СТАНДАРТ
ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры»

Термическая обработка нефтехимической аппаратуры и её элементов

СТО 00220368-019-2011

Издание официальное

Волгоград
2011

ОАО "ВНИИПТхимнефтеаппаратуры"
Данная копия является подлинным документом
Дата 30.10.2012
Подпись

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Открытым акционерным обществом «Волгоградский научно-исследовательский и проектный институт технологии химического и нефтяного аппаратостроения» – ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры»

Открытым акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский институт нефтяного машиностроения» –ОАО «ВНИИнефтемаш»

В разработке настоящего стандарта участвовали:
– В.И. Курило, В.К. Красильников, Т.И. Меняйлова, К.А. Сазонов, В.А. Бабкин, А.И. Лавров, П.Б. Ловырев (ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры»)
– А.Н. Бочаров, Н.М. Королев (ОАО «ВНИИНЕФТЕМАШ»)

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры» №232 от 25.10.2011 г.

3 ВЗАМЕН РТМ 26-44-82

Экспертиза стандарта проведена ТК 364 «Сварка и родственные процессы» (Ростехрегулирование) от «17» октября 2011 г.

© ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры»

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без письменного разрешения ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры»

Содержание

1	Область применения	1
2	Нормативные ссылки	2
3	Термины, определения и сокращения	3
4	Основные положения	4
5	Технологические указания по термообработке сварных узлов и аппаратов	6
5.1	Общие требования	6
5.2	Технологические указания по объемной печной термообработке сварных узлов и аппаратов	37
5.3	Технологические указания по местной термообработке сварных соединений	38
5.4	Технологические указания по внепечной объемной термообработке	41
6	Контроль качества термической обработки	43
7	Контроль качества сварных соединений	43
8	Термическая обработка после исправления дефектов сварных соединений	43
9	Требования безопасности труда	44
	Приложение А. Оформление диаграммы термообработки	45
	Приложение Б. Классификация групп свариваемых материалов	46
	Приложение В. Специализированные научно-исследовательские организации – авторы настоящего стандарта	48
	Библиография	49

СТАНДАРТ ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры»

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ И ЕЁ ЭЛЕМЕНТОВ

Утвержден и введен в действие приказом ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры» № 232 от 25 . 10 . 2011 г.

Дата введения: 2011-11-01

1 Область применения

Настоящий стандарт содержит требования и основные технологические рекомендации по термической обработке сварной нефтехимической, химической и газовой аппаратуры, её элементов и сборочных единиц, технологических трубопроводов, изготавливаемых из углеродистых, низколегированных, теплоустойчивых высоколегированных, двухслойных, разнородных сталей, а также сплавов на железоникелевой и никелевой основах. Классификация свариваемых материалов приведена в таблице Б1 Приложении Б.

СТО распространяется на проектирование, изготовление, монтаж и ремонт сосудов, аппаратов толщиной до 250 мм и технологических трубопроводов толщиной до 30 мм, работающих при температурах не ниже минус 70°С. Сосуды и аппараты работают под избыточным давлением до 16,0 МПа, технологические трубопроводы – до 320 МПа и подконтрольны Ростехнадзору, как опасные технические устройства.

Стандарт разработан с учетом требований ГОСТ Р 52630, ГОСТ Р 53677, ГОСТ Р 53684, ПБ 03-576 [1], ПБ 03-584 [2], ПБ 03-585 [3], СТП 26.260.484, ОСТ 26.260.480, СТО 00220368-008, СТО 00220368-011, СТО 00220368-012, СТО 00220368-013, СТО 00220368-016, ОТУ 3 [4], СТО 00220368-017 и РД 26-02-80 [5].

Настоящий стандарт предназначен для технологов, конструкторов, мастеров производства, ОТК и рабочих, занимающихся термообработкой аппаратов и трубопроводов.

Рекомендации должны учитываться при разработке стандартов предприятий, технологических процессов, а также при проектировании аппаратуры.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты, правила и другие нормативные документы:

ГОСТ Р 52630-2006 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия

ГОСТ Р 53677-2009 Нефтяная и газовая промышленность. Кожухотрубчатые теплообменники. Технические требования

ГОСТ Р 53684-2009 Аппараты колонные. Технические требования

ГОСТ Р ИСО 857-1-2009 Сварка и родственные процессы. Словарь. Часть I. Процессы сварки металлов. Термины и определения

ГОСТ Р ИСО 17659-2009 Сварка. Термины многоязычные для сварных соединений

ГОСТ 2601-84 Терминология и классификация

ОСТ 26-01-858-94 Сосуды и аппараты сварные из никеля и коррозионностойких сплавов на основе никеля

ОСТ 26.260.18-2004 Блоки технологические для газовой и нефтяной промышленности. Общие технические условия

ОСТ 26.260.480-2003 Сосуды и аппараты из двухслойных сталей. Сварка и наплавка

ОСТ 36-50-86 Трубопроводы стальные технологические. Термическая обработка сварных соединений

СТО 00220368-008-2006 Изготовление деталей и узлов из коррозионностойких сплавов на железоникелевой и никелевой основе, разнородных соединений и двухслойных сталей с плакирующим слоем из сплавов марок 06ХН28МДТ, ХН65МВ и Н70МФВ-ВИ

СТО 00220368-011-2007 Сварка разнородных соединений сосудов, аппаратов и трубопроводов из углеродистых, низколегированных, теплоустойчивых, высоколегированных сталей и сплавов на железоникелевой и никелевой основах

СТО 00220368-012-2008 Сварка сосудов, аппаратов и трубопроводов из углеродистых и низколегированных сталей

СТО 00220368-013-2009 Сварка сосудов, аппаратов и трубопроводов из высоколегированных сталей

СТО 00220368-016-2009 Сварка сосудов и аппаратов, работающих под давлением, из сталей повышенной категории прочности марок 15Г2СФ и 09ХГН2АБ

СТО 00220368-017-2010 Сварка сосудов, аппаратов и трубопроводов из теплоустойчивых сталей

СТП 26.260.484-2004 Термическая обработка коррозионностойких сталей и сплавов на железоникелевой основе в химическом машиностроении

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим СТО следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены термины в соответствии с ГОСТ 2601, ГОСТ Р ИСО 857-1 и ГОСТ Р ИСО 17659, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **автоматическая сварка:** Сварка, выполняемая машиной, действующей по заданной программе, без непосредственного участия человека.

3.1.2 **внепечная термообработка:** Термообработка посредством нагрева теплоносителем изнутри изделия.

3.1.3 **время выдержки:** время пребывания изделия в диапазоне температур термообработки.

3.1.4 **зона равномерного нагрева:** Зона местной термообработки – область сварного шва и прилегающих участков, нагреваемых до температуры термообработки.

3.1.5 **зона термического влияния:** Участок основного металла, не подвергшийся расплавлению, структура и свойства которого изменились в результате нагрева при сварке или наплавке.

3.1.6 **местная термообработка:** Термообработка одного или нескольких сварных соединений, компактно расположенных на изделии.

3.1.7 **механизированная сварка:** Сварка, выполняемая с применением машин и механизмов, управляемых человеком.

3.1.8 **объемная термообработка:** Термообработка, которая выполняется путем помещения сварного узла или изделия в печь.

3.1.9 **ручная сварка:** Сварка, выполняемая человеком с помощью инструмента, получающего энергию от специального источника.

3.1.10 **сварная конструкция:** Металлическая конструкция, изготовленная сваркой отдельных деталей.

3.1.11 **сварной узел:** часть конструкции, в которой сварены примыкающие друг к другу элементы.

3.1.12 **слой сварного шва:** Часть металла сварного шва, которая состоит из одного или нескольких валиков, располагающихся на одном уровне поперечного сечения шва.

3.1.13 **скорость нагрева:** средняя скорость набора температуры изделия от начала нагрева до нижнего предела температуры термообработки.

3.1.14 **стыковое соединение:** сварное соединение двух элементов, примыкающих друг к другу торцевыми поверхностями.

3.1.15 **угловое соединение:** Сварное соединение двух элементов, расположенных под углом и сваренных в месте примыкания их краев.

3.1.16 **тавровое соединение:** сварное соединение, в котором торец одного элемента примыкает под углом и приварен к боковой поверхности другого элемента.

3.1.17 **электрошлаковая сварка:** сварка плавлением, при которой для нагрева используется тепло, выделяющееся при прохождении электрического тока через расплавленный шлак.

3.2 В настоящем стандарте применяются следующие сокращения:

ЗТВ – зона термического влияния;

КСС – контрольное сварное соединение;

МКК – межкристаллитная коррозия;

ПСТО – послесварочная термообработка;

ОСТ – отраслевой стандарт;

ОТУ – общие технические условия;

РД – руководящий документ;
СТО – стандарт организации;
СТП – стандарт предприятия;
ЭШС – электрошлаковая сварка.

4 Основные положения

4.1 Термическая обработка используется для улучшения свойств металла шва и различных участков зоны термического влияния, снятия остаточных напряжений, повышения прочности сварных конструкций, сохранения размеров и формы изделия при механической обработке и эксплуатации.

4.2 При назначении режима термообработки следует стремиться к сохранению свойств основного металла, в противном случае должны быть приняты меры к контролю его свойств.

4.3 Одна и та же термическая обработка может выполнять несколько функций. В зависимости от характера воздействия на сварные соединения применяются следующие виды термообработки:

- **высокий отпуск** для снятия остаточных напряжений, улучшения структуры и свойств шва, зоны термического влияния, для снятия наклёпа, вызванного пластическим деформированием при сварке, а также для устранения эффекта деформационного старения. Применяется для сварных соединений сталей перлитного, мартенситного, мартенсито-ферритного и ферритного классов;
- **нормализация с последующим отпуском или без него** для измельчения недопустимо крупнозернистой структуры шва и участка перегрева в ЗТВ сварных соединений из сталей перлитного и мартенситного (теплоустойчивых) классов, выполненных на режимах с большими погонными энергиями (например, ЭШС), для устранения химической и структурной неоднородностей разных зон сварного соединения.
- **закалка с отпуском** для восстановления разупрочненной зоны и обеспечения требуемых свойств при изготовлении узлов из низколегированных сталей повышенной категории прочности;
- **аустенизация** сварных соединений из хромоникелевых, хромоникеле-молибденовых аустенитных сталей и сплавов на железоникелевой и никелевой основе для повышения их коррозионной стойкости и пластических свойств, устранения склонности к МКК, предотвращения склонности к ножевой коррозии, снятия остаточных напряжений;
- **стабилизирующий отжиг** сварных соединений из хромоникелевых аустенитных сталей для устранения склонности к МКК при температуре эксплуатации более 350°С и снятия остаточных напряжений;
- **«термический отдых»** сварных соединений из теплоустойчивых сталей для удаления водорода из металла шва и ЗТВ с целью снятия ограничения времени после окончания сварки до начала термообработки.

