энергиями (например, при электрошлаковой сварке), снижения уровня остаточных (сварочных) напряжений, устранения химической и структурной неоднородностей разных зон сварного соединения и улучшения свойств металла сварных соединений из нелегированной или легированной стали перлитного, мартенситного классов, нержавеющей стали мартенситного, мартенсито-ферритного и ферритного классов;

г) закалку и отпуск, которые проводят в целях восстановления свойств разупрочненной зоны и обеспечения требуемых свойств при изготовлении сборочных единиц и узлов из нелегированной или легированной стали повышенной категории прочности;

д) закалку (аустенитизацию), которую проводят в целях повышения пластических свойств сварных соединений, обеспечения стойкости против межкристаллитной коррозии (далее — МКК), ножевой коррозии, снижения уровня остаточных (сварочных) напряжений сварных соединений из нержавеющей стали аустенитного класса, сплавов на железоникелевой и никелевой основах;

е) стабилизирующий отжиг, который проводят в определенных случаях в целях стабилизации структуры и обеспечения стойкости против МКК, снижения уровня остаточных (сварочных) напряжений сварных соединений из нержавеющей стали аустенитного класса с массовой долей углерода не более 0,08 %, имеющей отношение массовых долей титана к углероду более 5 или ниобия к углероду более 8;

ж) низкотемпературный отпуск (термический отдых), который проводят в целях снижения содержания водорода в металле шва и зоне термического влияния, снятия ограничения по времени от момента окончания сварки до начала термической обработки сварных соединений из различных марок легированной стали, имеющих повышенную склонность к образованию трещин.

4.3 По способу нагрева ПСТО сварных сосудов подразделяют:

- на печную объемную термическую обработку;
- на внепечную объемную термическую обработку;
- на местную термическую обработку.

4.4 ПСТО сосудов, предназначенных для работы под давлением, в том числе для сосудов, предназначенных для эксплуатации в водородосодержащих средах при повышенных температурах и давлении, необходимо выполнять путем печной объемной термической обработки при возможности ее практического осуществления.

Печная объемная термическая обработка сосуда частями допускается при проведении последующей местной термической обработки замыкающего шва.

При отсутствии возможности провести печную объемную термическую обработку допускается проведение внепечной объемной термической обработки, а также местной термической обработки кольцевых сварных швов сосуда по согласованию с заказчиком.

4.5 Необходимость проведения ПСТО сварного сосуда и (или) его сварных соединений, деталей, в том числе с наплавкой, сборочных единиц, узлов устанавливают в конструкторской документации с учетом материального исполнения сосуда. Классификация типичных марок стали и сплавов для изготовления сварных сосудов приведена в приложении А.

4.6 ПСТО сварного сосуда и (или) его сварных соединений деталей, в том числе с наплавкой, сборочных единиц, узлов необходимо выполнять в соответствии с технологической документацией изготовителя сосуда, в которой должны быть указаны:

- наименование и обозначение сосуда;
- обозначение сварных соединений сосуда и (или) его деталей, в том числе с наплавкой;
- марки материалов сварных соединений сосуда и (или) его деталей, в том числе с наплавкой;
- условия пребывания сварных соединений сосуда и (или) его деталей, в том числе с наплавкой, в интервале времени между окончанием сварки или наплавки и началом термической обработки;
- вид термической обработки;
- способ нагрева с указанием применяемого термического оборудования;
- режимы каждого этапа термической обработки (температура печи при загрузке, скорость нагрева, температура и продолжительность выдержки в зависимости от диапазонов толщин сварных соединений сосуда и (или) его деталей, в том числе с наплавкой, скорость охлаждения, температура печи при выгрузке);
- контролируемые параметры, порядок и методы контроля режимов термической обработки.

Допускается разрабатывать типовые технологические процессы проведения термической обработки типовых сварных сборочных единиц, узлов однотипных сосудов, при этом в типовом технологическом процессе не указывают наименование и обозначение конкретных сосудов.

4.7 ПСТО сварного сосуда и (или) его сварных соединений, деталей, в том числе с наплавкой, сборочных единиц, узлов должна обеспечить соответствие механических свойств сварных соединений, основного металла деталей, в том числе с наплавкой, требованиям стандартов или других документов, в которых установлены нормы механических свойств.

4.8 Технологический процесс ПСТО разрабатывает изготовитель сосуда или организация, проводящая термическую обработку, по согласованию с ним.

4.9 Режимы и условия проведения ПСТО сварных сосудов и (или) их сварных соединений, деталей, в том числе с наплавкой, сборочных единиц, узлов из различных марок стали или сплавов необходимо выбирать в соответствии с приложением Б.

4.10 Сведения о проведенной ПСТО сварных сосудов и (или) их сварных соединений, деталей, в том числе с наплавкой, сборочных единиц, узлов, в том числе контрольных сварных соединений, должны быть внесены в паспорт сосуда. По требованию заказчика к нему могут быть приложены (предоставлены) документы, подтверждающие проведение ПСТО (акт, диаграмма), документы о проведенном контроле качества сварных соединений сосуда (протоколы неразрушающего контроля и разрушающих испытаний).

4.11 ПСТО сварного сосуда и (или) его сварных соединений, деталей, в том числе с наплавкой, сборочных единиц, узлов необходимо проводить после выполнения всех сварочных работ и работ по устранению выявленных дефектов сварных соединений, кроме случаев, когда высокий отпуск требуется провести непосредственно после сварки.

4.12 ПСТО контрольных сварных соединений необходимо проводить совместно с сосудом или отдельно от него, но с обязательным применением тех же режимов, условий нагрева и охлаждения, что и для контролируемых производственных сварных соединений сосуда.

Примечание — Согласно ГОСТ 34347—2017 (подраздел 7.10) контрольными сварными соединениями считают сварные соединения или наплавки, выполненные в производственных условиях, являющиеся идентичными по отношению к производственным сварным соединениям или наплавкам, предназначенные для проведения неразрушающего контроля и разрушающих испытаний.

До начала работ по изготовлению сосуда следует провести работы по отработке технологии и режимов ПСТО на контрольных сварных соединениях, изготовленных из того же основного материала, из которого будут в последующем изготавливать сосуд, выполненных теми же сварочными материалами. Контроль качества этих контрольных сварных соединений проводят в соответствие с ГОСТ 34347, а именно: неразрушающий контроль ультразвуковым и радиографическим методами, механические испытания (испытания на растяжение, на ударный изгиб, на статический изгиб) и измерения твердости

металла шва, металлографические исследования, испытания на стойкость против межкристаллитной коррозии (при наличии требований в конструкторской документации).

При выявлении несоответствий требованиям ГОСТ 34347 следует провести мероприятия, направленные на обеспечение стабильного качества выпускаемой продукции.

4.13 Средства измерений для контроля температуры должны соответствовать требуемым режимам нагрева и быть поверены.

4.14 Контроль температуры термической обработки, как правило, осуществляют с помощью термоэлектрических преобразователей (термопар), компенсационных (термоэлектродных) проводов, вторичных приборов. Рекомендуется применять термопары хромель-алюмель градуировки ХА(К). Тип применяемых компенсационных проводов и вторичных приборов должен соответствовать градуировке термопар. В качестве вторичных приборов для записи температуры следует использовать многоточечные автоматические регистрирующие устройства (потенциометры) с записью на диаграммную ленту, диаграммный диск, электронный и (или) бумажный носитель.

4.15 Рекомендуется применять термопары по ГОСТ 6616 не ниже класса 2, вторичные приборы по ГОСТ 7164 не ниже класса точности 0,25, допускается — 0,5.

4.16 Температура нагрева, график ее изменения, температурные и временные интервалы при проведении термической обработки должны соответствовать режимам, указанным в технологической документации.

4.17 Оборудование для проведения термической обработки должно иметь паспорт, руководство по эксплуатации. Технические характеристики применяемого оборудования должны соответствовать параметрам термической обработки.

4.18 Сосуды и их элементы (детали, сборочные единицы, узлы), изготовленные с применением сварки, гибки, штамповки, вальцовки, подлежат ПСТО в соответствии с ГОСТ 34347—2017 (пункты 5.11.1—5.11.4, 5.11.6—5.11.8). Критерии необходимости проведения ПСТО аппаратов и (или) их элементов указаны в ГОСТ 31842, ГОСТ 31838, ГОСТ ISO 13706, ГОСТ Р 51364, ГОСТ Р 54803.

4.19 Допускается совмещение нормализации с нагревом под штамповку (вальцовку), при этом для днищ и других элементов, предназначенных для работы при температуре от минус 40 °С до минус 70 °С, изготавливаемых из нелегированной или легированной стали и штампуемых (вальцуемых) в горячем состоянии (см. таблицы Б.1, Б.2), необходимо подтверждение требуемого уровня ударной вязкости при испытании на ударный изгиб при минимально допустимой температуре эксплуатации в этом диапазоне температур образцов основного металла и сварных соединений, вырезанных из образцов-свидетелей. Образцы-свидетели должны пройти термическую обработку и все технологические нагревы совместно со штампуемым (вальцуемым) элементом.

