Министерство химического и нефтяного машиностроения

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ ХИМИЧЕСКОГО И НЕФТЯНОГО АППАРАТОСТРОЕНИЯ

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ И ЕЕ ЭЛЕМЕНТОВ

РТМ 26-44-82

Волгоград

gost.e-ecolog.ru

Утвержден и введен в действие письмом Министерства химического и нефтяного машиностроения.
от 29 сентября 1982г №11-10-4/1399.

Исполнители:
В.В. Царевский, Е.И. Ялицикова, В.Ф. Варакина.

Согласован с Техническим управлением Министерства химического и нефтяного машиностроения.
Е.А. Афанасенко
Ю.Ч. Мухин.

После вводной части ввести новый раздел:

«НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

ГОСТ 10885-85 Сталь листовая горячекатанная двухслойная коррозионно-стойкая. Технические условия.

ОСТ 26-291-94 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия.

РТМ 26-01-42-87 Руководящий документ по стандартизации. Термическая обработка коррозионно-стойких сталей и сплавов на железно-никелевой основе в химическом машиностроении.

РД 26-11-08-86 Соединения сварные. Механические испытания.

РД 26-17-086-88 Соединения сварные. Контроль качества термической обработки аппаратуры».

УДК 621.78:66.02 Группа В06

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ И ЕЕ ЭЛЕМЕНТОВ

РТМ 26-44-82

Взамен РТМ 26-44-71

Срок введения установлен
с 01.07.1983 г.

Настоящий руководящий технический материал содержит требования и основные технологические рекомендации по термической обработке сварной нефтехимической, химической и газовой аппаратуры, ее элементов и сборочных единиц, изготовленных из углеродистых, низколегированных, теплоустойчивых, коррозионностойких, двухслойных сталей в соответствии с ОСТ 26-291-79.

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

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

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

При назначении режима термической обработки следует стремиться к сохранению свойств основного металла, в противном случае должны быть приняты меры к контролю свойств основного металла, термообработанного после сварки изделия.

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

высокий отпуск для снятия остаточных напряжений, улучшения структуры и свойств шва зоны термического влияния благодаря переводу неравновесных закалочных структур в более равновесные, для снятия наклепа, вызванного пластическим деформированием при сварке, а также для устранения эффекта деформационного старения. Он является наиболее распространенным видом термической обработки сварных соединений перлитных, мартенситных и бейнитных сталей, выполненных всеми видами сварки;

отжиг нормализационный с последующим отпуском или без него для измельчения недопустимо крупнозернистой структуры шва и участка перегрева в зоне термического влияния сварных соединений, выполненных на режимах с большими погонными энергиями (например, электрошлаковой сваркой), а также для устранения химической и структурной неоднородности разных зон сварного соединения.

Последующий отпуск проводится для сталей с повышенным содержанием легирующих элементов в целях снятия закалочных структур, образовавшихся при охлаждении с температур отжига нормализационного. Для узлов из низколегированных и хорошо свариващихся конструкционных сталей умеренного легирования он рекомендуется в том случае, когда после отжига нормализационного проводится холодная правка или выполняются дополнительные сварочные работы по приварке штуцеров, при ремонте и других подобных случаях;

закалка с отпуском для восстановления разупрочненной зоны или для обеспечения требуемых свойств при изготовлении узлов из низколегированных сталей, работающих при минусовых температурах;

аустенизация и стабилизирующий отжиг сварных соединений из хромоникелевых аустенитных сталей для повышения их коррозионной стойкости и пластических свойств.

I.2. Сосуды, аппараты и их элементы из углеродистых и низколегированных сталей (за исключением сталей, перечисленных в п. I.3), изготовленных с применением сварки, штамповки или вальцовки (обечаек), подлежат обязательной термической обработке:

когда толщина стенки цилиндрической или конической части днища, фланца или патрубка сосуда в месте их сварного соединения более 36 мм для углеродистых сталей и более 30 мм для низколегированных сталей (I6ГС, 09Г2С, I7ГIС, I0Г2 и др.);

когда толщина стенки цилиндрических или конических элементов сосуда (корпуса или патрубка), изготовленных из листовой стали вальцовкой, превышает величину, вычисленную по формуле:

$$0{,}009\ (Д_в + 120),$$

где $Д_в$ – минимальный внутренний диаметр сосуда, см;

если они предназначены для эксплуатации в средах, вызывающих коррозионное растрескивание, при указании об этом проектной организацией в технической документации;

если необходимость термической обработки обусловлена условиями изготовления, эксплуатации аппарата и оговаривается в технической документации;

после электрошлаковой сварки;

когда днища сосуда (независимо от их толщины) изготовлены холодной или горячей штамповкой.