4.4 Сосуды, аппараты, технологические трубопроводы и их элементы, изготовленные с применением сварки, гибки, штамповки, вальцовки подлежат термической обработке в соответствии с требованиями п.п. 6.11.1- 6.11.4, 6.11.6-6.11.8 ГОСТ Р 52630 и п. 7.2.3 ПБ 03-585 [3].

4.5 Требования к термообработке сварных соединений двухслойных сталей дополнительно регламентируются ОСТ 26.260.480, разнородных соединений – СТО 00220368-011, углеродистых и низколегированных сталей – СТО 00220368-012, высоколегированных сталей – СТО 00220368-013, теплоустойчивых сталей – СТО 00220368-017, сплавов на железоникелевой и никелевой основе – СТО 00220368-008, низколегированных сталей повышенной категории прочности – СТО 00220368-016.

4.6 Допускается не термообрабатывать сварные соединения в следующих случаях:

- сварные соединения из сталей марок 12МХ, 12ХМ, 15ХМ, 20ХМЛ толщиной до 10 мм включительно, а также марок 12Х1МФ, 12Х1М1, 15Х1МФ – до 6 мм (для труб диаметром не более 219 мм – до 10 мм), если твердость сварных соединений не превышает 240НВ;
- приварка внутренних и наружных устройств к термообработанным аппаратам из углеродистых, низколегированных и теплоустойчивых сталей типа 12ХМ без последую-последующей термической обработки при условии, что величина катета сварного шва не превышает 8 мм.

Примечание – Применительно к теплоустойчивым сталям типа 12ХМ должна быть разработана технология сварки, обеспечивающая приварку устройств без термической обработки.

4.7 Сварные крышки плавающей головки корпуса теплообменных аппаратов после сварки и ликвидации дефектов сварки подлежат термообработке независимо от марки стали и размеров деталей крышки.

4.8 Если необходимость термообработки установлена согласно п.п. 4.4 и 4.5, то сварные соединения из углеродистых, низколегированных, теплоустойчивых сталей, а также высоколегированных сталей ферритного, мартенсито-ферритного и мартенситного классов, после дуговой сварки должны подвергаться высокому отпуску, после электрошлаковой сварки – нормализации (закалке) и высокому отпуску.

Допускается при изготовлении элементов совмещать нормализацию с нагревом под гибку (штамповку, вальцовку, правку).

4.9 Термообработка сварных сосудов, аппаратов, трубопрооводов должна производится после окончательной сварки и устранения всех дефектов, кроме случаев, когда оговорен незамедлительный высокий отпуск после сварки.

4.10 Технологический процесс термической обработки разрабатывается заводом-изготовителем в соответствии с требованиями чертежа. Термическая обработка не должна снижать качества основного металла и сварных соединений.

4.11 Термическая обработка после сварки производится одним из указанных методов:

- **объемной термообработкой в печи**, которую следует применять там, где возможно её практически осуществить.

Если сосуд полностью не помещается в печь, можно нагрев производить поочередно одного, затем второго конца, при этом нагреваемые участки должны перекрываться не менее чем на 1,5 м.

Часть сосуда, находящаяся вне печи, должна быть изолирована, чтобы не возникал недопустимый градиент температуры. Поперечное сечение сосуда на выходе из печи не должно включать в себя патрубков и других выступов;

- **местной термообработкой** сварных соединений сосудов, при проведении которой должен обеспечиваться равномерный нагрев и охлаждение по всей длине шва и прилегающих к нему зон основного металла, в каждую сторону от оси шва. При наличии требования по стойкости к коррозионному растрескиванию применение местной термообработки должно быть согласовано со специализированной организацией;

- **внепечной объемной термообработкой** посредством нагрева изнутри теплоносителем по режиму высокого отпуска для снижения уровня остаточных напряжений с использованием соответствующих приборов, показывающих и регистрирующих температуру с целью регулирования и поддержания равномерного распределения температур в стенке сосуда.

4.12 Термическая обработка КСС должна быть произведена совместно с изделием или отдельно от него, но с обязательным применением тех же методов, режимов и условий нагрева и охлаждения, что и для контролируемых производственных соединений.

5 Технологические указания по термообработке сварных узлов и аппаратов

5.1 Общие требования

5.1.1 Рекомендуемые режимы и условия термической обработки сварных соединений, узлов и изделий из различных марок сталей и сплавов, в зависимости от вида термообработки, приведены в таблицах 5.1-5.11.

При высоком отпуске деталей после проведения коррозионностойкой наплавки длительность выдержки определяется толщиной наплавленного слоя, но она должна быть не менее 1 ч.

5.1.2 Основным видом термической обработки сварных соединений углеродистых низколегированных, теплоустойчивых и высоколегированных хромистых сталей является высокий отпуск.

5.1.3 Высокий отпуск может быть промежуточным (технологическим) и окончательным. Промежуточный отпуск проводят для устранения опасности образования трещин в сварных соединениях сложной конфигурации (угловых и тавровых) и большой толщине с учетом марки свариваемых сталей, при ремонте дефектных швов с большим объёмом наплавленного металла, а также когда время от окончания сварки до начала термообработки ограничено.

5.1.4 Для стыковых продольных и кольцевых швов соединений аппарата из теплоустойчивых сталей типа 12ХМ с толщиной стенки до 36 мм, угловых соединений до толщины 30 мм время от момента окончания сварки до начала термообработки не ограничено. В остальных случаях время после окончания сварки до термообработки ограничивается 72 часами, после ЭШС – 48 часов.

5.1.5 Для сталей марок 12Х1М1, 12Х1МФ, 15Х1МФ, 20ХМЛ, 10Х2М1, 10Х2М1А-А, 10Х2ГНМ, 12Х2МФА, 15Х2МФА, 20Х2МА толщиной свыше 20 мм; марок 15Х5М, 15Х5МУ, 15Х5ВФ, 20Х5МЛ, 20Х5ТЛ, 20Х5ВЛ – свыше 8 мм и марок Х8, 12Х8ВФ, 06Х8Г2М, 20Х8ВЛ и Х9М – свыше 6 мм термообработка производится непосредственно после сварки. В остальных случаях время до начала термообработки не ограничивается.

5.1.6 По истечении допустимого времени после окончания сварки сварное соединение необходимо термообработать. Время окончания сварочных работ и начала термической обработки указывается производственным мастером и работником ОТК в технологическом паспорте на сосуд.

5.1.7 Допустимое количество промежуточных и окончательных отпусков определяется технологическим процессом или производственной инструкцией.

Количество отпусков для углеродистых и низколегированных сталей, а также биметаллов на их основе не ограничено. Для остальных теплоустойчивых и высокохромистых сталей и биметаллов на их основе – не более трёх. Количество нормализаций – не более трёх.

Т а б л и ц а 5.1 – Термообработка сварных соединений из углеродистых сталей типа Ст. 3, 20, 20К и двухслойных сталей на их основе

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Сварные карты, обечайки, трубопроводы	Ручная, механизированная, автоматическая	Высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее по п. 5.2.5	600 – 630	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	В печи до 420°С, далее на воздухе*	При температуре воздуха ≥18°С охлаждение разрешается проводить на спокойном воздухе
Сварные карты, обечайки	Электрошлаковая сварка	Нормализация	900	До 600°С по мощности печи, далее: ≤ 200°С/ч при δ≤30 мм; ≤ 150°С/ч при δ>30 мм	910 – 980	1,5 мин**	На воздухе	Допускается термообработку совмещать с горячей вальцовкой или калибровкой с окончанием ≥700°С
		и высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее по п. 5.2.5	600 – 650	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм		Разрешается совмещать с отпуском аппарата

Продолжение таблицы 5.1

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термо-Обработки	Режим термической обработки					Примечания
			Темпе-ратура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Темпе-ратура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Днища после горячей штамповки	Независимо от вида сварки	Нормали-зация	900	До 600°С по мощности печи, далее: ≤ 200°С/ч при δ≤30 мм; ≤ 150°С/ч при δ>30 мм	900 – 950	1,5 мин**	На воздухе	Допускается термообработку совмещать с нагревом под штамповку
		и высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее по п. 5.2.5	600 – 650	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм		Разрешается отпуск днищ совмещать с отпуском аппарата
Сварные карты, обечайки днища, сварные узлы	Ручная, механизированная, автоматическая	Промежуточный отпуск (при необходимости)			510 – 550	При толщине до 50 мм – 2,0 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 1,7 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	В печи до 420°С, далее на воздухе	При температуре воздуха ≥18°С охлаждение разрешается проводить на спокойном воздухе

Окончание таблицы 5.1

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термо-Обработки	Режим термической обработки					Примечания
			Темпе-ратура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Темпе-ратура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Аппараты или сварные узлы	То же	Высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее по п. 5.2.5	600 – 630	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	В печи до 420°С, далее на воздухе	При температуре воздуха ≥18°С охлаждение разрешается проводить на спокойном воздухе

* При местном отпуске сварных соединений аппаратов и трубопроводов охлаждение под слоем теплоизоляции до температуры 420°С, далее на воздухе.

**Время выдержки после прогрева сварных соединений до температуры термообработки.

Примечания

1 Технология изготовления днищ и других штампуемых элементов должна обеспечивать необходимые механические свойства, указанные в ГОСТ Р 52630.

2 Минимальная скорость нагрева должна быть не менее 55°С/ч плюс допуск на точность ведения режима термообработки автоматикой печи.