4.20 Сварные крышки плавающей головки кожухотрубчатого теплообменного аппарата после сварки и исправления дефектов сварки подлежат ПСТО независимо от марки стали, кроме нержавеющей стали аустенитного класса, с учетом требований ГОСТ 34347 и размеров деталей крышки плавающей головки.

4.21 Допускается не проводить термическую обработку в случаях:

- приварки внутренних и наружных устройств к сосудам, которые подлежат термической обработке в соответствии с ГОСТ 34347—2017 (перечисления а), б) пункта 5.11.1) при условии, что катет сварного шва не более 8 мм;

- приварки внутренних и наружных устройств к специальным накладкам, которые приварены к корпусу сосуда и прошли вместе с ним термическую обработку.

4.22 Для стыковых продольных и кольцевых швов при толщине стенки до 36 мм и угловых швов при толщине стенки до 30 мм сосудов из легированной стали марок типа 12ХМ, 15ХМ время от момента окончания сварки до начала термической обработки не ограничивают, в остальных случаях время от момента окончания сварки до начала термической обработки должно быть не более 72 ч, после электрошлаковой сварки — 48 ч.

4.23 Для сварных сосудов и (или) их элементов из легированной стали марок типа 15Х5М, 15Х5ВФ, 20Х5МЛ, 20Х5ТЛ, 20Х5ВЛ при толщине стенки свыше 8 мм и марок типа 12Х8, 12Х8ВФ, 20Х8ВЛ, 13Х9М при толщине стенки свыше 6 мм термическую обработку необходимо проводить непосредственно после сварки.

4.24 Между окончанием сварки и началом термической обработки сварные соединения сосудов из хромомолибденовой, хромомолибденованадиевой легированной стали должны находиться в условиях, указанных в таблице 1, если не предусмотрен термический отдых. В остальных случаях, не предусмотренных таблицей 1, условия пребывания сварных соединений в интервале времени между окончанием сварки и началом термической обработки устанавливают в технологической документации.

Таблица 1 — Условия пребывания сварных соединений в интервале времени между окончанием сварки и началом термической обработки

Марки стали	Толщина стенки свариваемых деталей, мм	Минимальная допустимая температура в зоне сварного соединения, °С	Максимально допустимый интервал, ч
20ХМЛ	Независимо от толщины	Не регламентируется	72
12Х1МФ; 15Х1МФ	Св. 6		
10Х2М; 10Х2М1	Св. 30	100	Не регламентируется
12Х2МФА	Независимо от толщины	175	
15Х2МФА; 15Х2МФА-А		200	
18Х2МФА		300	

4.25 До завершения промежуточной или окончательной термической обработки должны быть исключены статические и динамические нагрузки на сварные соединения.

4.26 Минимальная температура и минимальная продолжительность термического отдыха сварных соединений приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Режим термического отдыха сварных соединений

Марки стали	Толщина стенки свариваемых деталей, мм	Режим термического отдыха	
		Минимальная температура, °С	Минимальная продолжительность, ч
10Х2М1	Св. 30	100	8
12Х1МФ	Св. 6	130	
15Х1МФ		150	10
08Х13	Св. 10	100	8

4.27 После проведения термического отдыха сварные соединения допускается охлаждать до температуры не ниже 5 °С. Время от момента окончания сварки до начала термической обработки не ограничивают.

4.28 Максимальная температура термического отдыха не должна превышать минимальную температуру более чем на 100 °С.

4.29 При местном термическом отдыхе ширина зоны нагрева должна быть не менее ширины зоны нагрева при предварительном и сопутствующем подогреве.

4.30 Промежуточный отпуск сварных соединений следует проводить при пониженной температуре по сравнению с номинальной температурой окончательного высокого отпуска: снижение температуры должно составлять от 20 °С до 50 °С, при этом необходимо, чтобы температура нагрева при проведении отпуска не совпала с температурными интервалами, в которых происходит резкое снижение пластичности металла:

- от 550 °С до 650 °С для теплоустойчивой хромистой, хромомолибденовой, хромомолибденованадиевой легированной стали перлитного класса;
- от 550 °С до 700 °С для теплоустойчивой хромистой, хромомолибденовой, хромомолибденованадиевой легированной стали мартенситного класса;
- от 450 °С до 550 °С для коррозионностойкой хромистой нержавеющей стали;
- от 600 °С до 800 °С для коррозионностойкой, жаростойкой или жаропрочной нержавеющей стали аустенитного класса.

4.31 Для разнородных сварных соединений минимальную температуру промежуточного отпуска и термического отдыха принимают в соответствии с требованиями для стали, для которой установлено более высокое значение указанной температуры.

4.32 После промежуточного отпуска сварные соединения должны быть подвергнуты окончательному отпуску.

4.33 Максимальную суммарную продолжительность отпусков указывают в технологической документации, при этом необходимо учитывать возможность исправления дефектов с помощью сварки, выявленных на заключительных операциях изготовления или монтажа.

4.34 Высокотемпературную термическую обработку (нормализацию, закалку) сварных соединений сосуда допускается проводить не более трех раз без учета промежуточных отпусков.

4.35 Если по технологии изготовления сосуда необходимо проведение большого количества нагревов сварных соединений до температуры высокого отпуска или выше, то необходимо провести имитационную ПСТО образцов-свидетелей, отобранных от каждого листа, поковки до запуска их в производство, по режиму, который будет включать все технологические нагревы и охлаждения, которые будут проходить заготовки сосуда при изготовлении, и провести испытания с целью контроля механических свойств. При получении положительных результатов испытаний образцов-свидетелей допускается запустить в производство листы, поковки. Контроль механических свойств основного металла после термической обработки можно не проводить, если температура нагрева не превышала 650 °С для нелегированной (углеродистой) или легированной марганцевокремнистой (низколегированной) стали.

4.36 Окончательный высокий отпуск сварных соединений сосуда следует проводить после контроля качества сварных соединений, за исключением сварных соединений из тех марок стали, для которых перерыв от момента окончания сварки до начала термической обработки не допускается.

4.37 Разнородные сварные соединения с любым сочетанием марок стали, выполненные сварочными материалами, обеспечивающими неаустенитный металл шва, должны быть подвергнуты высокому отпуску, если хотя бы для одной марки стали из сочетания необходимо его проведение.

4.38 Необходимость и температура отпусков сварных соединений деталей сосуда из плакированной (двухслойной) стали, основной слой которых выполнен сварочными материалами, обеспечивающими неаустенитный металл шва, определяют без учета толщины плакирующего слоя.

4.39 Выдержка при отпуске должна обеспечивать равномерный прогрев изделия, полноту протекания релаксационных процессов и структурных превращений.

4.40 Начало выдержки определяют по достижению изделием заданной температуры.

4.41 Минимальную продолжительность выдержки назначают в зависимости от вида термической обработки, наибольшей толщины сварного соединения и материала, при этом она должна быть не менее 1 ч.

4.42 Максимальная продолжительность выдержки не должна превышать рекомендуемую продолжительность выдержки более чем на 1 ч.

4.43 Для сварных соединений из легированной теплоустойчивой хромомолибденовой или хромомолибденованадиевой стали максимальная продолжительность выдержки может превышать рекомендованную продолжительность выдержки более чем на 1 ч, если это необходимо для обеспечения твердости в соответствии с ГОСТ 34347—2017 (пункт 5.10.1).

4.44 В технически обоснованных случаях, если практически невозможно провести высокий отпуск при температурах, указанных в таблицах Б.1, Б.2, допускается проводить высокий отпуск при температуре ниже минимальной температуры, но в течение более длительного времени выдержки согласно значениям, указанным в таблице 3.

Таблица 3 — Рекомендуемые режимы объемного и местного высокого отпуска сварных соединений сосудов при температуре ниже минимальной температуры отпуска

Понижение температуры ниже минимальной температуры[1), 2)], °С	Минимальное время выдержки при пониженной температуре отпуска[3)], ч
30	2
55	4

[1)] Понижение температуры не распространяется на нержавеющую сталь ферритного, мартенсито-ферритного, мартенситного классов.

[2)] Предельные отклонения пониженной температуры составляют ±5 °С.

[3)] Значения минимального времени выдержки приведены для изделия толщиной не более 25 мм, для изделия толщиной более 25 мм следует добавлять по 15 мин на каждые дополнительные 25 мм толщины. Для изделий, имеющих не кратную 25 мм толщину, минимальное время выдержки следует рассчитывать пропорционально приведенным значениям.

4.45 Высокому отпуску при температурах ниже минимальной температуры допускается подвергать сварные сосуды и их элементы, изготовленные из плакированной (двухслойной) стали (см. таблицу 3).