I.3. Сосуды, аппараты и их элементы из сталей марок I2МХ, I2ХМ, I5ХМ, I2ХIМФ, I5Х5, Х8, I5Х5М, I5Х5ВФ, I2Х8Н9Т, Х9М и из двухслойной стали с основным слоем из сталей марок I2ХМ, I2М.Х, 20Х2М после сварки должны быть термообработаны независимо от диаметра и толщины стенки.

I.4. Сосуды, аппараты и их элементы, изготовленные из сталей марок 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Б, I2Х18Н12Б, I0Х17Н13М2Т, 08Х17Н16М3Т и других коррозионностойких марок сталей, должны подвергаться термической обработке по требованию в техническом проекте.

I.5. Необходимость и вид термической обработки изделий из двухслойной стали с основным слоем из углеродистой и низколегированной сталей и коррозионностойким слоем из аустенитной стали, фитингов, змеевиков и других деталей должны указываться в технической документации.

I.6. Сварные крышки плавающей головки после сварки и ликвидации дефектов сварки подлежат термообработке независимо от марки стали и размеров деталей крышки.

I.7. Если необходимость термической обработки установлена согласно п.I.2, то сосуды, аппараты и их элементы после автоматической и ручной сварки должны подвергаться высокому отпуску, после электрошлаковой сварки-отжигу нормализационному. Допускается при изготовлении узлов совмещать отжиг нормализационный с нагревом под калибровку или правку.

I.8. Термическая обработка сварных сосудов, аппаратов и их узлов должна производиться после окончательной сварки и устранения всех дефектов, кроме случаев, когда оговорен незамедлительный высокий отпуск после сварки.

I.9. Технологический процесс термической обработки разрабатывается заводом-изготовителем в соответствии с требованиями чертежа. Термическая обработка не должна снижать качество основного металла и сварных соединений.

I.IO. Термическую обработку после сварки рекомендуется производить одним из указанных методов:

объемной термической обработкой 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 I,5.

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

местной термической обработкой сварных соединений сосудов, при проведении которой должен обеспечиваться равномерный нагрев и охлаждение по всей длине шва и прилегающих к нему зон основного металла размером в 2 - 3 толщины стенки или

ширины шва в зависимости от того, какая величина больше, в каждую сторону от оси шва. При наличии требований по стойкости к коррозионному растрескиванию применение местной термообработки должно быть согласовано с головным институтом подотрасли.

внепечной объемной термической обработкой 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. Перед этой операцией сосуд должен быть полностью закрыт снаружи изоляцией. При этом внутреннее давление должно поддерживаться настолько низким, насколько это практически возможно, и во всех случаях не должно превышать 50% предельно допустимого рабочего давления при наивысшей температуре металла, ожидаемой при термообработке после сварки.

I.II. Термическая обработка контрольных сварных соединений 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.

2. ПОДГОТОВКА ТЕРМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ИЗДЕЛИЙ К ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

2.I. При термической обработке в печах должно быть обеспечено равномерное распределение температуры по рабочему пространству печи и проведены мероприятия, предохраняющие изделие от местных перегревов и деформации. Термопары должны быть установлены в печи на расстоянии не более I50 мм от обрабатываемых деталей. Рекомендуется, особенно при освоении новой продукции и после ремонта печи, устанавливать термопары непосредственно на изделия в крайних точках по длине, высоте, ширине и в местах, где предполагается наибольшее отклонение температуры от заданной, и режим термообработки вести по этим термопарам.

2.2. Все печные агрегаты должны по установленному графику проходить проверку на распределение температуры по поду и высоте печи. Результаты проверки заносятся в журнал, принятый на заводе.

2.3. Перед началом работы каждой смены необходимо проверять состояние пирометрической аппаратуры, регулирующей и контролирующей температуру печи.

2.4. Конструкция печи должна исключить прямое попадание пламени горелок (форсунок) на поверхность аппарата.

2.5. Температурный режим термообработки (нагрева, выдержки и охлаждения) аппаратов и их элементов должен регистрироваться с помощью самопишущих приборов.