Т а б л и ц а 5.2 – Термообработка сварных соединений из низколегированных сталей типа 16ГС, 09Г2С, 15Г2СФ и двухслойных сталей на их основе

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Сварные карты, обечайки, трубопроводы	Ручная, механизированная, автоматическая	Высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее по п. 5.2.5	620 – 650	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	В печи до 420°С, далее на воздухе*	При температуре воздуха ≥18°С охлаждение разрешается проводить на спокойном воздухе
Сварные карты, обечайки	Электрошлаковая сварка	Нормализация	900	До 600°С по мощности печи, далее: ≤ 200°С/ч при δ≤30 мм; ≤ 150°С/ч при δ>30 мм	910 – 980	1,5 мин**	На воздухе	Допускается термообработку совмещать с горячей вальцовкой или калибровкой с окончанием ≥700°С
		и высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее по п. 5.2.5	620 – 650	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм		Разрешается совмещать с отпуском аппарата

Продолжение таблицы 5.2

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Днища после горячей штамповки	Независимо от вида сварки	Нормализация (при δ ≤ 90 мм)	900	До 600°С по мощности печи, далее: ≤ 200°С/ч при δ≤30 мм; ≤ 150°С/ч при δ>30 мм	920 – 950	1,5 мин**	На воздухе	Допускается термообработку совмещать с нагревом под штамповку
		и высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее по п. 5.2.5	620 – 650	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм		Разрешается отпуск днищ совмещать с отпуском аппарата

Продолжение таблицы 5.2

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Днища после горячей штамповки	Независимо от вида сварки	Закалка (при δ > 90 мм)	900	До 600°С по мощности печи, далее: ≤ 200°С/ч при δ≤30 мм; ≤ 150°С/ч при δ>30 мм	920 – 950	1,5 мин**	В воде при температуре ≤ 50°С с интенсивным перемешиванием	-
		и высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее по п. 5.2.5	620 – 650	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	На воздухе	-
Сварные карты, обечайки днища, сварные узлы	Ручная, механизированная, автоматическая	Промежуточный отпуск (при необходимости)			560 – 600	При толщине до 50 мм – 2,0 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 1,7 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	В печи до 420°С, далее на воздухе	При температуре воздуха ≥18°С охлаждение разрешается проводить на спокойном воздухе

Окончание таблицы 5.2

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Аппараты или сварные узлы	Ручная, механизированная, автоматическая	Высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее по п. 5.2.5	620 – 650	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	В печи до 420°С, далее на воздухе	При температуре воздуха ≥18°С охлаждение разрешается проводить на спокойном воздухе

* При местном отпуске сварных соединений аппаратов и трубопроводов охлаждение под слоем теплоизоляции до температуры 420°С, далее на воздухе.

** Время выдержки после прогрева сварных соединений до температуры термообработки.

Примечания

1 Технология изготовления днищ и других штампуемых элементов должна обеспечивать необходимые механические свойства, указанные в ГОСТ Р 52630.

2 Минимальная скорость нагрева должна быть не менее 55°С/ч плюс допуск на точность ведения режима термообработки автоматикой печи.

Таблица 5.3 – Термообработка сварных соединений из теплоустойчивых хромомолибденовых сталей типа 12МХ, 12ХМ, 15ХМ, 20ХМЛ и двухслойных сталей на их основе

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Сварные карты, обечайки, трубопроводы	Ручная, механизированная, автоматическая	Высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее по п. 5.2.5	670 – 710	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	В печи до 420°С, далее на воздухе*	При температуре воздуха ≥18°С охлаждение разрешается проводить на спокойном воздухе
Сварные карты, обечайки	Электрошлаковая сварка	Нормализация	900	До 600°С по мощности печи, далее: ≤ 200°С/ч при δ≤30 мм; ≤ 150°С/ч при δ>30 мм	910 – 980	1,5 мин**	На воздухе	Допускается термообработку совмещать с горячей вальцовкой или калибровкой с окончанием ≥800°С
		и высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее по п. 5.2.5	670 – 710	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм		-

Продолжение таблицы 5.3

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Днища после горячей штамповки	Независимо от вида сварки	Нормализация	900	До 600°С по мощности печи, далее: ≤ 200°С/ч при δ≤30 мм; ≤ 150°С/ч при δ>30 мм	910 – 980	1,5 мин**	На воздухе	Допускается термообработку совмещать с нагревом под штамповку
		и высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее по п. 5.2.5	670 – 710	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм		-

Продолжение таблицы 5.3

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Днища после горячей штамповки	Независимо от вида сварки	Закалка	900	До 600°С по мощности печи, далее: ≤ 200°С/ч при δ≤30 мм; ≤ 150°С/ч при δ>30 мм	910 – 980	1,5 мин**	В воде при температуре ≤ 50°С с интенсивным перемешиванием	-
		и высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее по п. 5.2.5	670 – 710	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	На воздухе	

Окончание таблицы 5.3

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Сварные карты, обечайки днища, сварные узлы	Ручная, механизированная, автоматическая	Промежуточный отпуск (при необходимости)	420	До 420°С по мощности печи, далее по п. 5.2.5	600 – 640	При толщине до 50 мм – 2,0 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 1,7 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	В печи до 420°С, далее на воздухе	При температуре воздуха ≥18°С охлаждение разрешается проводить на спокойном воздухе
Аппараты или сварные узлы	То же	Высокий отпуск			670 – 710	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм		

* При местном отпуске сварных соединений аппаратов и трубопроводов охлаждение под слоем теплоизоляции до температуры 420°С, далее на воздухе.

** Время выдержки после прогрева сварных соединений до температуры термообработки.

Примечания

1 Технология изготовления днищ и других штампуемых элементов должна обеспечивать необходимые механические свойства, указанные в ГОСТ Р 52630.

2 Минимальная скорость нагрева должна быть не менее 55°С/ч плюс допуск на точность ведения режима термообработки автоматикой печи.

Т а б л и ц а 5.4 – Термообработка сварных соединений из теплоустойчивых сталей марок 12Х1МФ, 15Х1МФ, 12Х2МФА, 15Х2МФА, 15Х5МУ и двухслойных сталей на их основе

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Сварные карты, обечайки, трубопроводы	Ручная, механизированная, автоматическая	Высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее по п. 5.2.5	710 – 740	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	В печи до 420°С, далее на воздухе*	При температуре воздуха ≥18°С охлаждение разрешается проводить на спокойном воздухе
Сварные карты, обечайки	Электрошлаковая сварка	Нормализация	900	До 600°С по мощности печи, далее: ≤ 200°С/ч при δ≤30 мм; ≤ 150°С/ч при δ>30 мм	940 – 980	1,5 мин**	На воздухе	Допускается термообработку совмещать с горячей вальцовкой или калибровкой с окончанием ≥800°С
		и высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее по п. 5.2.5	710 – 740	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм		-

Продолжение таблицы 5.4

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термо-обработки	Режим термической обработки					Примечания
			Темпе-ратура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Темпе-ратура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Днища после горячей штамповки	Независимо от вида сварки	Нормализация	900	До 600°С по мощности печи, далее: ≤ 200°С/ч при δ≤30 мм; ≤ 150°С/ч при δ>30 мм	940 – 980	1,5 мин**	На воздухе	Допускается термообработку совмещать с нагревом под штамповку
		и высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее по п. 5.2.5	710 – 740	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм		-

Продолжение таблицы 5.4

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Днища после горячей штамповки	Независимо от вида сварки	Закалка	900	До 600°С по мощности печи, далее: ≤ 200°С/ч при δ≤30 мм; ≤ 150°С/ч при δ>30 мм	940 – 980	1,5 мин**	В воде при температуре ≤ 50°С с интенсивным перемешиванием	-
		и высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее по п. 5.2.5	710 – 740	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	На воздухе	
Сварные карты, обечайки днища, сварные узлы	Ручная, механизированная, автоматическая	Промежуточный отпуск (при необходимости)	420		600 – 640	При толщине до 50 мм – 2,0 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 1,7 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	В печи до 420°С, далее на воздухе	При температуре воздуха ≥18°С охлаждение разрешается проводить на спокойном воздухе

Окончание таблицы 5.4

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Аппараты или сварные узлы	То же	Высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее по п. 5.2.5	710 – 740	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	В печи до 420°С, далее на спокойном воздухе	При температуре воздуха ≥18°С охлаждение разрешается проводить на спокойном воздухе

* При местном отпуске сварных соединений аппаратов и трубопроводов охлаждение под слоем теплоизоляции до температуры 420°С, далее на воздухе.

** Время выдержки после прогрева сварных соединений до температуры термообработки.

Примечания

1 Технология изготовления днищ и других штампуемых элементов должна обеспечивать необходимые механические свойства, указанные в ГОСТ Р 52630.

2 Минимальная скорость нагрева должна быть не менее 55°С/ч плюс допуск на точность ведения режима термообработки автоматикой печи.

Т а б л и ц а 5.5 – Термообработка сварных соединений из теплоустойчивых сталей марок 10Х2М1, 10Х2М1А-А и двухслойных сталей на их основе

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Сварные карты, обечайки, трубопроводы	Ручная, механизированная, автоматическая	Высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее ≤ 100°С/ч	675 – 705	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	В печи до 420°С, далее на воздухе*	При температуре воздуха ≥18°С охлаждение разрешается проводить на спокойном воздухе
Сварные карты, обечайки	Электрошлаковая сварка	Нормализация	900	До 600°С по мощности печи, далее ≤ 100°С/ч	925 – 955	1,5 мин**	На воздухе	Допускается термообработку совмещать с горячей вальцовкой или калибровкой с окончанием ≥800°С
		и высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее ≤ 100°С/ч	675 – 705	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм		-

Продолжение таблицы 5.5

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Днища после горячей штамповки	Независимо от вида сварки	Нормализация	900	До 600°С по мощности печи, далее ≤ 100°С/ч	925-955	1,5 мин**	На воздухе	Допускается термообработку совмещать с нагревом под штамповку
		и высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее ≤ 100°С/ч	675 – 705	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм		-
		Закалка	900	До 600°С по мощности печи, далее ≤ 100°С/ч	925 – 955	1,5 мин**	В воде 0,3-0,5 мин/мм толщины	-
		и высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее ≤ 100°С/ч	675 – 705	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	На воздухе	-

Окончание таблицы 5.5

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Сварные карты, обечайки днища, сварные узлы	Ручная, механизированная, автоматическая	Промежуточный отпуск (при необходимости)	420	До 420°С по мощности печи, далее ≤ 100°С/ч	625 – 655	При толщине до 50 мм – 2,0 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 1,7 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	В печи до 420°С, далее на воздухе	При температуре воздуха ≥18°С охлаждение разрешается проводить на спокойном воздухе
Аппараты или сварные узлы	То же	Высокий отпуск			675 – 705	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм		

* При местном отпуске сварных соединений аппаратов и трубопроводов охлаждение под слоем теплоизоляции до температуры 420°С, далее на воздухе.

** Время выдержки после прогрева сварных соединений до температуры термообработки.

Примечания

1 Технология изготовления днищ и других штампуемых элементов должна обеспечивать необходимые механические свойства, указанные в ГОСТ Р 52630.

2 Минимальная скорость нагрева должна быть не менее 55°С/ч плюс допуск на точность ведения режима термообработки автоматикой печи.