4.46 Скорость нагрева при высоком отпуске не должна превышать максимальную скорость, которая зависит от марки стали, толщины стенки, конструкции изделия и которую определяют из условия недопущения термических напряжений, способных вызвать пластическую деформацию или коробление конструкции.

4.47 Максимальную скорость нагрева сосуда и (или) сварных соединений его элементов из нелегированной (углеродистой) или легированной (низколегированной) стали при высоком отпуске $V_{н.max}$, °С/ч, вычисляют по формуле

$$V_{н.max} \leq 200 \cdot \frac{25}{S}, \quad (1)$$

где S — толщина стенки, мм.

4.48 Минимальную скорость нагрева ограничивают в связи с возможным ухудшением свойств сварного соединения при прохождении температурных интервалов, в которых происходят неблагоприятные структурные изменения, приводящие к охрупчиванию, снижению коррозионной стойкости и пр.

4.49 При нагреве до температуры 420 °С скорость нагрева не регламентируют, свыше температуры 420 °С скорость нагрева для сосудов должна быть от 55 до 200 °С/ч.

4.50 При проведении высокого отпуска скорость охлаждения после выдержки выбирают аналогично скорости нагрева и назначают с таким расчетом, чтобы исключить полностью или существенно уменьшить возможность образования новых остаточных напряжений из-за слишком быстрого или неравномерного охлаждения изделия.

Снижение скорости нагрева и охлаждения ниже 55 °С/ч допускается для сварных изделий сложной формы и камер во избежание их повреждения вследствие чрезмерных градиентов температур по толщине стенки, длине изделия с учетом увеличения продолжительности процесса ПСТО и обеспечения соответствия механических свойств сварных соединений и основного металла требованиям стандартов или других документов, в которых установлены нормы механических свойств.

4.51 Минимальную скорость охлаждения ограничивают временем прохождения сварного соединения интервала температур резкого снижения пластичности изделий, материал которых склонен к проявлению отпускной хрупкости.

4.52 При охлаждении до температуры 420 °С скорость охлаждения регламентируют, ниже температуры 420 °С скорость охлаждения не регламентируют и изделие остывает естественным образом под слоем тепловой изоляции или на открытом воздухе.

4.53 Для таких изделий, как сварные обечайки, узлы, изготовленные из нелегированной (углеродистой) или легированной (низколегированной) стали, допускается проводить охлаждение от температуры отпуска на спокойном воздухе, если его температура не ниже 18 °С, в закрытых помещениях.

4.54 Для сварных сосудов и (или) их элементов из легированной стали мартенситного класса необходимо ограничивать скорость нагрева до температуры 420 °С и скорость охлаждения ниже температуры 420 °С, при этом обеспечивать достаточно высокую скорость нагрева и охлаждения в температурном интервале, в котором происходит резкое снижение пластичности.

4.55 Для сварных изделий сложной формы при печном нагреве и всех сварных изделий при местной термической обработке необходимо ограничивать скорость нагрева до температуры 420 °С.

4.56 Сварные изделия из легированной стали марок типа 15Х5М, 15Х5ВФ, 12Х8, 12Х8ВФ, 13Х9М, 20Х13, которые склонны к закаливанию на воздухе при охлаждении, т. е. к приобретению высокой твердости, после каждой операции горячей обработки давлением или электрошлаковой сварки необходимо подвергать неполному отжигу или нормализации с высоким отпуском в целях снижения твердости, улучшения обрабатываемости, снятия напряжений. Рекомендуемый режим неполного отжига: температура посадки в печь не выше температуры 420 °С, скорость нагрева при температуре в печи свыше температуры 420 °С не более 100 °С/ч, выдержка при температуре в интервале от 840 °С до 860 °С, время выдержки — от 1,5 до 2,0 мин на 1 мм толщины стенки изделия, но не менее 1 ч, охлаждение до 600 °С с печью, далее на воздухе.

4.57 Сварные сосуды и их детали, сборочные единицы, узлы, изготовленные из нержавеющей стали ферритного класса, выполненные сварочными материалами, обеспечивающими неаустенитный металл шва, мартенсито-ферритного, мартенситного классов необходимо подвергать высокому отпуску, а после электрошлаковой сварки или горячей обработки давлением — закалке с отпуском.

4.58 Сварные сосуды и их детали, сборочные единицы, узлы, изготовленные из нержавеющей стали аустенито-ферритного, аустенито-мартенситного классов, не подвергают ПСТО.

4.59 ПСТО сварных сосудов и (или) их сварных деталей из нержавеющей стали аустенитного класса, сплавов на железоникелевой и никелевой основах, как правило, проводят в целях:

- снижения остаточных сварочных напряжений при необходимости сохранения точных размеров изделий;
- обеспечения стойкости против МКК, коррозионного растрескивания при эксплуатации изделий в коррозионно-активных средах;
- повышения жаростойкости, жаропрочности при эксплуатации изделий при высоких температурах.

4.60 Сварные сосуды и (или) их сварные детали из нержавеющей стали аустенитного класса, в основном, подвергают закалке (аустенитизация) или стабилизирующему отжигу.

4.61 Стабилизирующему отжигу допускается подвергать сварные сосуды и (или) их сварные детали, изделия из нержавеющей стали аустенитного класса:

- если сталь имеет отношение массовых долей титана к углероду более 5 или ниобия к углероду более 8;
- если сталь имеет массовую долю углерода не более 0,08 % и предполагается эксплуатация при температуре свыше 350 °С в средах, вызывающих МКК.

4.62 Сварные сосуды и (или) их сварные детали из нержавеющей стали аустенитного класса марки типа 03Х18Н11 необходимо подвергать закалке, если предполагается эксплуатация в средах, вызывающих коррозионное растрескивание, независимо от температуры рабочей среды.

4.63 Сварные сосуды и (или) их сварные детали из нержавеющей стали аустенитного класса марки типа 08Х18Н10Т необходимо подвергать закалке или стабилизирующему отжигу, если предполагается эксплуатация в средах, вызывающих коррозионное растрескивание, а также при температуре свыше 350 °С в средах, вызывающих МКК.

4.64 Сварные сосуды и (или) их сварные детали из нержавеющей стали аустенитного класса марки типа 10Х17Н13М2Т необходимо подвергать закалке, если предполагается эксплуатация в средах, вызывающих коррозионное растрескивание, независимо от температуры рабочей среды.

4.65 Для обеспечения пластичности и предотвращения образования в структуре металла σ-фазы закалку сварных сосудов и (или) их сварных деталей из нержавеющей стали аустенитного класса марки типа 10Х17Н13М2Т необходимо проводить при нагреве по верхнему пределу рекомендованного диапазона температур.

4.66 Днища и другие элементы сосуда, выполненные из нержавеющей стали аустенитного класса способом штамповки или фланжирования в холодном состоянии, необходимо подвергать закалке или стабилизирующему отжигу, если предполагается эксплуатация в средах, вызывающих коррозионное растрескивание. В остальных случаях термическую обработку допускается не проводить, если относительное удлинение при растяжении металла в исходном состоянии не менее 30 % при степени деформации в холодном состоянии не более 15 %.

4.67 Для крупногабаритных сосудов, выполненных из нержавеющей стали аустенитного класса, высокотемпературная термическая обработка затруднена в связи с опасностью их деформации, в том числе под действием собственной массы, при нагреве свыше 800 °С, поэтому необходимо предусматривать при проектировании техническую возможность проведения высокотемпературных нагревов сосудов, их частей или рассмотреть возможности отказа от термической обработки при сохранении достаточной эксплуатационной надежности.

4.68 Сварные сосуды и (или) их сварные детали из сплавов на железоникелевой основе необходимо подвергать термической обработке для снятия остаточных напряжений и повышения коррозионной стойкости.

4.69 Сварные сосуды и (или) их сварные детали из сплавов на никелевой основе необходимо подвергать закалке, если предполагается эксплуатация в средах, вызывающих коррозионное растрескивание или МКК.

4.70 Необходимость и вид ПСТО сварных сосудов и (или) их сварных деталей из плакированной (двухслойной) стали определяют в соответствии с ГОСТ 34347—2017 (пункт 5.11.5). При выборе режимов ПСТО за толщину сварного соединения принимают общую толщину плакированной (двухслойной) стали.

4.71 Сварные сосуды и (или) их сварные детали из плакированной (двухслойной) стали с плакирующим слоем из нержавеющей стали или сплавов на железоникелевой, никелевой основах при наличии требования по стойкости против МКК необходимо подвергать высокому отпуску после выпол-

нения переходного слоя сварного шва при наличии технической возможности, после чего следует выполнять наплавку плакирующего слоя сварочными материалами, обеспечивающими стойкость против МКК сварного шва, при этом плакированный (двухслойный) прокат должен быть в термически обработанном состоянии.