2.6. При подготовке печи к термообработке, термист обязан:

проверить песочные затворы, взрыхлить песок и при необходимости подсыпать его;

очистить под от лишних предметов, расставить подставки в зависимости от веса, конструкции и диаметра обрабатываемого изделия (расстояние между подставками должно предотвратить провисание аппарата или сварного узла);

установить аппарат или его узлы на приспособление (при наличии просвета между аппаратом и приспособлением подбить металлические прокладки);

проверить исправность термопар и их чехлов, правильность расположения их в печи;

после загрузки печи заслонку закрыть и уплотнить.

2.7. Уплотнительные поверхности, резьбу на сварных конструкциях перед термической обработкой необходимо защитить от окисления.

2.8. Для уменьшения овальности, получаемой в процессе термической обработки цилиндрических аппаратов или узлов, рекомендуется до термообработки ликвидировать имеющуюся овальность, полученную в результате сварки и сборки, установить распорки. После термической обработки распорки убрать.

2.9. Загрузка в печь и выгрузка из печи сосудов, аппаратов и их элементов производится в соответствии со схемами строповки и кантовки, а также инструкциями, принятыми на заводе.

2.10. Аппараты с различной толщиной стенки могут подвергаться термической обработке в одной садке по режиму, принятому для наиболее толстостенного сосуда.

2.11. При загрузке в печь для термической обработки одновременно нескольких изделий их расположение должно обеспечивать равномерное омывание всех поверхностей горячим воздухом.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЪЕМНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

3.1. Основным видом термической обработки углеродистых, низколегированных и теплоустойчивых сталей после сварки является высокий отпуск.

Высокий отпуск может быть промежуточным (технологическим) и окончательным. Промежуточный отпуск проводят для устранения опасности образования трещин после выполнения отдельных сварочных операций или наплавок (наплавочных операций) и исправления дефектов на сварном изделии или узле. Назначение окончательного высокого отпуска указано в п.1.1. Допускаемое количество промежуточных и окончательных отпусков определяется технологическим процессом или производственной инструкцией. При этом для элементов с антикоррозионной или аустенитной наплавкой кромок под сварку окончательных отпусков должно быть не более трех. Режимы высокого отпуска приведены в табл. 1-3

3.2. Температура окончательного высокого отпуска углеродистых, низколегированных и теплоустойчивых сталей рекомендуется от 600 до 650°С. Для углеродистых сталей допускается понижение температуры до 590°С. Для теплоустойчивых сталей типа 15ХМ температура высокого отпуска рекомендуется от 740 до 760°С.

Промежуточный отпуск рекомендуется проводить при температурах на 20-50°С ниже установленного окончательного высокого отпуска, при этом необходимо обратить внимание на то, чтобы температура отпуска не совпадала с температурным интервалом провала пластичности.

Для конструкций, подвергаемых по условию производства многократным отпускам, целесообразна замена промежуточного отпуска отдыхом при температуре от 150 до 350°С. Режим отдыха определяется по результатам испытаний технологических проб на длительную прочность.

Вследствие близости температуры отпуска после сварки к температуре отпуска основного металла необходимо считаться с разупрочнением последнего, степень которого оценивается по результатам механических испытаний образцов из проб-свидетелей, прошедших цикл термообработки совместно с изделием или отдельно от него (п. I.II).

3.3. Для уменьшения коробления сварной конструкции при нагреве температура печи при посадке в нее изделия должна быть не выше 350°С. Исключение составляют изделия, которые свариваются с сопутствующим подогревом и должны быть помещены в печь немедленно после сварки. В этом случае температура печи при посадке должна быть не ниже температуры подогрева.

3.4. Допустимые скорости нагрева изделий зависят от вида термической обработки (общей и ли местной), типа конструкции и её материала, толщины свариваемых элементов и мощности нагревательных устройств. Скорость нагрева при высоком отпуске до температуры 350°С не регламентируется. Для изделий сложной конфигурации скорость нагрева рекомендуется ограничивать. Выше 350°С скорость нагрева регламентируется. Максимальная скорость нагрева не должна превышать 200°С/ч при толщине элементов до 25 мм включительно. При большей толщине скорость нагрева определяется по формуле:

$$V_{нагр} = 200 \cdot \frac{25}{S}\ ^{\circ}С/ч,$$

где S – толщина стенки изделия, мм.

При этом минимальная скорость нагрева должна быть не менее 50°С/ч.