Т а б л и ц а 5.6 – Термообработка сварных соединений из теплоустойчивых хромоникелевых сталей марок 15Х5М, 15Х5ВФ, 20Х5МЛ, 20Х5ТЛ, 20Х5ВЛ, Х8, 06Х8Г2М, 12Х8ВФ, 20Х8ВЛ и 13Х9М

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Сварные карты, обечайки, трубопроводы	Ручная, механизированная, автоматическая	Высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее ≤ 100°С/ч	740 – 760	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	В печи до 420°С, далее на воздухе*	При температуре воздуха ≥18°С охлаждение разрешается проводить на спокойном воздухе
Сварные карты, обечайки	Электрошлаковая сварка	Нормализация	900	До 600°С по мощности печи, далее ≤ 100°С/ч	940 – 980	1,5 мин**	На воздухе	Допускается термообработку совмещать с горячей вальцовкой или калибровкой с окончанием ≥800°С
		и высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее ≤ 100°С/ч	710 – 760	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм		-

Продолжение таблицы 5.6

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термо-обработки	Режим термической обработки					Примечания
			Темпе-ратура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Темпе-ратура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Днища после горячей штамповки	Независимо от вида сварки	Нормализация	900	До 600°С по мощности печи, далее ≤ 100°С/ч	940 – 980	1,5 мин**	На воздухе	Допускается термообработку совмещать с нагревом под штамповку
		и высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее ≤ 100°С/ч	710 – 760	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм		-
		Закалка	900	До 600°С по мощности печи, далее ≤ 100°С/ч	940 – 980	1,5 мин**	В воде при температуре ≤ 50°С с интенсивным перемешиванием	
		и высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее ≤ 100°С/ч	710 – 760	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	На воздухе	

Окончание таблицы 5.6

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Сварные карты, обечайки днища, сварные узлы	Ручная, механизированная, автоматическая	Промежуточный отпуск (при необходимости)	420	До 420°С по мощности печи, далее ≤ 100°С/ч	620 – 650	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 2 ч; от 51 до 250 мм - 2,1 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм	В печи до 420°С, далее на воздухе	При температуре воздуха ≥18°С охлаждение разрешается проводить на спокойном воздухе
Аппараты или сварные узлы	То же	Высокий отпуск			740 – 760	При толщине до 50 мм – 2,5 мин, но не менее 1 ч; от 51 до 250 мм - 2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм		

* При местном отпуске сварных соединений аппаратов и трубопроводов охлаждение под слоем теплоизоляции до температуры 420°С, далее на воздухе.

** Время выдержки после прогрева сварных соединений до температуры термообработки.

Примечания

1 Технология изготовления днищ и других штампуемых элементов должна обеспечивать необходимые механические свойства, указанные в ГОСТ Р 52630.

2 Минимальная скорость нагрева должна быть не менее 55°С/ч плюс допуск на точность ведения режима термообработки автоматикой печи.

Таблица 5.7 – Термообработка сварных соединений из высокохромистых сталей ферритного, мартенсито-ферритного и мартенситного классов

Марка стали	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
08Х13, 12Х13 20Х13, 14Х17Н2	Ручная, механизированная, автоматическая	Высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее ≤ 100°С/ч	685 – 730	30 мин + 1 мин на 1 мм толщины	В печи до 420°С, далее на воздухе*	При температуре воздуха ≥18°С охлаждение разрешается на воздухе
	Электрошлаковая сварка, днища после горячей штамповки	Закалка	900	До 600°С по мощности печи, далее ≤ 100°С/ч	960 – 1050	5 мин + 1 мин на 1 мм толщины	В воде или на воздухе	-
		и высокий отпуск	420	До 420°С по мощности печи, далее ≤ 100°С/ч	685 – 730	30 мин + 1 мин на 1 мм толщины	На воздухе	
08Х17Т, 12Х17, 15Х25Т	Ручная, механизированная, автоматическая, ЭШС, днища после горячей штамповки	Высокий отпуск			720 – 780	1 – 2 ч**	В печи до 420°С, далее на воздухе	При температуре воздуха ≥18°С охлаждение разрешается на воздухе

* При местном отпуске сварных соединений аппаратов и трубопроводов охлаждение под слоем теплоизоляции до температуры 420°С, далее на воздухе.

** Время выдержки после прогрева сварных соединений до температуры термообработки.

Примечания

1 Технология изготовления днищ и других штампуемых элементов должна обеспечивать необходимые механические свойства, указанные в ГОСТ Р 52630.

2 Минимальная скорость нагрева должна быть не менее 55°С/ч плюс допуск на точность ведения режима термообработки автоматикой печи.

Таблица 5.8 – Термообработка сварных соединений из высоколегированных хромоникелевых сталей аустенитного класса типа 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, 03Х18Н11 и др.

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Сварные карты, обечайки, трубопроводы	Независимо от вида сварки	Стабилизирующий отжиг	900	До 600°С по мощности печи, далее ≤ 150°С/ч	870 – 920	2 – 3 ч*	На воздухе	Применяются для обеспечения стойкости к МКК и коррозионному растрескиванию. Допускается совмещать с термообработкой аппарата
		или аустенизация			1050 – 1100	При толщине до 10 мм – 30 мин; свыше 10 мм – 30 мин + 1 мин на 1 мм толщины		
Днища после горячей штамповки	То же	Стабилизирующий отжиг			870 – 920	2 – 3 ч*		Допускается термообработку совмещать с горячей штамповкой с окончанием ≥ 850°С или термообработкой аппарата
		или аустенизация			1050 – 1100	При толщине до 10 мм – 30 мин; свыше 10 мм – 30 мин + 1 мин на 1 мм толщины		

Окончание таблица 5.8

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Аппараты или сварные узлы	Независимо от вида сварки	Стабилизирующий отжиг	900	До 600°С по мощности печи, далее ≤ 150°С/ч	870 –920	2 – 3 ч*	На воздухе	Применяются для обеспечения стойкости к МКК и коррозионному растрескиванию
		или аустенизация			1050 –1100	При толщине до 10 мм – 30 мин; свыше 10 мм – 30 мин + 1 мин на 1 мм толщины		

* Время выдержки после прогрева сварных соединений до температуры термообработки.

Примечания

1 Аустенизация применяется для сварных соединений эксплуатируемых при температурах до 350°С, стабилизирующий отжиг – свыше 350°С

2 Технология изготовления днищ и других штампуемых элементов должна обеспечивать необходимые механические свойства, указанные в ГОСТ Р 52630.

3 Минимальная скорость нагрева должна быть не менее 100°С/ч.

4 При закалке изделий, предназначенных для работы в азотной кислоте, температуру нагрева под закалку необходимо держать на верхнем пределе (выдержка при этом сварных изделий должна быть не менее 1 ч).

Т а б л и ц а 5.9 – Термообработка сварных соединений из высоколегированных хромоникельмолибденовых сталей аустенитного класса типа 10Х17Н13М2Т(М3Т), 08Х17Н15М3Т и др.

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки на 1 мм толщины	Охлаждение	
Сварные карты, обечайки, трубопроводы	Независимо от вида сварки	Аустенизация	900	До 600°С по мощности печи, далее ≤ 150°С/ч	1100 – 1150	При толщине до 10 мм – 30 мин; свыше 10 мм – 30 мин + 1 мин На 1 мм толщины	На воздухе	Применяется для обеспечения стойкости к коррозионному растрескиванию. Допускается совмещать с термообработкой аппарата
Днища после горячей штамповки					1050 – 1100	2,0 мин*		
Аппараты или сварные узлы					1100 – 1150	При толщине до 10 мм – 30 мин; свыше 10 мм – 30 мин + 1 мин на 1 мм толщины		Применяется для обеспечения стойкости к коррозионному растрескиванию

* Время выдержки после прогрева сварных соединений до температуры термообработки.

Примечания

1 Аустенизация применяется для сварных соединений, эксплуатируемых при температурах до 350°С.

2 Технология изготовления днищ и других штампуемых элементов должна обеспечивать необходимые механические свойства, указанные в ГОСТ Р 52630.

3 Сварные соединения, выполненные нестабилизированными сварочными материалами, для снятия остаточных напряжений и предотвращения коррозионного растрескивания, рекомендуется термообрабатывать при температуре 1020-1060°С, охлаждение на воздухе.

4 Температура аустенизации сварных соединений из стали марки 03Х17Н14М3 – 1080-1120°С, охлаждение в воде или на воздухе.

5 Минимальная скорость нагрева должна быть не менее 100°С/ч.

Таблица 5.10 – Режимы термообработки сварных соединений из сплавов на железоникелевой основе для снятия сварочных напряжений

Марка стали	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки	Охлаждение	
03ХН28МДТ, 06ХН28МДТ	Независимо от вида сварки	Отжиг	900	До 600°С по мощности печи, далее ≤ 150°С/ч	1040–1060	Не менее 2,0 ч*	На воздухе	-
ХН30МДБ		Закалка			1060 – 1080	3-5 мин на 1 мм толщины, но не менее 10 мин	В воде	-
ХН32Т					1080 – 1120	До 15 мм – 30 мин, свыше 15 мм – 30 мин + 1 мин на 1 мм толщины	В воде или на воздухе	-
ХН35ВТ, ХН38ВТ		Закалка			1080-1100	1,0-1,5 ч*	В воде	После закалки двойное старение: при 850-900°С, 10 ч, охлаждение на воздухе; при 700°С, выдержка 25-50 ч, охлаждение на воздухе
ХН35ВТЮ		Двойная закалка			1180-1200	2,5-8,0 ч*	На воздухе	После двойной закалки старение при 750-800°С, выдержка 16 ч, охлаждение на воздухе
					1040-1060	4,0 ч*		

* Время выдержки после прогрева сварных соединений до температуры термообработки.

Примечания

1 Технология изготовления днищ и других штампуемых элементов должна обеспечивать необходимые механические свойства, указанные в ГОСТ Р 52630.

2 Минимальная скорость нагрева должна быть не менее 100°С/ч.

Т а б л и ц а 5.11 – Режимы термообработки сварных соединений из сплавов на никелевой основе для обеспечения стойкости к МКК и снятия сварочных напряжений

Марка стали	Вид сварки	Вид термообработки	Режим термической обработки					Примечания
			Температура посадки, не выше, °С	Скорость нагрева	Температура нагрева, °С	Время выдержки	Охлаждение	
ХН63МБ	Независимо от вида сварки	Закалка	900	До 600°С по мощности печи, далее ≤ 150°С/ч	1090–1110	5,0 мин на 1 мм толщины	В воде	Термообработка производится, если не обеспечивается стойкость против МКК после сварки
ХН65МВ, ХН65МВУ Н65М-ВИ, Н70МФВ-ВИ					1070 – 1090	От 3 до 5 мин на 1 мм толщины		
ХН75МБТЮ					1080 – 1120		На воздухе	
ХН78Т					980-1020	От 2,5 до 3 мин на 1 мм толщины	В воде или на воздухе	Термообработка обязательна

* Время выдержки после прогрева сварных соединений до температуры термообработки.