Сосуд, имеющий плакирующий слой, нанесенный способом наплавки в процессе его изготовления, подвергают окончательной ПСТО.

4.72 При ПСТО сварных сосудов и (или) их сварных деталей из плакированной (двухслойной) стали необходимо избегать многократного нагрева, превышения верхнего предела рекомендованного диапазона температур, а также предохранять от повреждений плакирующий слой.

4.73 Разнородные сварные соединения с сочетаниями марок стали типа 09Г2С+12ХМ, 09Г2С+15Х5М, 12ХМ+15Х5М необходимо подвергать ПСТО по режиму, рекомендованному для стали, для которой установлено более высокое значение температуры термической обработки, при этом после выдержки охлаждение необходимо проводить с печью до температуры 420 °С, далее — на воздухе. Контроль механических свойств основного металла обеих марок стали после ПСТО не требуется.

4.74 ПСТО сосуда с разнородными сварными соединениями, изготовленными из сталей неаустенитного класса и выполненными сварочными материалами, обеспечивающими аустенитный металл шва, проводить не допускается, за исключением технически обоснованных случаев и при наличии указаний в конструкторской документации, а также рекомендаций по ее проведению.

4.75 ПСТО сосуда с разнородными сварными соединениями, выполненными сварочными материалами, обеспечивающими неаустенитный металл шва, необходимо проводить по режиму, рекомендованному для более легированной стали.

5 Объемная термическая обработка

5.1 Объемную печную термическую обработку при возможности ее практического осуществления проводят в термических печах или теплоизоляционных камерах.

Примечание — Теплоизоляционная камера — это изолированное пространство, созданное с использованием специальных материалов, способных минимизировать теплопередачу, а также теплоизоляционной камерой можно считать теплоизоляционную конструкцию, состоящую из одного или нескольких слоев теплоизоляционного материала (изделия), защитно-покровного слоя и элементов крепления.

5.2 Печь, которая предназначена для проведения термической обработки изделий, должна быть испытана, проверена на соответствие техническим требованиям и на равномерность распределения температуры в объеме рабочего пространства.

5.3 Температурный диапазон печи должен соответствовать режимам термической обработки.

5.4 Размеры рабочего пространства печи должны соответствовать габаритным размерам подлежащих термической обработке изделий с учетом циркуляции теплоносителя.

5.5 Если сосуд полностью не помещается в печь, то нагрев допускается проводить поочередно: одной части сосуда, а затем другой части. При этом нагреваемые участки должны быть перекрыты не менее чем на 1,5 м, внутри сосуда должна быть установлена теплоизолирующая перегородка, часть сосуда, находящаяся вне печи, должна быть покрыта тепловой изоляцией не менее чем на 1,5 м, чтобы не возникал недопустимый градиент температуры, поперечное сечение сосуда на выходе из печи не должно включать в себя патрубки и другие выступы.

5.6 При нагреве в пламенных термических печах недопустимо прямое попадание пламени горелки на изделие, что должно быть обеспечено конструкцией горелок и размещением изделия в печи.

5.7 Термопары устанавливают в печном пространстве и на изделии. Режим термической обработки ведут по термопарам, установленным на изделии, или по печным термопарам с корректировкой по фактической температуре изделия. График нагрева в этом случае определяют по фактической температуре термопарами, установленными на изделии.

5.8 При термической обработке отдельных элементов сосуда или при промежуточном отпуске допускается проводить контроль режимов термической обработки по термопарам в печном пространстве при условии дальнейшего прохождения сосудом окончательной термической обработки с контролем температуры непосредственно на изделии.

5.9 При термической обработке сосудов 4 и 5 групп по ГОСТ 34347—2017 (пункт 3.1.6) допускается проводить контроль режимов термической обработки по термопарам в печном пространстве. При этом необходимо проводить контрольные нагревы, подтверждающие, что разность показаний печных

термопар и термопар на изделии не превышает 15 °С. Периодичность проверок не реже одного раза в три месяца и после ремонта печи.

5.10 При совместной термической обработке, когда в печи размещают более одного однотипного изделия, термопары устанавливают снизу, посередине и сверху каждого изделия или в других зонах, где возможна потенциально максимальная вариация температур, таким образом, чтобы они показывали объективную картину температурных полей во всех зонах изделий.

5.11 В отдельных случаях допускается превышение температуры нагрева до 20 °С от рекомендованной при высоком отпуске сосудов и сварных узлов из нелегированной (углеродистой) или легированной (низколегированной марганцевокремнистой, марганцовистой) стали, при этом неравномерность нагрева всего изделия не должна превышать 40 °С.

5.12 В целях предотвращения возникновения термических напряжений в металле температура печи при посадке в нее изделия должна быть не выше температуры 420 °С, при этом должны быть предусмотрены условия, обеспечивающие свободное расширение, а также предохраняющие изделие от пластических деформаций под действием собственной массы.

5.13 При термической обработке изделий большой толщины или сложной конструкции температуру печи при посадке в нее изделия следует уменьшить до 150 °С.

5.14 Допускается прерывать процесс термической обработки по техническим причинам. После прерывания нагрев продолжают согласно заданным режимам. Если прерывание произошло на стадии выдержки, то общее время выдержки считают как сумму времени до и после прерывания. На диаграмме указывается время, длительность и причина перерыва.

5.15 Охлаждение изделий до температуры 420 °С проводят с печью.

6 Внепечная термическая обработка

6.1 Внепечную объемную термическую обработку осуществляют посредством нагрева теплоносителем внутреннего пространства изделия, изолированного снаружи, и проводят на заводе — изготовителе сосудов или на монтажных площадках в случаях, когда:

- на заводе — изготовителе сосудов отсутствует необходимое печное оборудование;
- габаритные размеры сосуда превышают размеры рабочего пространства печи;
- в технологической документации указана необходимость проведения термической обработки сосуда после проведения сборочных и сварочных работ при монтаже на месте эксплуатации.

6.2 В качестве теплоносителя применяют смесь продуктов сгорания жидкого или газообразного топлива с воздухом, которая поступает из специального теплогенераторного устройства.

6.3 Нагрев проводят по режиму высокого отпуска, но не исключается его применение для выполнения других видов термической обработки или для технологических целей.

6.4 Внепечной объемной термической обработке подвергают весь сосуд, при этом он может находиться в вертикальном или горизонтальном положении, или последовательно его отдельные сборочные единицы, узлы.

6.5 При необходимости возможность проведения внепечной объемной термической обработки следует обосновывать выполнением расчетов на прочность, учитывающих снижение механических свойств материала при нагреве.

6.6 При разработке технологии внепечной объемной термической обработки изделия следует учитывать, что контроль температуры осуществляют на наружной поверхности изделия, а нагрев проводится изнутри изделия, поэтому фактическая температура металла будет не ниже измеренной температуры, и можно назначить минимально допустимую температуру нагрева и интервал продолжительности выдержки, так как время на прогрев по толщине стенки изделия не требуется.

6.7 При разработке технологии и подготовке корпуса сосуда к термической обработке необходимо учитывать:

- температурные расширения металла;
- пластическую деформацию при высоких температурах под действием собственной массы сосуда;
- необходимость развязки защемленных конструкций, эстакад, трубопроводов, площадок обслуживания, непосредственно связанных с нагреваемой поверхностью сосуда при термической обработке на монтажной площадке;
- необходимость установки корпуса сосуда на опорные ложементы при термической обработке в горизонтальном положении, количество, расположение и конструкцию которых определяют с учетом температурных условий, габаритных размеров, массы и толщины стенки сосуда.

6.8 Требования к изделию, подлежащему внепечной термической обработке:

- корпус сосуда должен иметь конструкцию, позволяющую осуществлять ввод или вывод, свободную циркуляцию теплоносителя в его внутреннем пространстве. Пространство сосуда не должно содержать внутренних устройств и элементов (экранов, каплеотбойников, тарелок), кроме тех, которые невозможно установить после термической обработки. При необходимости допускается вырезка технологических отверстий для ввода или вывода теплоносителя с последующей их сваркой и местной термической обработкой или врезка ложных штуцеров. Возможность вырезки отверстий или врезки штуцеров должна быть подтверждена расчетами на прочность и согласована с разработчиком сосуда;
- штуцеры, люки и другие привариваемые элементы, требующие термическую обработку, должны быть термически обработаны до их сварки с корпусом сосуда или подвергнуты местной термической обработке до или одновременно с внепечной объемной термической обработкой;
- корпус сосуда, в том числе люки, штуцеры, места приварки опор и других элементов, должны быть покрыты сплошным слоем тепловой изоляции. В случае термической обработки участка корпуса тепловая изоляция должна быть уложена с перекрытием шириной не менее 1 м. Вид тепловой изоляции, рабочая температура применения, толщина и способ ее установки должны быть указаны в технологической документации на проведение термической обработки;
- изделие, подвергаемое термической обработке, должно быть оборудовано площадками обслуживания оборудования, датчиков температуры, контрольно-измерительных приборов.