При выборе скоростей нагрева следует учитывать повышенную опасность образования трещин в интервале температур 550-680°С для сварных конструкций из хромомолибденовых сталей и от 600 до 800°С для сталей аустенитного класса, минимальная скорость нагрева рекомендуется не менее 100°С/ч.

3.5. Длительность выдержки при температуре отпуска должна обеспечивать равномерный прогрев изделия, полноту протекания релаксационных процессов и структурных превращений. Продолжительность выдержки назначается прямо пропорционально толщине изделия из расчета от 2,5 до 3,0 мин. на 1 мм наибольшей толщины стенки, но не менее 2 часов.

3.6. Скорость охлаждения изделий должна выбираться такой, чтобы исключить образование новых остаточных напряжений и коробления конструкций. Для изделий средней сложности максимальная скорость охлаждения не должна превышать 200°С/ч при толщине элементов до 25 мм включительно. При большей толщине скорость охлаждения может определяться по формуле:

$$V_{охл.} = 200 \frac{25}{S} \ ^{\circ}С/ч,$$

где S – толщина элемента, мм.

3.7. Нормализационный отжиг или закалка с отпуском сварных изделий предусматривает нагрев выше верхней критической точки (Ac_3) с интенсивным охлаждением в средах (закалка) или на воздухе (отжиг нормализационный).

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

снятия остаточных сварочных напряжений при необходимости сохранения точных размеров;

обеспечения стойкости против межкристаллитной коррозии при эксплуатации в агрессивных средах;

повышения жаропрочности и стойкости против локальных разрушений при эксплуатации в условиях высоких температур.

3.8.1. Для сварных соединений из аустенитных сталей применяются в основном два вида термической обработки: стабилизирующий отжиг и аустенизация.

Стабилизирующий отжиг применяется для снятия остаточных напряжений и восстановления стойкости металла шва и околошовной зоны против межкристаллитной коррозии. Стабилизирующий отжиг производится при температуре от 870 до 920°С для сталей типа 08Х18Н10Т и для сталей 08Х17Н13М2Т – не ниже 950°С, время выдержки от 2 до 3 часов независимо от толщины. Охлаждение на воздухе.

Аустенизация сварных соединений применяется для повышения их жаропрочности и стойкости против локальных разрушений при эксплуатации. Температура аустенизации 1050-1100°С. Для крупногабаритных сосудов и аппаратов термическая обработка затруднена в связи с неизбежностью их коробления при нагреве выше 800°С, поэтому изыскиваются пути отказа от термической обработки при сохранении высокой эксплуатационной надежности.

3.9. Рекомендуемые режимы по термической обработке сварных соединений аппаратов и их узлов из углеродистых и низколегированных сталей смотри в таблице.

3.10. Характерной особенностью сталей марок 15Х5М, 12Х8ВФ является способность их при охлаждении на воздухе с высоких температур приобретать высокую твердость, т.е. закаливаться. Поэтому после каждой операции горячей обработки давлением или сварки их следует подвергать термической обработке, неполному отжигу или отжигу нормализационному с высоким отпуском.

3.10.1. Неполный отжиг рекомендуется для максимального снижения твердости, улучшения обрабатываемости и для снятия напряжения. Температура нагрева при отжиге от 840 до 860°С, выдержка 1,5-2 мин. на 1 мм толщины стенки, но не менее 1 часа, охлаждение до 600°С с печью, далее на воздухе. Если же не требуется максимального снижения твердости, разрешается вместо отжига производить высокий отпуск при температуре от 740 до 780°С, выдержка 2-3 мин. на 1 мм толщины стенки, охлаждение на воздухе.

Отжиг нормализационный с последующим высоким отпуском рекомендуется с целью улучшения механических свойств. Температура нагрева 950$^{+20}_{-20}$°С, выдержка от 1,5 до 2 мин. на 1 мм толщины стенки, охлаждение на воздухе. Технологию высокого отпуска смотри выше.

3.11. Необходимость термической обработки сварных узлов из аустенитных сталей и выбор ее режимов назначается в соответствии с РТМ 26-01-42-81 "Термическая обработка коррозионностойких сталей в химическом машиностроении".