П р и м е ч а н и я

1 Технология изготовления днищ и других штампуемых элементов должна обеспечивать необходимые механические свойства, указанные в ГОСТ Р 52630.

2 Минимальная скорость нагрева должна быть не менее 100°С/ч.

5.1.10 Промежуточный отпуск рекомендуется проводить при температурах ниже установленного окончательного высокого отпуска, при этом необходимо обратить внимание на то, чтобы температура отпуска не совпадала с температурным интервалом провала пластичности (см. п. 5.2.6).

5.1.11 Рекомендуемые режимы промежуточного отпуска: температура нагрева и время выдержки приведены в таблицах 5.1-5.6 в зависимости от марки стали и номинальной толщины свариваемых деталей, узлов, аппаратов и трубопроводов.

5.1.12 Сварные соединения после промежуточного отпуска в дальнейшем подлежат обязательному высокому (окончательному) отпуску.

5.1.13 Для конструкций, подвергаемых по условиям производства многократным отпускам, рекомендуется взамен промежуточного отпуска проводить, непосредственно после сварки, местный «термический отдых».

Режимы «термического отдыха» определяются по результатам испытаний на длительную прочность и приведены в таблице 5.12.

Т а б л и ц а 5.12 – Зависимость времени выдержки от температуры при «термическом отдыхе»

Тип стали	Температура «термического отдыха», °С	Время выдержки, ч
12ХМ, 10Х2М1, 10Х2М1А-А	150-200	8-10
	300-350	2-3
15Х5М, 13Х9М	350-400	3

Если по технологии изготовления аппарата необходимо проведение большего количества отпусков, то при заказе листового проката (поковок и др.) или при его запуске в производство необходимо выполнить имитацию послесварочной термообработки (ПСТО) на полистных образцах-свидетелях. В режим ПСТО включить все высокие и промежуточные отпуска, которые проходят заготовки при изготовлении аппарата. При получении положительных результатов испытаний образцов-свидетелей листовой прокат (поковки и др.) разрешается запустить в производство.

5.1.14 При местном «термическом отдыхе» ширина зоны нагрева, прилегающая к шву, должна быть не менее 1,5-2,0 толщин стенки изделия в каждую сторону от оси шва, но не менее 60 мм. Для швов приварки арматуры, при толщине металла до 100 мм, ширина зоны нагрева в месте сварного соединения должна быть не менее трех максимальных толщин свариваемых деталей, но не менее 60 мм; при толщине свыше 100 мм – не менее двух толщин.

5.1.15 Контроль температуры осуществляется термометром термоцифровым (ТТЦ-1), термокарандашом индикаторным или другими средствами контроля.

5.1.16 Термисты (нагревальщики), выполняющие «термический отдых», должны осуществлять контроль температуры подогрева не реже 1 раза в 30 мин на расстоянии не менее двух толщин стенки изделия, но не менее 60 мм, в каждую сторону от оси шва.

5.1.17 В случае проведения «термического отдыха» сварных соединений, как и после промежуточного отпуска – время до окончательной термообработки не ограничивается.

5.1.18 Сварные соединения узлов, аппаратов и трубопроводов в любом сочетании сталей, выполненные по перлитному (ферритному) варианту, подлежат высокому отпуску, согласно таблицам 5.1-5.7, если марка стали и номинальная толщина хотя бы одной из свариваемых деталей определяют необходимость его проведения.

5.1.19 В случае, если практически невозможно провести послесварочную термообработку – высокий отпуск при температурах, указанных в таблицах 5.1-5.6, допускается проводить высокий отпуск при температуре ниже минимально установленной, но в течение более длительной выдержки согласно таблицы 5.13.

Таблица 5.13 – Рекомендуемые режимы объемного и местного высокого отпуска сварных узлов, аппаратов и трубопроводов при температуре ниже минимально установленной

Уменьшение температуры ниже минимально установленной, °С	Минимальное время выдержки при пониженной температуре, ч
на 30	2
на 55	4
на 85*	10
на 110*	20

* Кроме теплоустойчивых сталей.

Примечание

1 В таблице приведено минимальное время выдержки для толщины ≤ 25 мм. Для толщины более 25 мм добавляется 15 мин на каждые дополнительные 25 мм.

2 Допуск на уменьшение температуры ±5°С.

3 Для толщин, не кратных 25 мм, минимальное время выдержки рассчитывается пропорционально, приведенным в таблице значениям.

4 Снижение температуры не распространяется на стали типа Х8 и Х9М.

5.1.20 Высокий отпуск, при температурах ниже минимально установленных (таблица 5.13), распространяется на сварные узлы, элементы, аппараты и трубопроводы из двухслойных сталей.

5.1.21 Нормализация или закалка с отпуском сварных изделий предусматривает нагрев выше верхней критической точки (A_{c3}) с интенсивным охлаждением в средах (закалка) или на воздухе (нормализация).

5.1.22 Характерной особенностью теплоустойчивых сталей типа 15Х5М, 12Х8ВФ является способность их при охлаждении на воздухе приобретать высокую твердость, т.е. закаливаться. Поэтому после каждой операции горячей обработки давлением или сварки их следует подвергать термообработке – неполному отжигу или нормализации с высоким отпуском.

5.1.23 Неполный отжиг рекомендуется для максимального снижения твердости, улучшения обрабатываемости и снятия напряжения. Температура посадки в печь не выше 900°С, скорость нагрева до 600°С по мощности печи, далее не более 100°С/ч, температура нагрева при отжиге от 840 до 860°С, выдержка 1,5-2,0 мин на 1 мм толщины стенки, но не менее 1 часа, охлаждение до 600°С с печью, далее на воздухе.

5.1.24 Сварные соединения из высоколегированных хромистых сталей подвергаются высокому отпуску, а после ЭШС – закалке с отпуском.

5.1.25 Термическая обработка для сварных соединений из аустенитных сталей производится с целью:

- снятия остаточных сварочных напряжений при необходимости сохранения точных размеров;
- обеспечения стойкости к МКК при эксплуатации в агрессивных средах;
- повышения жаропрочности и стойкости против локальных разрушений при эксплуатации в условиях высоких температур.

5.1.26 Для сварных соединений из аустенитных сталей применяются в основном два вида термообработки: стабилизирующий отжиг и аустенизация.

5.1.27 **Стабилизирующий отжиг** применяется для снятия остаточных напряжений и обеспечения стойкости металла шва и околошовной зоны к МКК.

Стабилизирующий отжиг допустим для изделий и сварных соединений из сталей, у которых отношение титана к углероду более 5 или ниобия к углероду более 8.

Стабилизирующему отжигу для предотвращения склонности к МКК изделий, работающих при температуре более 350°С, можно подвергать стали, содержащие не более 0,08% углерода.

5.1.28 Сварные соединения сталей типа 08Х18Н10Т, предназначенные для работы в средах, вызывающих коррозионное растрескивание, а также при температурах свыше 350°С в средах вызывающих межкристаллитную коррозию, подлежат обязательной термообработке – стабилизирующему отжигу.

Стабилизирующий отжиг, при согласования со специализированной научно-исследовательской организацией, может быть заменён на отпуск при температуре 670-690°С в течение 10 часов. Температура посадки в печь не выше 350°С, скорость нагрева до 350°С по мощности печи, далее не более 100°С/ч, охлаждение до 420°С с печью, далее на воздухе.

5.1.29 Стабилизирующему отжигу или аустенизации подвергаются сварные соединения из сталей типа 02Х18Н11, эксплуатируемые в средах вызывающих коррозионное растрескивание, независимо от рабочей температуры.

5.1.30 Стабилизирующий отжиг производится при температуре от 870 до 920°С для сталей типа 08Х18Н10Т, время выдержки от 2 до 3 часов независимо от толщины. Охлаждение на воздухе.

5.1.31 **Аустенизация** сварных соединений применяется для повышения их жаропрочности и стойкости против локальных разрушений при эксплуатации.

5.1.32 Температура аустенизации 1050-1100°С, охлаждение в воде или на воздухе.

Для крупногабаритных сосудов и аппаратов термообработка затруднена в связи с неизбежностью их коробления при нагреве выше 800°С, поэтому изыскиваются пути отказа от термообработки при сохранении высокой эксплуатационной надежности.

5.1.33 Сварные соединения из сталей типа 10Х17Н13М2Т (10Х17Н13М3Т), эксплуатируемые в средах вызывающих коррозионное растрескивание, независимо от рабочей температуры, должны быть термообработаны по режиму аустенизации. Температура аустенизации 1100-1150°С (температура нагрева сварных соединений из стали марки 03Х17Н14М3Т – 1080-1120°С).

Сварные соединения сталей типа 08Х18Н10Т также могут подвергаться аустенизации взамен стабилизирующего отжига.

5.1.34 Для придания сварным соединениям большей пластичности и предотвращения образования в структуре металла сигма-фазы аустенизацию хромоникельмолибденовых сталей рекомендуется проводить при нагреве по верхнему пределу.

5.1.35 Днища и другие элементы, выполняемые из коррозионностойкой стали аустенитного класса методом холодной штамповки или холодным фланжированием, не подвергаются термообработке при соблюдении требований п. 6.11.7 ГОСТ Р 52630, но подлежат обязательной термообработке (аустенизации или стабилизирующему отжигу), если они предназначены для работы в средах, вызывающих коррозионное растрескивание.

5.1.36 Сварные соединения из хромоникельмолибденовых сталей типа 10Х17Н13М2Т (10Х17Н13М3Т), выполненные нестабилизированными сварочными материалами, для снятия остаточных напряжений и предотвращения коррозионного растрескивания, рекомендуется термообрабатывать по режиму: нагрев до 1020-1060°С, выдержка 2 ч., охлаждение на воздухе, (см. таблицу 5.9, примечание).

5.1.37 Сварные соединения сплавов на железоникелевой основе подвергаются закаливанию при наличии требования стойкости к коррозионному растрескиванию.