6.9 Оборудование для проведения внепечной объемной термической обработки должно соответствовать следующим требованиям:

- иметь мощность, достаточную для проведения термической обработки изделия по требуемым режимам; если недостаточно мощности одной горелки (теплогенераторного устройства), то допускается применять две или более горелок (теплогенераторных устройств);
- иметь систему управления мощностью нагрева, температурой вводимого теплоносителя, а также устройства управления потоком (потоками) теплоносителя для обеспечения равномерности нагрева, при этом устройство управления потоком (устройство ввода теплоносителя) должно быть спроектировано и установлено в рабочее положение таким образом, чтобы не допускать прямого попадания продуктов сгорания на поверхность изделия;
- характеристики и тип используемых энергоресурсов должны соответствовать требованиям, указанным в паспортах на применяемое оборудование;
- при использовании газообразного топлива оборудование должно быть оснащено датчиками контроля пламени и системами безопасности.

6.10 Термопары следует располагать в контрольных точках, которые указаны в технологической документации. Одной термопарой допускается контролировать температуру не более чем от 10 до 20 $м^2$ площади поверхности корпуса сосуда, при этом измеренные значения в контрольных точках должны давать общую картину распределения температуры на корпусе сосуда как по диаметру (ширине), так и по длине (высоте).

6.11 При термической обработке изделий с объемом 1000 $м^3$ и более, имеющих цилиндрическую или сферическую форму с одинаковой толщиной стенки, допускается увеличение контролируемой одной термопарой площади до 45 $м^2$.

6.12 При толщине стенки изделия более 100 мм необходимо контролировать разность температур по толщине стенки изделия с помощью датчиков температуры, установленных изнутри и снаружи изделия напротив друг друга.

6.13 При термической обработке всего корпуса сосуда разница температур в двух любых точках при нагреве от температуры 420 °С до температуры, при которой проводят выдержку, не должна превышать 70 °С, разница температур по диаметру и длине при выдержке не должна превышать 40 °С, если иное не указано в технологической документации.

6.14 При термической обработке корпуса сосуда по длине последовательными участками следует контролировать равномерность температуры по диаметру и прохождение каждым участком корпуса сосуда (сечением) полного цикла термической обработки (нагрев, выдержка, охлаждение).

6.15 В случае выхода из строя датчиков температуры во время термической обработки и невозможности их оперативной замены без остановки процесса допускается отключать неисправные датчики температуры, о чем делается соответствующая запись на диаграмме термической обработки. Количество отключенных датчиков температуры не должно превышать 10 % от их общего количества при сохранении информативности контроля процесса.

7 Местная термическая обработка

7.1 Местную термическую обработку проводят в случаях, когда технически невозможно или экономически нецелесообразно проведение печной или внепечной объемной термической обработки.

7.2 При местной термической обработке равномерному нагреву и охлаждению подвергают весь сварной шов по длине и ширине, зону термического влияния и прилегающие к нему части основного металла по обе стороны от оси сварного шва.

7.3 Местная термическая обработка сварного шва частями не допускается.

7.4 При наличии требования по стойкости против коррозионного растрескивания применение местной термической обработки должно быть указано в технологической документации.

7.5 Для сварных соединений, чувствительных к градиенту температур, местную термическую обработку не проводят, а в случае ее проведения учитывают возможное ухудшение свойств при оценке работоспособности сосуда в целом.

7.6 Для целей термической обработки рекомендуется применять электрические нагревательные устройства. Не допускается применять газопламенные нагревательные устройства с открытым пламенем.

7.7 При подготовке к проведению термической обработки необходимо предусмотреть возможность свободного перемещения частей изделия при тепловом расширении в целях предотвращения деформации от воздействия высоких температур.

7.8 Ширина зоны равномерного нагрева, где обеспечиваются требуемые режимы термической обработки, должна составлять не менее 2—3 толщин в каждую сторону от оси сварного шва, но не менее 200 мм. Общая зона нагрева должна быть замкнутой и охватывать все поперечное сечение корпуса сосуда.

7.9 Для обеспечения равномерности температуры в зоне равномерного нагрева общая зона нагрева L, мм, расположенная под нагревательным устройством, в каждую сторону от оси сварного шва должна быть не менее значения, вычисляемого по формуле

$$L = 2{,}5\sqrt{R \cdot s}, \tag{2}$$

где R — внутренний радиус сосуда, мм;

s — толщина стенки сосуда, мм.

Примечание — Зоной равномерного нагрева считают область сварного шва и прилегающих участков, нагреваемых до температуры термической обработки, которые проходят полный цикл термической обработки по заданному режиму.

7.10 В случае невозможности симметричного расположения нагревательных устройств относительно оси сварного шва допускается одновременно уменьшить зону нагрева с одной стороны шва и увеличить с другой стороны шва, при этом в зону равномерного нагрева должны быть включены сварной шов и основной металл шириной не менее толщины стенки или 50 мм (принимают меньшее значение).

7.11 При сварке патрубка или штуцера с корпусом сосуда или ремонте этого шва нагреву необходимо подвергать весь сварной шов независимо от протяженности дефектного участка. Размеры общей зоны нагрева должны быть указаны в технологической документации.

7.12 Сварные швы, подвергаемые термической обработке, должны быть расположены на расстоянии не менее 5 толщин стенки от штуцеров, люков или других выступающих частей. Если последние попадают в зону нагрева, то швы приварки этих элементов к корпусу сосуда должны быть термически обработаны одновременно с основным сварным швом.

7.13 При местной термической обработке сосудов с толщиной стенки до 60 мм следует применять односторонний нагрев, с толщиной стенки свыше 60 до 110 мм — односторонний нагрев с увеличенной двухсторонней тепловой изоляцией, при этом возможность применения одностороннего нагрева должна быть подтверждена расчетом температурного поля, с толщиной стенки свыше 110 мм — двухсторонний нагрев.

7.14 Мощность, конфигурация и расположение нагревательных устройств должны обеспечивать режимы и параметры местной термической обработки согласно требованиям настоящего стандарта и технологической документации.

7.15 Если для обеспечения зоны нагрева требуются два и более нагревательных устройств, то расстояние между ними не должно превышать значения толщины стенки изделия, рекомендуется не более 25 мм.

7.16 При возникновении условий, вызывающих смещение или деформацию температурного поля, следует принять следующие меры по устранению или нейтрализации их последствий:

- деление всей зоны нагрева на отдельные участки с автономным управлением по каждому из них (каналы нагрева);
- смещение центра симметрии нагревательной системы относительно сварного шва;
- расширение зоны нагрева с нижней стороны сварного шва (на вертикальных поверхностях) на величину, как правило, равную толщине стенки сосуда;
- наложение дополнительной тепловой изоляции;
- при использовании нескольких независимых каналов нагрева для термической обработки одного сварного шва график нагрева должен быть одинаковым и нагрев по всем каналам нагрева должен начинаться одновременно.

7.17 При термической обработке корпуса сосуда должен быть обеспечен доступ к зоне нагрева изнутри и снаружи для размещения нагревательных устройств, тепловой изоляции и средств измерений для контроля температуры.

7.18 Термопары следует располагать в контрольных точках, которые выбирают в зависимости от размеров зоны нагрева, количества каналов нагрева, применяемого оборудования и конкретных условий нагрева таким образом, чтобы контролировать режимы и параметры термической обработки всей зоны нагрева.

7.19 Температуру в зоне равномерного нагрева контролируют, как минимум, в следующих точках:

а) по ширине зоны равномерного нагрева — точка по центру сварного шва или точка на основном металле рядом со сварным швом;

б) точки на краях зоны равномерного нагрева; при проведении термической обработки труб с зоной нагрева согласно 7.9 допускается не контролировать температуру по краям зоны равномерного нагрева;

в) по длине замкнутой зоны равномерного нагрева (кольцевой сварной шов) в зависимости от диаметра изделия:

1) на штуцерах диаметром:
   - до 170 мм — в одной точке;
   - свыше 170 до 350 мм — в двух диаметрально расположенных точках;
   - свыше 350 до 550 мм — в трех равномерно расположенных точках;
   - свыше 550 мм — в четырех равномерно расположенных по окружности точках;

2) на сосудах диаметром:
   - до 1600 мм — в шести или более равномерно расположенных по окружности точках;
   - свыше 1600 мм — в двенадцати равномерно расположенных по окружности точках;

г) при двухстороннем нагреве контроль температуры осуществляют с каждой стороны;

д) перепад температуры по сечению изделия при толщине стенки до 60 мм допускается не контролировать.

7.20 Количество точек контроля должно соответствовать количеству используемых каналов нагрева, при этом регулирующие термопары могут выполнять функцию управления и контроля.