3.12. Для изготовления нефтехимической, химической и газовой аппаратуры в зависимости от назначения применяются двухслойные листы, поставляемые по ГОСТ 10885-75, с основным слоем

Ориентировочные режимы термической обработки аппаратов и их элементов из сталей марок I5, 20, 22К, ВСт3, I6ГС, 09Г2С, I0Г2С, I2ХМ, I5ХМ, 20Х2М

Наименование изделий	Вид сварки	Вид термообработки	Режимы термической обработки				Особые указания
			Тем-ра посадки, °С, не выше	Тем-ра нагрева, °С	Выдержка после прогрева на 1 мм толщины, мин	Охлаждение	
Сварные карты, обечайки	Ручная, автоматическая	~~Высокий отпуск для теплоустойчивых сталей при толщине >30 мм~~	~~≤ 650~~	~~600–650~~	~~2,5–3~~	~~На воздухе~~	–
	Электрошлаковая	Отжиг нормализационный	≤ 910	910–980	I,5	На воздухе или совмещается с режимом вальцовки или калибровки с окончанием >700°С	–
		Отжиг нормализационный и высокий отпуск	≤ 910	910–980	I,5	То же	–
			≤ 650	600–650	I,5–2,0	На воздухе	–
Днища после горячей штамповки	Независимо от вида сварки	Отжиг нормализационный и	≤ 900	900–950	I,5	То же	Допускается термообработку совмещать с нагревом под штамповку
		~~высокий отпуск~~	~~≤ 600~~	~~600–650~~	~~I,5–2,0~~	~~То же~~	Разрешается отпуск днищ совмещать с отпуском в аппарате
		Закалка	≤ 900	900–950	I,5	Вода ≤ 50°С с интенсивным перемешиванием	
		~~Высокий отпуск~~	~~≤ 600~~	~~600–650~~	~~I,5–2,0~~	~~На воздухе~~	–
Сварные карты, обечайки, днища	Ручная, автоматическая	Промежуточный отпуск (при необходимости)	≤ 350	550–600	2,5–3,0	С печью до температуры ≤ 350°С, далее на воздухе. При местной	

сварные узлы						
Аппараты или сварные узлы	То же	~~Высокий отпуск~~	~~350~~ ~~600-650~~	~~2,5-3,0~~	термообработке под слоем асбеста с печью до 350°С, далее на воздухе (скорость нагрева и охлаждения см. ~~пп. 3.4, 3.6~~)	— Разгрузку аппаратов производить при температуре аппарата не выше 100°С

Примечания: 1. Для днищ и других элементов из углеродистых и низколегированных марганцовокремнистых сталей, штампуемых (вальцуемых) вгорячую, с окончанием штамповки (вальцовки) при температуре не ниже 700°С, для днищ и других элементов из коррозионностойких сталей, штампуемых (вальцуемых) вгорячую, с окончанием штамповки (вальцовки) не ниже 850°С термообработка может не производиться, при условии обеспечения требуемых свойств.

2. Днища и другие штампуемые (вальцуемые) элементы, изготавливаемые из стали марок 09Г2С, 10Г2С1, работающие при температуре от минус 41°С до минус 70°С, должны подвергаться обязательной термообработке.

3. Днища и другие элементы из низколегированных сталей марок 12МХ, 12ХМ, штампуемых (вальцуемых) вгорячую, с окончанием штамповки (вальцовки) при температуре не ниже 800°С могут подвергаться только отпуску (без нормализации).

4. В отдельных случаях (по согласованию с проектной организацией) днища, выполненные из коррозионностойкой стали аустенитного класса методом холодной штамповки, могут не подвергаться термической обработке.

5. Технология изготовления днищ и других штампуемых элементов должна обеспечивать необходимые механические свойства, указанные в ОСТ 26-291-~~79~~, и стойкость против МКК при наличии требований в чертежах.

Ввести новый пункт:

«6. Режимы термической обработки: температура и время выдержки высокого отпуска приведены в таблицах 1-2.».

из углеродистых или низколегированных сталей (ВСт3, 20, 16ГС, 09Г2С, 12ХМ, 12МХ, 15ХМ) и плакирующим - из коррозионностойких нержавеющих сталей (08Х13, 12Х18Н10Т, 12Х18Н9Т, 10Х17Н13М2Т, 08Х17Н13М3Т).

3.12.1. Режимы термической обработки двухслойных сталей должны назначаться в зависимости от марок сталей основного металла согласно таблице с учетом особенностей плакирующего слоя.