Режимы термообработки – закалки приведены в СТО 00220368-008. Температура термообработки сплавов типа ХН28МДТ – 1040-1060°С, типа ХН32Т – 1080-1120°С. Выдержка при толщине стенки до 15 мм – 30 мин, свыше 15 мм – 30 мин + 1 мин на каждый дополнительный 1 мм толщины.

5.1.38 Сварные соединения из сплавов на никелевой основе марки ХН78Т при наличии требования стойкости к МКК подвергаются обязательной термообработке – закалке, сварные соединения других сплавов термообрабатываются только при невозможности обеспечения стойкости к МКК. Сварные соединения также подвергаются термообработке при наличии требования стойкости к коррозионному растрескиванию. Режимы термообработки приведены в таблице 5.11.

5.1.39 Режимы термической обработки двухслойных сталей должны назначаться в зависимости от марки сталей основного слоя согласно таблиц 5.1-5.5 с учетом особенностей свойств плакирующего слоя.

5.1.40 Сосуды, аппараты и их элементы из двухслойных сталей с плакирующим слоем из высоколегированных сталей и сплавов с требованием стойкости к МКК рекомендуется, при технической возможности, подвергать высокому отпуску после заварки переходного слоя шва, после чего производится наплавка плакирующего слоя сварочными материалами, обеспечивающими стойкость шва к межкристаллитной коррозии. При этом двухслойный прокат должен поставляться в термически обработанном состоянии.

5.1.41 При термообработке двухслойных сталей следует избегать многократного и излишнего нагрева и соблюдать меры предосторожности от различного рода механических повреждений защитного слоя металла, а также от загрязнений их поверхностей ржавчиной.

5.1.42 Термообработка – высокий отпуск сварных соединений из разнородных сталей (09Г2С+12ХМ, 09Г2С+15Х5М, 12ХМ+15Х5М и т.п., см. таблицу Б.1 Приложения Б) выполняется по режиму для материала требующего более высокой температуры термообработки. Охлаждение после выдержки – с печью до температуры не более 420°С, далее на спокойном воздухе. Испытание механических свойств основного металла обоих марок стали после термообработки не требуется.

5.1.43 Термообработка разнородных сварных соединений, включающих неаустенитные материалы и выполняемых аустенитными сварочными материалами, не допускается. В исключительных случаях термообработка производится по указанию в техническом проекте.

5.2 Технологические указания по объемной печной термообработке сварных узлов и аппаратов

5.2.1 Объёмная термообработка производится в камерных и шахтных печах.

Печные агрегаты, в которых аппараты проходят термообработку, должны обеспечивать распределение температуры по рабочей части печи в пределах допуска на неё, указанного в режимах термообработки.

При нагреве аппарата в пламенных печах недопустимо прямое попадание пламени на изделие.

5.2.2 Вследствии воздействия сварки на структуру и свойства основного металла необходимо считаться с разупрочнением последнего, степень которого оценивается по результатам механических испытаний образцов из КСС, прошедших цикл термообработки совместно с изделием или отдельно от него (см. п. 4.12).

5.2.3 Для уменьшения деформации сварной конструкции при нагреве температура печи при посадке в неё изделия не должна быть выше 420°С.

5.2.4 Допустимые скорости нагрева изделий зависят от вида термической обработки (общей или местной), типа конструкции и её материала, толщины свариваемых элементов и мощности нагревательных устройств.

5.2.5 При объемной термообработке – отпуске узла, аппарата из углеродистых, низколегированных и хромомолибденовых теплоустойчивых сталей скорость нагрева до 420°С не регламентируется. Выше 420°С – скорость нагрева определяется по формуле:

$$V_{нагр.max} = 220x25,4/S, \quad (1)$$

где $V_{нагр.max}$ – максимальная скорость нагрева, °С/ч;
S – толщина стенки изделия, мм.

Скорость нагрева сварного соединения рассчитанная по формуле (1) назначается с учетом следующего ограничения: она не должна быть больше 200°С и меньше 65±10°С/ч.

5.2.6 При выборе скоростей нагрева следует учитывать повышенную опасность образования трещин в интервале температур 550-680°С для сварных конструкций из хромомолибденовых сталей, 450-550°С – высокохромистых сталей и 700-850°С – сталей аустенитного класса. Минимальная скорость нагрева для аустенитных сталей, а также сплавов рекомендуется – не менее 100°С/ч.

5.2.7 Длительность выдержки при температуре отпуска должна обеспечивать равномерный прогрев изделия, полноту протекания релаксационных процессов и структурных превращений.

5.2.8 Продолжительность выдержки назначается прямо пропорционально толщине изделия (см. таблицы 5.1-5.7), но не менее 1ч.

5.2.9 Минимальная продолжительность выдержки, при проведении высокого отпуска аппарата, устанавливается по сварным соединениям деталей и узлов наибольшей номинальной толщины.

5.2.10 Минимальную продолжительность выдержки при проведении высокого отпуска угловых, тавровых и нахлёсточных сварных соединений допускается устанавливать по расчётной высоте углового шва, принимая указанную высоту за номинальную толщину сваренных деталей.

5.2.11 Максимальная продолжительность выдержки при проведении высокого отпуска сварных узлов, аппаратов и трубопроводов из углеродистых и низколегированных сталей не должна превышать рекомендуемую продолжительность выдержки более чем на один час.

5.2.12 При проведении высокого отпуска сварных узлов, аппаратов и трубопроводов из теплоустойчивых хромомолибденовых сталей, максимальная продолжительность выдержки может превышать рекомендованную в таблицах 5.3-5.7 более чем на один час, если это необходимо для обеспечения установленной твёрдости металла шва (например, в случае применения хромомолибденованадиевых сварочных материалов, согласно ГОСТ Р 52630).

5.2.13 Время выдержки узла, аппарата при температуре высокого отпуска, указанное в таблицах 5.1-5.7, не обязательно должно быть непрерывным. Оно может суммироваться из времени нескольких циклов нагрева послесварочного отпуска.

5.2.14 Охлаждение изделий производится до 420°С с печью, затем на воздухе. При температуре воздуха не менее 18°С охлаждение разрешается проводить на спокойном воздухе

5.3 Технологические указания по местной термообработке сварных соединений

5.3.1 При назначении местной термообработки следует обращать внимание на специфические особенности этого процесса – возможное возникновение новых собственных напряжений как при нагреве, так и при охлаждении, и возможное ухудшение

свойств в зонах градиента температур от комнатной до температуры выдержки. Поэтому размеры нагреваемой зоны и режимы местной термической обработки должны приниматься с таким расчетом, чтобы максимальные остаточные напряжения, возникающие после термообработки, действовали вне сварного соединения и были невысоки по своему уровню.

5.3.2 Для сварных соединений материалов, чувствительных к градиенту температур, следует либо избегать местной термообработки, либо учитывать возможное ухудшение свойств при оценке работоспособности конструкции в целом.

5.3.3 Местная термообработка сварных узлов и трубопроводов производится, как правило, в случае невозможности или экономической нецелесообразности проведения общего отпуска сварных соединений, а также при ремонте дефектных швов в условиях монтажа и эксплуатации аппаратов, особенно сварных стыков технологических и магистральных трубопроводов.

5.3.4 Местную термообработку рекомендуется производить с помощью электронагревателей сопротивления:

- для толщин до 60 мм, включительно, применять односторонний нагрев;
- свыше 60 мм – двухсторонний нагрев.

5.3.5 Основными параметрами технологического процесса термообработки являются:

- температура нагрева;
- скорость нагрева и охлаждения;
- время выдержки при заданной температуре.

5.3.6 Для снятия напряжений в сварных соединениях рекомендуемые режимы термообработки приведены в таблицах 5.1-5.7. Рациональнее назначать продолжительность выдержки по релаксационным кривым в зависимости от необходимого снижения остаточных напряжений согласно требованиям, предъявляемым к сварной конструкции.

5.3.7 Скорость нагрева назначается из условий недопущения пластических деформаций за пределами сварного шва и зоны термического влияния сварки и, в зависимости от толщины стенки термообрабатываемого изделия, определяется по формуле (1).

В любом случае скорость нагрева не должна превышать 200°С/ч для сосудов и аппаратов, 400°С/ч – для трубопроводов.

5.3.8 Скорость охлаждения регламентируется до 420°С и в этом диапазоне не должна превышать скорость нагрева. Дальнейшее охлаждение под слоем изоляции.

Допускается охлаждение производить на спокойном воздухе при его температуре не менее 18°С.

5.3.9 Температурное поле в радиальном направлении оси аппарата (трубопровода), т.е. распределение температуры по толщине стенки не контролируется, поскольку температурный перепад по толщине задается скоростью нагрева и обеспечивается тепловой изоляцией на обе поверхности изделия.

5.3.10 Температурное поле в осевом направлении аппарата (трубопровода) задается **двумя способами**:

- если основной задачей местной термообработки является ликвидация охрупчивания сварного шва, а термические напряжения за пределами шва неопасны (материалы пластичны), то в соответствии с п. 6.11.10 ГОСТ Р 52630, задается **зона равномерного нагрева шириною в 1,5-2,0 толщины стенки** в обе стороны от сварного шва. В пределах этой зоны поддерживается и контролируется заданная температура с точностью ±20°С. За пределами заданной зоны температура не контролируется. Для контроля зоны нагрева достаточно двух точек: в центре шва и на краю зоны; ширина теплоизоляции должна быть не менее длины нагревателей.
- оптимальным, с точки зрения остаточных напряжений после термообработки, считается **температурное поле в виде плавной кривой**, симметричной относительно

шва, с заданной температурой $T_н$ в центре шва плавно снижающейся до $0,8T_н$ на расстоянии $1,25\sqrt{Rh}$ от центра шва и до $0,5T_н$ на расстоянии $2,5\sqrt{Rh}$ от центра шва, где R – радиус шва изделия в мм , h – толщина стенки в мм.

5.3.11 Контроль температурного поля осуществляется по трем точкам: в центре шва, на расстоянии $1,25\sqrt{Rh}$ и $2,8\sqrt{Rh}$. Температура в центре шва и на расстоянии $1,25\sqrt{Rh}$ должна соответствовать заданной с точностью ±25°С, а в точке на расстоянии $2,5\sqrt{Rh}$ может быть на 50-100°С превышать заданную. Ширина теплоизоляции должна перекрывать зону нагрева и рекомендуется не менее $3\sqrt{Rh}$ в каждую сторону от оси шва.

5.3.12 Сварные швы, подвергаемые термообработке, следует размещать в зоне изделия, где на расстоянии, равном не менее $2,5\sqrt{Rh}$ в каждую сторону от шва, нет штуцеров, люков или других выступающих на поверхности частей; кроме этого должен быть обеспечен доступ к этой зоне изнутри для размещения теплоизоляции.