7.21 Тепловая изоляция должна обеспечивать снижение тепловых потерь с нагреваемой поверхности и нагревательных устройств, уменьшать градиент температуры по толщине (при наличии двухсторонней тепловой изоляции), по стенке изделия и скорость охлаждения.

7.22 Термостойкость тепловой изоляции должна соответствовать температуре изделия и нагревательных устройств.

7.23 При термической обработке сосудов тепловую изоляцию должны накладывать на обе поверхности стенки нагреваемого изделия.

7.24 Тепловая изоляция должна быть толщиной не менее 50 мм, шириной — не менее чем двукратная ширина зоны нагрева, но не менее 250 мм в каждую сторону.

7.25 Разрывы и пропуски тепловой изоляции не допускаются.

7.26 Выступающие части конструкции, попадающие в зону нагрева, такие как штуцера, бобышки, фланцы и др., должны быть полностью покрыты тепловой изоляцией.

7.27 Нагреваемый сварной узел должен быть защищен от ветра, сквозняков и атмосферных осадков.

7.28 Проведение других видов нагрева (предварительный и сопутствующий подогрев перед сваркой, отдых, промежуточный отпуск и т. п.) осуществляют на том же оборудовании, на котором проводят основную термическую обработку, при этом требования к расположению нагревателей и контрольных точек должны быть указаны в технологической документации.

7.29 Скорость нагрева при местной термической обработке назначают с учетом конструкции и материала изделия, при этом она не должна превышать скорость нагрева, рассчитанную по формуле (1). Скорость нагрева контролируют, начиная от исходной температуры. Скорость охлаждения при местной термической обработке не должна превышать скорость нагрева. Скорость охлаждения контролируют до температуры 420 °С, далее изделие рекомендуется охлаждать естественным путем под слоем тепловой изоляции до 60 °С.

8 Контроль качества

8.1 Контроль качества ПСТО сварного сосуда и (или) его сварных соединений, деталей, в том числе с наплавкой, сборочных единиц, узлов заключается в контроле технологического процесса ПСТО и контроле качества термически обработанного сварного сосуда и его сварных соединений, деталей, в том числе с наплавкой, сборочных единиц, узлов, в том числе контрольных сварных соединений.

8.2 При контроле технологического процесса ПСТО с целью предотвращения возникновения брака и обеспечения качества сварного сосуда и (или) его сварных соединений, деталей, в том числе с наплавкой, сборочных единиц, узлов проводят следующее:

- до начала технологического процесса ПСТО проверяют наличие технологической документации, исправность оборудования для термической обработки (печей, горелок, теплогенерирующих устройств, электрических нагревательных устройств и пр.), наличие сведений о поверке средств измерений, исправность и правильность их подключения;
- в ходе технологического процесса ПСТО проверяют соответствие фактических режимов требуемым согласно технологической документации.

8.3 Соблюдение температурно-временного режима технологического процесса ПСТО является основным показателем качества ее выполнения.

8.4 Контроль качества термически обработанного сварного сосуда и (или) его сварных соединений, деталей с наплавкой, сборочных единиц, узлов, в том числе контрольных сварных соединений, проводят в соответствии с ГОСТ 34347 с применением методов по ГОСТ 3242, ГОСТ Р ИСО 17637, ГОСТ ISO 17636-1, ГОСТ ISO 17636-2, ГОСТ ISO 17638, ГОСТ Р ИСО 3452-1, ГОСТ Р ИСО 9934-1, ГОСТ Р ИСО 17640, ГОСТ ISO 13588, ГОСТ ISO 10863.

8.5 При отсутствии нарушений температурно-временного режима технологического процесса ПСТО и при получении удовлетворительных результатов контроля качества термически обработанных сварных соединений сосуда или его деталей, сборочных единиц, узлов, а также контрольных сварных соединений результаты ПСТО признают удовлетворительными.

8.6 При наличии нарушений температурно-временного режима технологического процесса ПСТО или при получении неудовлетворительных результатов контроля качества термически обработанных сварных соединений сосуда или его деталей, сборочных единиц, узлов, а также контрольных сварных соединений результаты ПСТО признают неудовлетворительными. При этом рекомендуется назначить проверку технологической документации на проведение ПСТО с учетом фактической технологии сварочных работ, провести дополнительный контроль сварных соединений. По результатам проверки технологической документации и дополнительного контроля сварных соединений принимают решение о допустимости отклонений от температурно-временного режима ПСТО или выявленных дефектов сварного соединения. В случае принятия решения о недопустимости отклонений или дефектов определяют причины их возникновения и способы исправления, при этом назначают либо проведение повторной ПСТО с возможной корректировкой режима, либо ремонт дефектного сварного шва, либо другие технологические решения.

8.7 Результаты ПСТО должны быть оформлены документально. Рекомендуемая форма акта о проведении ПСТО сварного сосуда и его сварных соединений, деталей с наплавкой, сборочных единиц, узлов, в том числе контрольных сварных соединений, приведена в приложении В.

8.8 По требованию заказчика или при необходимости к акту о проведении ПСТО могут быть приложены:

- диаграмма термической обработки;
- копия технологического процесса ПСТО;

- копии удостоверений операторов-термистов;
- перечень примененных средств измерений для контроля режима термической обработки с указанием их номеров записей о поверке средств измерений в единой информационной системе учета средств измерений;
- копии протоколов измерений твердости сосуда и его сварных соединений;
- другие документы, подтверждающие качество проведения ПСТО сосуда.

9 Требования безопасности и охраны окружающей среды

9.1 В целях обеспечения безопасности и предупреждения нанесения вреда окружающей среде и здоровью человека проведение ПСТО необходимо осуществлять в соответствии с технологической документацией изготовителя сосуда, руководствами по эксплуатации оборудования, средств измерений и с учетом требований настоящего стандарта, конструкторской документации, документации изготовителя или потребителя.

9.2 При подготовке и проведении ПСТО должны соблюдаться требования пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004, электробезопасности по ГОСТ 12.1.019.

9.3 Производственное оборудование должно отвечать требованиям безопасности по ГОСТ 12.2.003.

9.4 Производственные процессы должны отвечать требованиям безопасности по ГОСТ 12.3.002.

9.5 Процессы термической обработки должны отвечать требованиям безопасности по ГОСТ 12.3.004.

9.6 Погрузочно-разгрузочные работы с сосудом, его узлами, сборочными единицами, деталями должны отвечать требованиям безопасности по ГОСТ 12.3.009.

9.7 К проведению работ по ПСТО допускается персонал, имеющий документы о соответствующей квалификации оператора-термиста, прошедший проверку знаний правил работы в электроустановках, имеющий документы о квалификации не ниже II группы по электробезопасности, прошедший инструктаж по работе с оборудованием.

9.8 Проведение любых работ на объекте во время проведения ПСТО не допускается без согласования с лицами, ответственными за ПСТО.

Приложение *А*
(справочное)

Классификация типичных марок стали и сплавов

Таблица А.1 — Классификация типичных марок стали и сплавов

Классификация по ГОСТ 34347	Классификация по ГОСТ 34951	Структурный класс	Типичная марка стали или сплава
Углеродистые	Нелегированные	Перлитный	Ст3сп; Ст3пс
Низколегированные марганцовистые, марганцевокремнистые			20; 15К; 16К; 18К; 20К; 22К; 20Юч
			09Г2; 10Г2; 14Г2; 16ГС; 17ГС; 17Г1С
	Легированные		09Г2С; 10Г2С1; 10ХСНД
Экономно легированные никелем (криогенные)			0Н3; 0Н6; 0Н6Б; 0Н6ДМБ; 0Н9; 0Н9Б
Теплоустойчивые хромомолибденовые, хромомолибденованадиевые			12ХМ; 15ХМ; 12Х1МФ; 10Х2М (10Х2М1)
		Мартенситный	15Х5; 15Х5М; 15Х5М-У; 15Х5ВФ; 12Х8; 12Х8ВФ; 13Х9М
Коррозионно-стойкие, жаростойкие, жаропрочные	Нержавеющие	Ферритный	08Х13; 08Х17Т; 15Х25Т; 15Х28
		Мартенсито-ферритный	12Х13
		Мартенситный	20Х13
		Аустенито-мартенситный	07Х16Н6
		Аустенитный	03Х17Н14М3; 03Х18Н11; 03Х21Н21М4ГБ; 08Х17Н13М2Т; 08Х17Н15М3Т; 08Х18Н10Т; 08Х18Н12Т; 08Х18Н12Б; 10Х14Г14Н4Т; 10Х17Н13М2Т; 10Х17Н13М3Т; 10Х23Н18; 12Х18Н9Т; 12Х18Н10Т; 12Х18Н12Т; 20Х23Н18; 20Х25Н20С2
Коррозионно-стойкие, жаростойкие, жаропрочные	Нержавеющие	Аустенито-ферритный	03Х22Н5АМ3; 03Х23Н6; 03Х22Н6М2; 08Х18Г8Н2Т; 08Х21Н6М2Т; 08Х22Н6Т; 15Х18Н12С4ТЮ; 20Х23Н13
—	Сплавы на железоникелевой основе	—	03ХН28МДТ; 06ХН28МДТ; 05ХН32Т; 12ХН35ВТ; 08ХН35ВТЮ; 12ХН38ВТ
—	Сплавы на никелевой основе	—	ХН63МБ; ХН65МВ; ХН75МБТЮ; ХН78Т

Приложение Б
(обязательное)

Режимы послесварочной термической обработки

Режимы ПСТО сварных сосудов и их элементов из различных марок стали или сплавов, а также плакированного (двухслойного) проката на их основе приведены в таблицах Б.1—Б.6.