5.3.13 При проведении местного стабилизирующего отжига ширина зоны равномерного нагрева составляет 2-3 толщины стенки, но не менее 200 мм.

5.3.14 При сварке разнотолщинных изделий допускается определять ширину зоны термообработки отдельно в каждую сторону от оси шва.

5.3.15 Общая зона нагрева (зона, занимаемая нагревателями) должна перекрывать зону равномерного нагрева не менее чем на 1,5-2,0 толщины стенки аппарата в каждую сторону.

5.3.16 В случае когда в зону нагрева сварного соединения попадает штуцер или иной приварной элемент корпуса, следует проводить термообработку этого элемента одновременно с термообрабатываемым сварным соединением.

5.3.17 При ремонте дефектов кольцевого шва предпочтение следует отдавать нагреву по всему кольцу, но допускается нагрев «пятном», если протяженность зоны нагрева не превышает 0,3 диаметра корпуса аппарата.

5.3.18 При ремонте дефектов шва вварки патрубка штуцера в корпус аппарата нагреву подвергается весь шов, независимо от протяженности дефектного участка. При этом, если наружный диаметр патрубка штуцера превышает 0,3 диаметра корпуса аппарата, кроме ремонтного сварного шва, следует подогревать полное кольцо (пояс) на корпусе аппарата.

Ширина пояса дополнительного нагрева может быть меньше «пятна» термообработки, а температура нагрева меньше температуры термообработки, но не ниже 0,6 Тотп. Конкретные величины определяются, в случае необходимости, при разработке конкретного технологического процесса.

5.3.19 Мощность, конфигурация и расположение нагревателей должны обеспечивать режимы и параметры термообработки согласно п. 5.3.6 настоящего стандарта.

5.3.20 Если для заполнения зоны нагрева требуются два и более нагревателей, то расстояние между ними не должно превышать толщины стенки изделия, но не более 25 мм, за исключением особо оговоренных случаев. То же относится и к расстоянию между секциями нагревателей.

5.3.21 При возникновении условий, вызывающих смещение или деформацию температурного поля, следует принять меры по устранению или нейтрализации их последствий. В общем случае эти меры заключаются в следующем:

- деление всей зоны нагрева на отдельные участки (каналы нагрева) с автономным управлением по каждому каналу;
- смещение центра симметрии нагревательной системы относительно шва;
- расширение зоны нагрева с нижней стороны шва (на вертикальных поверхностях), на величину, обычно равную толщине стенки аппарата;
- наложение дополнительной теплоизоляции.

5.3.22 Контроль температуры осуществляется с помощью термопар. Термопары располагаются в контрольных точках, которые выбираются в зависимости от размеров

зоны нагрева, количества каналов нагрева, применяемого оборудования и конкретных условий нагрева с таким учетом, чтобы контролировать режимы и параметры термообработки по п.5.3.6 настоящего документа.

5.3.23 Контроль зоны термообработки в общем случае осуществляется в одной точке по центру шва.

5.3.24 Перепад температуры по толщине стенки изделия допускается не контролировать при толщине 60 мм и менее в случае применения специализированного термического оборудования и наличия достаточной теплоизоляции.

5.3.25 Температура по длине замкнутой зоны нагрева (кольцевой стык) контролируется:

- на трубах и штуцерах с диаметром до 300 мм – в одной точке;
- на трубах и штуцерах с диаметром от 300 до 450 мм – в двух, диаметрально расположенных, точках.;
- на трубах и штуцерах с диаметром от 450 до 700 мм – в трех, равномерно разнесенных по окружности, точках;
- на аппаратах диаметром от 3000 до 4000 мм – в шести, равномерно разнесенных по окружности, точках.

5.3.26 Количество точек контроля температуры не должно быть менее числа каналов нагрева.

5.3.27 Теплоизоляцию рекомендуется наложить на обе стенки нагреваемого изделия.

При невозможности расположения изоляции с двух сторон (трубопроводы) необходимо увеличить ширину зоны нагрева и суммарную мощность нагревателей. Выступающие части конструкции, попадающие в зону нагрева, - штуцера, бобышки, фланцы и пр. должны быть закрыты теплоизоляцией полностью.

Во всех случаях следует принять меры к защите термообрабатываемого узла от ветра, сквозняков и атмосферных осадков.

5.3.28 Толщина слоя теплоизоляции должна быть не менее 60 мм и перекрывать зону нагрева не менее чем на 8 толщин стенки изделия в каждую сторону, но не менее чем на 250 мм.

5.4 Технологические указания по внепечной объемной термообработке

5.4.1 Внепечная объемная термическая обработка является способом термообработки, при котором нагрев производится путем подачи вовнутрь корпуса аппарата теплоносителя, имеющего определенную температуру. В качестве теплоносителя применяется смесь продуктов сгорания жидкого или газообразного топлива с воздухом, образующаяся в специальном теплогенераторном устройстве.

5.4.2 Термообработка проводится по режиму высокого отпуска для снижения уровня остаточных сварочных напряжений, улучшения структуры и механических свойств сварного шва и зоны термического влияния. Способ не исключает его применения для выполнения других видов термообработки или для технологических целей.

5.4.3 Термообработке могут подвергаться отдельные части аппарата, весь аппарат целиком одновременно или отдельными частями последовательно.

5.4.4 Термообработка может проводиться на заводе-изготовителе, на монтажных площадках и в условиях действующего производства при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции аппаратов.

5.4.5 При необходимости, возможность выполнения объемной термообработки обосновывается выполнением прочностных расчетов конструкции, учитывающих снижение прочностных свойств материала при нагреве.

5.4.6 К термообработке допускаются изделия после проверки качества сварки и устранения дефектов.

5.4.7 Оборудование для внепечной термической обработки должно соответствовать следующим требованиям:

- иметь техническую документацию изготовителя, подтверждающую возможность его использования для термообработки;
- иметь мощность, достаточную для проведения заданного режима термообработки изделия. В случае недостаточной единичной мощности может использоваться два или более теплогенераторных устройств;
- иметь систему контроля и управления мощностью нагрева и температурой вводимого теплоносителя, а также устройства управления потоком (потоками) теплоносителя для обеспечения равномерности нагрева;
- при использовании газообразного топлива оборудование должно быть оснащено автоматикой безопасности;
- в схеме контроля температуры должны использоваться поверенные приборы.

5.4.8 Персонал, проводящий термообработку, должен быть обучен и аттестован на право производства работ по внепечной объемной термообработке, иметь соответствующие удостоверения и опыт практической работы.

5.4.9 Требования к изделию, подлежащему термообработке.

- корпус аппарата должен иметь конструкцию, позволяющую осуществлять ввод – вывод и свободную циркуляцию теплоносителя внутри аппарата. В случае необходимости, по согласованию с проектной организацией, допускается вырезка технологических отверстий для ввода – вывода теплоносителя с последующей их заваркой и местной термообработкой или врезкой ложных штуцеров. Возможность вырезки отверстий обосновывается прочностными расчетами;
- штуцеры, люки и другие привариваемые элементы, требующие термообработку, должны быть термообработаны до приваривания элементов к корпусу аппарата или подвергаться местной термообработке до или одновременно с внепечной объемной термообработкой;
- при разработке технологии и подготовке корпуса аппарата к термообработке следует учитывать температурное расширение изделия и принимать меры к развязке защемленных конструкций, таких как эстакады, рабочие площадки, трубопроводы и пр.;
- корпус аппарата, включая люки, штуцеры, места приварки опор и других элементов должен быть теплоизолирован сплошным слоем теплоизоляции. В случае термообработки участка корпуса, теплоизоляция должна укладываться с перекрытием не менее одного метра. Вид теплоизоляции, её толщина, способ ее установки указывается в технологии на термообработку;
- изделие, подвергаемое термообработке, должно быть оборудовано рабочими площадками и помещениями для обслуживания оборудования, датчиков температуры, приборов КИПа. Контрольно – измерительные приборы должны эксплуатироваться в условиях, указанных в документации.

5.4.10 Температура термообработки контролируется термоэлектрическими преобразователями (термопарами), установленными непосредственно на корпусе изделия. Рекомендуется применять термопары градуировки ХА(К). Для записи температуры следует использовать многоточечные автоматические регистрирующие устройства (потенциометры) с записью на диаграммную ленту и (или) на электронный носитель.

5.4.11 Размещение контрольных точек измерения температуры определяется при разработке технологии и должно давать полную картину распределения температуры на корпусе аппарата как по диаметру, так и по длине (высоте). Одна термопара может контролировать температуру не более, чем 10…20 $м^2$ площади поверхности корпуса аппарата. При толщине стенки более 100 мм требуется контролировать перепад по толщине стенки изделия с помощью датчиков температуры, установленных изнутри и снаружи напротив друг друга.

5.4.12 Температура нагрева, график её изменения, температурные и временные интервалы при проведении термообработки должны соответствовать режимам, указанным в технологии. При этом разность температуры по диаметру при выдержке не должна превышать 40°С или допуска, указанного в НТД.

В случае термообработки изделия по частям (по длине) контролируется равномерность температуры по диаметру и прохождение каждым участком корпуса аппарата (сечением) полного цикла термообработки (нагрев, выдержка, охлаждение).

5.4.13 В случае выхода из строя датчиков температуры во время термообработки и невозможности их оперативной замены, допускается отключать неисправные датчики, о чем делается соответствующая запись на диаграмме. Количество отключенных датчиков не должно превышать 10% от их общего количества.

6 Контроль качества термической обработки

6.1 Контроль качества термообработки проводится согласно РД 26-17-086-88 [6] «Соединения сварные. Контроль качества термической обработки аппаратуры» и раздела 4.5 ПБ 03-576 [1], и включает в себя:

- проверку на соответствие требований технологии термообработки требованиям НТД;
- проверку применяемого термического оборудования на соответствие его технических данных требованиям технологии термообработки;
- проверку контрольно-измерительных приборов и датчиков температуры;
- контроль за соблюдением технологии термообработки;
- проверку результатов термообработки (зафиксированные фактические температурно-временные параметры нагрева и охлаждения; значения твердости – в случае необходимости, на соответствие требованиям НТД).

6.2 Исполнительными документами являются:

- технология термообработки (инструкция, технологический процесс);
- оформленная диаграмма термообработки (оригинал), см. Приложение А;
- удостоверения операторов - термистов (копии);
- документация на средства контроля и измерения температуры, подтверждающая прохождение ими метрологической проверки в установленном порядке;
- акт о проведении термообработки.