Таблица Б.1 — Режимы послесварочной термической обработки сварных сосудов и их элементов из нелегированной (углеродистой), нелегированной и легированной (низколегированной) стали перлитного класса, плакированного проката на их основе

Наименование показателя	Нелегированная (углеродистая), нелегированная и легированная (низколегированная) сталь перлитного класса		
	марок типа Ст3сп, Ст3пс, 20, 15К, 16К, 18К, 20К, 22К, 20Юч	марок типа 09Г2, 10Г2, 14Г2, 16ГС, 17ГС, 17Г1С, 09Г2С, 10Г2С1, 10ХСНД	марок типа Ст3сп, Ст3пс, 20, 15К, 16К, 18К, 20К, 22К, 20Юч, 09Г2, 10Г2, 14Г2, 16ГС, 17ГС, 17Г1С, 09Г2С, 10Г2С1, 10ХСНД
Вид сварочного процесса	Дуговая сварка		
Вид термической обработки	Промежуточный отпуск[1)]		Высокий отпуск[2)]
Режим термической обработки			
Температура нагрева, °С	510—550	560—600	600—650
Продолжительность выдержки	При толщине стенки до 50 мм — 2,5 мин на 1 мм толщины, но не менее 1 ч, свыше 50 — 2 ч плюс 15 мин на каждые 25 мм толщины свыше 50 мм		
Условия охлаждения	В печи до 420 °С, далее на воздухе		В печи до 420 °С, далее на воздухе[3)]

Продолжение таблицы Б.1

Наименование показателя	Нелегированная (углеродистая), нелегированная и легированная (низколегированная) сталь перлитного класса	
	марок типа Ст3сп, Ст3пс, 20, 15К, 16К, 18К, 20К, 22К, 20Юч, 09Г2, 10Г2, 14Г2, 16ГС, 17ГС, 17Г1С, 09Г2С, 10Г2С1, 10ХСНД	
Вид сварочного процесса	Электрошлаковая сварка	
Вид термической обработки	Нормализация и высокий отпуск	
Режим термической обработки		
Температура нагрева, °С	910—980	600—650
Продолжительность выдержки	1,5 мин на 1 мм толщины	При толщине стенки до 50 мм — 2,5 мин на 1 мм толщины, но не менее 1 ч, свыше 50 — 2 ч плюс 15 мин на каждые 25 мм толщины свыше 50 мм
Условия охлаждения	На воздухе	

Окончание таблицы Б.1

<table>
<tr><td rowspan="2">Наименование показателя</td><td colspan="2">Нелегированная (углеродистая), нелегированная и легированная (низколегированная) сталь перлитного класса</td></tr>
<tr><td colspan="2">марок типа Ст3сп, Ст3пс, 20, 15К, 16К, 18К, 20К, 22К, 20Юч, 09Г2, 10Г2, 14Г2, 16ГС, 17ГС, 17Г1С, 09Г2С, 10Г2С1, 10ХСНД</td></tr>
<tr><td>Вид сварочного процесса</td><td colspan="2">Независимо от вида сварочного процесса</td></tr>
<tr><td>Вид термической обработки</td><td colspan="2">Закалка и высокий отпуск</td></tr>
<tr><td colspan="3">Режим термической обработки</td></tr>
<tr><td>Температура нагрева, °С</td><td>900—950</td><td>600—650</td></tr>
<tr><td>Продолжительность выдержки</td><td>1,5 мин на 1 мм толщины</td><td>При толщине стенки до 50 мм — 2,5 мин на 1 мм толщины, но не менее 1 ч, свыше 50 — 2 ч плюс 15 мин на каждые 25 мм толщины свыше 50 мм</td></tr>
<tr><td>Условия охлаждения</td><td>В воде с интенсивным перемешиванием при температуре не выше 50 °С</td><td>На воздухе</td></tr>
<tr><td colspan="3">[1] Проводят при необходимости.
[2] При высоком отпуске сварных элементов сосудов, предназначенных для работы в средах, содержащих влажный сероводород, растворы едкого натра и калия, амины, плавиковую кислоту, этанол деаэрации, температура нагрева должна быть в пределах от 620 °С до 650 °С, а в средах, содержащих карбонаты, температура нагрева должна быть в пределах от 650 °С до 675 °С.
[3] При температуре окружающего воздуха не менее 18 °С допускается проводить охлаждение на спокойном воздухе.
Примечания
1 Для сосудов, предназначенных для работы при температурах не ниже минус 40 °С, термическую обработку по режиму «нормализация» сварных элементов (обечаек, узлов, днищ и т. п.) из нелегированной (углеродистой), нелегированной и легированной (низколегированной) стали перлитного класса допускается совмещать с вальцовкой, калибровкой, штамповкой в горячем состоянии при окончании процесса деформации при температуре не ниже 700 °С.
2 Для сосудов, предназначенных для работы при температурах от минус 41 °С до минус 70 °С, термическую обработку днищ из легированной (низколегированной) стали перлитного класса марок типа 09Г2С, 10Г2С1 после штамповки в горячем состоянии рекомендуется проводить независимо от вида сварочного процесса по одному из режимов:
- нормализация (температура нагрева 920—950 °С) и высокий отпуск;
- закалка и высокий отпуск.
3 Термическую обработку по режиму «закалка и высокий отпуск» рекомендуется проводить для сварных элементов (обечаек, узлов, днищ и т. п.) с толщиной стенки более 90 мм.</td></tr>
</table>

Таблица Б.2 — Режимы послесварочной термической обработки сварных сосудов и их элементов из хромомолибденовой, хромованадиевой легированной стали перлитного и мартенситного классов, плакированного проката на их основе

Наименование показателя	Хромомолибденовая, хромованадиевая легированная сталь перлитного и мартенситного классов марок							
	12ХМ, 15ХМ	12Х1МФ	10Х2М (10Х2М1)	15Х5М, 15Х5ВФ, 12Х8, 12Х8ВФ, 13Х9М	12ХМ, 15ХМ	12Х1МФ	10Х2М (10Х2М1)	15Х5М, 15Х5ВФ, 12Х8, 12Х8ВФ, 13Х9М
Вид сварочного процесса	Дуговая сварка							
Вид термической обработки	Промежуточный отпуск[1)]				Высокий отпуск			
Режим термической обработки								
Температура нагрева, °С	630—660	660—700	640—670	700—730	670—710	710—740	690—730	740—760
Продолжительность выдержки	При толщине стенки до 50 мм — 2,5 мин на 1 мм толщины, но не менее 1 ч, свыше 50 до 125 мм — 2 ч плюс 2,5 мин на каждый 1 мм толщины свыше 50 мм, свыше 125 мм — 5 ч плюс 15 мин на каждые 25 мм толщины свыше 125 мм							
Условия охлаждения	В печи до 420 °С, далее на воздухе[2)]							
Вид сварочного процесса	Электрошлаковая сварка							
Вид термической обработки	Нормализация и высокий отпуск							
Режим термической обработки								
Температура нагрева, °С	910—980	940—980	925—955	940—980	670—710	710—740	690—730	710—760
Продолжительность выдержки	1,5 мин на 1 мм толщины				При толщине стенки до 50 мм — 2,5 мин на 1 мм толщины, но не менее 1 ч, свыше 50 до 125 мм — 2 ч плюс 2,5 мин на каждый 1 мм толщины свыше 50 мм, свыше 125 мм — 5 ч плюс 15 мин на каждые 25 мм толщины свыше 125 мм			
Условия охлаждения	На воздухе							
Вид сварочного процесса	Независимо от вида сварочного процесса							
Вид термической обработки	Закалка и высокий отпуск							
Режим термической обработки								
Температура нагрева, °С	910—980	940—980	925—955	940—980	670—710	710—740	690—730	710—760
Продолжительность выдержки	1,5 мин на 1 мм толщины				При толщине стенки до 50 мм — 2,5 мин на 1 мм толщины, но не менее 1 ч, свыше 50 до 125 мм — 2 ч плюс 2,5 мин на каждый 1 мм толщины свыше 50 мм, свыше 125 мм — 5 ч плюс 15 мин на каждые 25 мм толщины свыше 125 мм			

Окончание таблицы Б.2

Наименование показателя	Хромомолибденовая, хромованадиевая легированная сталь перлитного и мартенситного классов марок							
	12ХМ, 15ХМ	12Х1МФ	10Х2М (10Х2М1)	15Х5М, 15Х5ВФ, 12Х8, 12Х8ВФ, 13Х9М	12ХМ, 15ХМ	12Х1МФ	10Х2М (10Х2М1)	15Х5М, 15Х5ВФ, 12Х8, 12Х8ВФ, 13Х9М
Условия охлаждения	В воде с интенсивным перемешиванием при температуре не выше 50 °С				На воздухе			

[1] Проводят при необходимости.

[2] При температуре окружающего воздуха не менее 18 °С допускается проводить охлаждение на спокойном воздухе.

Примечания

1 Термическую обработку по режиму «нормализация» сварных элементов (обечаек, узлов, днищ и т. п.) из хромомолибденовой, хромованадиевой легированной стали перлитного и мартенситного классов допускается совмещать с вальцовкой, калибровкой, штамповкой в горячем состоянии при окончании процесса деформации при температуре не ниже 800 °С.

2 Термическую обработку днищ из хромомолибденовой, хромованадиевой легированной стали перлитного класса после штамповки в горячем состоянии рекомендуется проводить по режимам «нормализация и высокий отпуск» или «закалка и высокий отпуск» независимо от вида сварочного процесса.

Таблица Б.3 — Режимы послесварочной термической обработки сварных сосудов и их элементов из хромистой нержавеющей стали ферритного, мартенсито-ферритного, мартенситного классов

Наименование показателя	Хромистая нержавеющая сталь ферритного, мартенсито-ферритного, мартенситного классов марок типа 08Х13, 12Х13, 20Х13			Хромистая нержавеющая сталь ферритного класса марок типа 08Х17Т, 15Х25Т, 15Х28
Вид сварочного процесса	Дуговая сварка	Электрошлаковая сварка		Независимо от вида сварочного процесса
Вид термической обработки	Высокий отпуск	Закалка и высокий отпуск		Высокий отпуск
Режим термической обработки				
Температура нагрева, °С	685—730	980—1050	685—730	720—780
Продолжительность выдержки	30 мин плюс 1 мин на 1 мм толщины	5 мин плюс 1 мин на 1 мм толщины	30 мин плюс 1 мин на 1 мм толщины	От 1 до 2 ч
Условия охлаждения	В печи до 420 °С, далее на воздухе	В воде или на воздухе	В печи до 420 °С, далее на воздухе	В печи до 420 °С, далее на воздухе[1]

[1] При температуре окружающего воздуха не менее 18 °С допускается проводить охлаждение на воздухе.

Примечание — Термическую обработку днищ из хромистой нержавеющей стали ферритного, мартенсито-ферритного, мартенситного классов после штамповки в горячем состоянии рекомендуется проводить по режиму «закалка и высокий отпуск» независимо от вида сварочного процесса.

Таблица Б.4 — Режимы послесварочной термической обработки сварных сосудов и их элементов из хромоникелевой, хромоникельмолибденовой нержавеющей стали аустенитного класса

Наименование показателя	Хромоникелевая нержавеющая сталь аустенитного класса марок типа 03Х18Н11, 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Т, 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т		Хромоникельмолибденовая нержавеющая сталь аустенитного класса марок типа 03Х17Н14М3, 08Х17Н13М2Т, 08Х17Н15М3Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т
Вид сварочного процесса	Независимо от вида сварочного процесса		Независимо от вида сварочного процесса
Вид термической обработки	Стабилизирующий отжиг[1)]	Закалка (аустенитизация)[2)]	
Режим термической обработки			
Температура нагрева, °С	870—920	1050—1100	
Продолжительность выдержки	От 2 до 3 ч	При толщине стенки до 10 мм — 30 мин, свыше 10 мм — 30 мин плюс 1 мин на 1 мм толщины	
Условия охлаждения	На воздухе		При толщине стенки до 10 мм — на воздухе, свыше 10 мм — в воде

[1)] Проводят с учетом 4.61.

[2)] При закалке сварных элементов сосудов, предназначенных для работы в азотной кислоте, температура нагрева должна быть на верхнем пределе, при этом продолжительность выдержки должна быть не менее 1 ч.

Примечания

1 Термическую обработку сварных элементов (обечаек, узлов и т. п.) из нержавеющей стали аустенитного класса допускается совмещать с термической обработкой сосуда.

2 Термическую обработку днищ из нержавеющей стали аустенитного класса допускается совмещать с вальцовкой, калибровкой, штамповкой в горячем состоянии при окончании процесса деформации при температуре не ниже 850 °С.

Таблица Б.5 — Режимы послесварочной термической обработки сварных сосудов и их элементов из сплавов на железоникелевой основе

Марка сплава	03ХН28МДТ; 06ХН28МДТ		02ХН30МДБ	05ХН32Т
Вид термической обработки	Отжиг	Закалка		
Вид сварочного процесса	Независимо от вида сварочного процесса			
Режим термической обработки				
Температура нагрева, °С	1040—1060	1050—1080	1060—1080	1100—1150
Продолжительность выдержки	Не менее 2 ч	При толщине стенки до 15 мм — 30 мин, свыше 15 мм — 30 мин плюс 1 мин на 1 мм толщины	От 2 до 3 мин на 1 мм толщины, но не менее 10 мин	При толщине стенки до 15 мм — 30 мин, свыше 15 мм — 30 мин плюс 1 мин на 1 мм толщины
Условия охлаждения	На воздухе	В воде		В воде или на воздухе

Окончание таблицы Б.5

Марка сплава	08ХН35ВТЮ			12ХН35ВТ; 12ХН38ВТ		
Вид термической обработки	Двойная закалка		Старение	Закалка	Двойное старение	
Вид сварочного процесса	Независимо от вида сварочного процесса					
Режим термической обработки						
Температура нагрева, °С	1180—1200	1040—1060	750—800	1080—1100	850—900	700
Продолжительность выдержки	От 2,5 до 8,0 ч	4 ч	16 ч	От 1,0 до 1,5 ч	10 ч	От 25 до 50 ч
Условия охлаждения	На воздухе			В воде	На воздухе	

Таблица Б.6 — Режимы послесварочной термической обработки сварных сосудов и их элементов из сплавов на никелевой основе

Марка сплава	ХН63МБ	ХН65МВ	ХН75МБТЮ	ХН78Т
Вид термической обработки	Закалка[1)]			Закалка
Вид сварочного процесса	Независимо от вида сварочного процесса			
Режим термической обработки				
Температура нагрева, °С	1090—1110	1070—1090	1080—1120	980—1020
Продолжительность выдержки	5 мин на 1 мм толщины	От 3 до 5 мин на 1 мм толщины		От 2,5 до 3,0 мин на 1 мм толщины
Условия охлаждения	В воде		На воздухе	В воде или на воздухе
[1)] Термическую обработку проводят, если по результатам испытаний образцов от контрольных сварных соединений стойкость против МКК не подтверждена.				

Приложение В
(рекомендуемое)

Форма акта о проведенной послесварочной термической обработке

Акт
о проведенной послесварочной термической обработке

№ _____ от «____» _____ _____ г.

Наименование и (или) обозначение сварного сосуда и (или) его сварных соединений, деталей с наплавкой, сборочных единиц, узлов	
Наименование и (или) обозначение контрольных сварных соединений	
Наименование материалов	
Исполнитель	
Наименование и обозначение технологического документа, в соответствии с которым проведена термическая обработка	
Вид и цель термической обработки	
Наименование и заводской номер оборудования для проведения термической обработки	
Наименование и заводской номер средств измерений, класс точности	

Режим термической обработки

Параметр технологического процесса	Заданные значения	Фактические значения
Температура нагрева, °С		
Продолжительность выдержки, ч		
Скорость нагрева свыше температуры 420 °С, °С/ч, не более		
Скорость охлаждения до температуры 420 °С, °С/ч, не более		

Заключение

Проведенная послесварочная термическая обработка сварного сосуда и (или) его сварных соединений, деталей с наплавкой, сборочных единиц, узлов соответствует требованиям технологического процесса № _____ от _____ .

Приложение — Диаграмма термической обработки № _____ от «___» _____ _____ г.

Лицо, ответственное за проведение послесварочной термической обработки

_____	_____	_____
(Должность)	(Подпись)	(Фамилия и инициалы)

Представитель заказчика (при необходимости)

_____	_____	_____
(Должность)	(Подпись)	(Фамилия и инициалы)

УДК 669.1:006.354 ОКС 71.120.01

Ключевые слова: послесварочная термическая обработка, сосуд, сварное соединение

Редактор *Е.Ю. Митрофанова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *С.И. Фирсова*
Компьютерная верстка *М.В. Малеевой*

Сдано в набор 04.04.2025. Подписано в печать 16.04.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,00.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

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