7 Контроль качества сварных соединений

7.1 Контроль качества сварных соединений после термической обработки производится в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52630, ГОСТ Р 53677, ГОСТ Р 53684, ОСТ 26.260.480, ОСТ 26.260.18 и ОСТ 26-01-858, ПБ 03-576 [1], ПБ 03-584 [2], ПБ 03-585 [3], ОТУ 3 [4] и РД 26-02-80 [5] и РД 26-17-086-88 [6].

8 Термическая обработка после исправления дефектов сварных соединений

8.1 Термическая обработка сварных сосудов, аппаратов, технологических трубопроводов и их элементов должна выполняться после окончания сварки и устранения всех выявленных дефектов.

8.2 В случае обнаружения дефектов, в ранее термообработанных изделиях, и устранения их с применением сварки, исправленные дефектные участки должны быть подвергнуты повторной термообработке.

8.3 Допускается исправлять дефекты сварных соединений (кро эксплуатируемых в средах, вызывающих коррозионное растрескивание) без последующ термообработки в следующих случаях:

- глубина залегания дефекта не превышает 24 мм для углеродистых сталей, 20 мм – для низколегированных сталей, 5 мм – для теплоустойчивых сталей типа 12ХМ, 3 мм – для теплоустойчивых сталей типа 12Х1МФ, а общая протяженность дефектн мест не превышает 5% длины сварного шва. При этом, твердость металла шва сварн соединений из теплоустойчивых сталей не должна превышать 240НВ;
- ограничения погонной энергии сварки (сечение валика одного прохода на более 25 мм^2) для углеродистых и низколегированных сталей (кроме сталей повышенно категории прочности), при условии согласования со специализированной организацией.

9 Требования безопасности труда

9.1. При подготовке и проведении термообработки следует руководствоватьс требованиями «Правил пожарной безопасности в Российской Федерации» ППБ 01-03 [7] Правил техники безопасности, действующих на предприятии.

9.2. При проведении термообработки на действующем производстве, кроме того руководствоваться «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов работающих под давлением» ПБ 03-576-03 [1], п. 7.4 (Ремонт сосудов, в части подготовки аппарата к ремонтным работам).

9.3. **ЗАПРЕЩАЕТСЯ** проведение любых работ на объекте во время проведения термообработки без согласования с лицами, ответственными за термообработку.

Приложение А
(справочное)
Оформление диаграммы термообработки

При оформлении результатов термообработки, на поле диаграммы наносятся и отмечаются следующие данные:

1. Наименование процесса и выходные данные объекта термообработки, с указанием даты проведения, материального исполнения объекта и вида термообработки (высокий отпуск, нормализация и т. п.), в соответствии с каким документом проводилась;
2. Температурно-временные координаты;
3. Участки нагрева, выдержки и охлаждения на температурных кривых;
4. Фактический режим термообработки:
   - 4.1. Скорость нагрева;
   - 4.2. Температура нагрева;
   - 4.3. Время выдержки;
   - 4.4. Скорость охлаждения;
5. Перерывы в работе (если таковые были), с указанием причин;
6. Выходные данные контрольно-измерительного прибора:
   - 6.1. Тип;
   - 6.2. Зав. №;
   - 6.3. Градуировка;
   - 6.4. Шкала;
   - 6.5. Скорость перемещения ленты;
   - 6.6. Дата поверки.
7. Эскиз расположения термопар, в случае расхождения с руководящим документом (технологией);
8. Схема соответствия номера точки контроля температуры (термопары) и номера точки прибора, в случае разночтения;
9. Должности, Ф.И.О., подписи и номера удостоверений исполнителей (термистов);
10. Заключение о соответствии проведенной термообработки заданной руководящим документом (технологией) с подписью лица, ответственного за термообработку.

Приложение Б
(справочное)
Классификация групп свариваемых материалов

Таблица Б.1

Наименование группы сталей	Структурный класс	Марки отечественных материалов	Марки импортных материалов
Углеродистые	Перлитный	Ст.3кп,Ст.3пс,Ст.3сп, Ст.3Гпс,10,15,20,15К, 16К,18К,20К,22К,20Л, 25Л	ASME SA-105 ASME SA-106 GrA,B,C ASME SA-283 GrA,B,C ASME SA-285 GrA,B,C ASME SA-36 ASME SA-53 (S) ASME SA-283 GrD ASME SA-285 GrC ASME SA-515 Gr55 ASME SA-516 Gr55 ASME SA-515 Gr60 ASME SA-516 Gr60 ASME SA-515 Gr65 ASME SA-516 Gr65
Низколегированные		16ГС,17ГС,17Г1С, 09Г2С,10Г2,10Г2С1, 10ХСНД,15ХСНД, 09Г2БТ,09Г2ФБ,20ЮЧ, 20КА,09ГСНБЦ, 09Г2С1ОЧ, 15Г2СФ, 10Г2ФБ, 16Г2АФ, 09ХГ2НАБЧ, 09ХГН2АБ	ASME SA-455 Gr70 ASME SA-515 Gr70 ASME SA-516 Gr70 ASME SA-537 Gr70 ASME SA-662 GrA,B,C ASME SA-737 GrB ASME SA-738 GrA ASME SA-572 Gr65 ASME SA-333 Gr3 ASME SA-333 Gr6 ASME SA-350 GrLF2 ASME SA-737 GrC ASME SA-738 GrB
Хромомолибденовые теплоустойчивые		12МХ, 12ХМ, 15ХМ, 20ХМЛ, 12Х1МФ, 12Х1М1, 15Х1МФ, 10Х2М1, 12Х2МФА, 15Х2МФА, 10Х2М1А-А	ASME SA-182 GrF11 Cl 1-3 ASME SA-182 GrF12 Cl 1,2 ASME SA-387 Gr2 Cl 1,2 ASME SA-387 Gr11 Cl 1,2 ASME SA-387 Gr12 Cl 1,2 ASME SA-336 GrF11 Cl 1-3 ASME SA-335 GrP11, P12 ASME SA-335 GrP22 ASME SA-369 GrFP22 ASME SA-387 GrP22 Cl 2
	Мартенситный	15Х5М, 15Х5МУ, 15Х5ВФ, 20Х5МЛ, 20Х5ТЛ, 20Х5ВЛ, Х8, 06Х8Г2М, 12Х8ВФ, 20Х8ВЛ, 13Х9М	ASME SA-182 GrF5, ASME SA-335 GrP5, ASME SA-336 GrF5, ASME SA-387 Gr5, ASME SA-182 GrF91, ASME SA-335 GrP91, ASME SA-336 GrF91, ASME SA-387 Gr91

Окончание таблицы Б.1

Наименование группы сталей	Структурный класс	Марки отечественных материалов	Марки импортных материалов
Высокохромистые	Ферритный	08Х13, 12Х17, 08Х17Т, 15Х25Т	ASME SA-240 TP 405, ASME SA-240 TP 430
	Мартенсито-ферритный	12Х13, 14Х17Н2	ASME SA-240 TP 410 ASME SA-240 TP 431
	Мартенситный	20Х13	ASME SA-240 TP 420
Хромоникелевые	Аустенитный	08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, 12Х18Н9Т, 12Х18Н9ТЛ, 08Х18Н12Б, 12Х18Н12Т, 03Х18Н11, 02Х18Н11, 08Х18Н10, 04Х18Н10	ASME SA-240 TP 304, ASME SA-240 TP 321, ASME SA-240 TP 321H, ASME SA-240 TP 347, ASME SA-240 TP 347H, ASME SA-312 TP 321, ASME SA-240 TP 304L
Хромоникель-молибденовые	Аустенитный	08Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 12Х18Н12М3ТЛ, 03Х17Н14М3, 08Х17Н15М3Т	ASME SA-240 TP 316, ASME SA-240 TP 316Ti, ASME SA-240 TP 316L, ASME SA-240 TP 317, ASME SA-240 TP 317L
Сплавы на железоникелевой основе	-	03ХН28МДТ, ХН30МДБ, 06ХН28МДТ, ХН32Т, ХН35ВТ, ХН35ВТЮ, ХН38ВТ	904L (по спецификации SB 625), Incoloy-800, D-979 (вакуумная плавка)
Сплавы на никелевой основе	-	ХН63МБ, ХН65МВ, ХН65МВУ, Н70МФВ-ВИ, Н65М-ВИ, ХН75МБТЮ, ХН78Т	Inconel-T, Incoloy-825 (по спецификации Nicrofer 4221), Hastelloy-C22, Hastelloy-C276 (по спецификации SB 625)

Приложение В
(справочное)
Специализированные научно-исследовательские организации – авторы настоящего стандарта

№ п/п	Организация	Адрес, телефон
1.	ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры»	400005, г. Волгоград, пр-кт им.В.И.Ленина, 90 «Б» Тел./факс (8442)-23-35-93 e-mail: hna55@mail.ru
2.	ОАО «ВНИИнефтемаш»	115191, г. Москва, 4-й Рощинский пр., д.19 Тел./факс (495)-952-29-22

Библиография

[1] ПБ 03-576-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов работающих под давление

[2] ПБ 03-584-03 Правила проектирования, изготовления и приемки сосудов и аппаратов стальных сварных

[3] ПБ 03-585-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов

[4] ОТУ 3-01 Сосуды и аппараты. Общие технические условия на ремонт корпусов

[5] РД 26-02-80-2004 Змеевики сварные для трубчатых печей. Требования к проектированию, изготовлению и поставке

[6] РД 26-17-086-88 Соединения сварные. Контроль качества термической обработки аппаратуры

[7] ППБ 01-03 «Правил пожарной безопасности в Российской Федерации»

ОКС 25.160.10

Ключевые слова: стандарт, сосуды, аппараты, технологические трубопроводы, изготовление, исправление дефектов, монтаж, ремонт, термообработка, контроль качества, исправление

В06

СТАНДАРТ ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры»

СТО 00220368–019-2011

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ И ЕЁ ЭЛЕМЕНТОВ

Руководитель организации-разработчика
ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры»

Заместитель генерального директора, к.т.н. — личная подпись — В.Л. Мирочник

Руководитель разработки
Заведующий лабораторией № 55 — личная подпись — В.И. Курило

Разработчики
Заведующий лабораторией № 23 — личная подпись — В.А. Бабкин

Заведующий отделом стандартизации — личная подпись — Ю.В. Сафрыгин

Руководитель организации-соисполнителя
ОАО «ВНИИнефтемаш»

Первый заместитель генерального директора — личная подпись — В.А. Емелькина

Разработчики
Заведующий отделом металловедения и сварки, канд. техн. наук — личная подпись — А.Н. Бочаров