3.12.2. Сосуды, аппараты и их элементы из двухслойных сталей с плакирующим слоем из сталей типов 12Х8Н10Т, 12Х18Н9Т, 08Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т и др. с требованием к МКК рекомендуется подвергать высокому отпуску перед наложением последнего коррозионностойкого слоя шва, после чего производится окончательная наплавка плакирующего слоя электродами, обеспечивающими стойкость шва к межкристаллитной коррозии. При этом двухслойный прокат должен поставляться в термически обработанном состоянии.

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

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕСТНОЙ ТЕРМООБРАБОТКЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

4.1. 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.

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

4.2. Основными параметрами технологического процесса являются:

температура нагрева;

скорость нагрева и охлаждения;

время выдержки при заданной температуре.

4.3. Назначение температуры высокого отпуска

Для снятия напряжений в сварных соединениях для малоуглеродистых сталей рекомендуется температура 580–650°С, при обеспечении перепада температур по сечению при выдержке не выше 50°

4.4. Назначение времени выдержки

Под продолжительностью выдержки понимается отрезок времени с момента достижения поверхностью заданной температуры до начала охлаждения.

Время выдержки рекомендуется брать из расчета 2,5–3 мин. на 1 мм максимальной толщины стенки изделия, но менее двух часов. Рациональнее назначать продолжительность выдержки по релаксационным кривым в зависимости от необходимого снижения остаточных напряжений согласно требованиям, предъявляемым к сварной конструкции.

4.5. Назначение скорости нагрева

Скорость нагрева назначается из условий недопущения пластических деформаций в процессе нагрева за пределами сварного шва и зоны термического влияния сварки. В любом случае она должна быть не более 150°С/ч.

4.6. Назначение скорости охлаждения

Скорость охлаждения регламентируется в области температур ниже 350°С, когда материал имеет сравнительно низкий предел текучести и назначается аналогично скорости нагрева, но не должна превышать 100°С/ч. Ниже 350°С скорость охлаждения не регламентируется и изделие разрешается охлаждать под слоем теплоизоляции.

4.7. Назначение зоны равномерного нагрева и общей зоны нагрева

Температурное поле в радиальном направлении, т.е. распределение температуры по толщине стенки не контролируется, поскольку температурный перепад по толщине задается скоростью нагрева и *обеспечивается наложением тепловой изоляции на обе поверхности* изделия.

Температурное поле в осевом направлении задается двумя способами.

4.7.1. Если основной задачей местной термообработки является ликвидация охрупчивания сварного шва, а термические напряжения за пределами шва неопасны (материалы пластичны), то следуя ОСТ 26-291-79, задается зона равномерного нагрева шириною в 2-3 толщины стенки в обе стороны от кольцевого шва. В пределах этой зоны поддерживается и контролируется заданная температура с точностью $\pm 20^{0}$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.

4.7.2. Оптимальным с точки зрения остаточных напряжений после термообработки считается температурное поле в виде плавной кривой, симметричной относительно шва, с заданной температурой Тн в центре шва, плавно снижающейся до 0,8 Тн на расстоянии 1,25 $\sqrt{Rh}$, от центра шва и до 0,5 Тн на расстоянии 2,5 $\sqrt{Rh}$ от центра шва, где R - радиус шва изделия в мм, h - толщина стенки в мм.

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 должна соответствовать заданной с точностью $\pm 25^{0}$С, а в точке на расстоянии 2,5 $\sqrt{Rh}$ может быть на 50-100^{0}С превышать заданную. Ширина теплоизоляции должна перекрывать зону нагрева и рекомендуется не менее 3 $\sqrt{Rh}$ в каждую сторону от оси шва.

4.7.3. 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. ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВНЕПЕЧНОМУ НАГРЕВУ НЕГАБАРИТНОЙ АППАРАТУРЫ

5.1. Внепечная объемная термическая обработка аппаратуры посредством нагрева изнутри теплоносителем производится по режиму высокого отпуска для снижения уровня остаточных напряжений.

5.2. Оборудование для внепечной объемной термообработки должно быть оснащено устройствами для регулирования и контроля температуры теплоносителя перед вводом в нагреваемое изделие, для управления потоком теплоносителя с целью равномерного нагрева изделия, а также системами автоблокировки для его безопасной эксплуатации. В качестве источника теплоносителя - смеси продуктов горения топлива (газообразного или жидкого) с воздухом - рекомендуются стенды термообработки, разработанные ВНИИПТхимнефтеаппаратуры.

5.3. Аппараты, подлежащие внепечной термообработке, должны иметь в нижней и верхней части отверстия для ввода и вывода теплоносителя, для чего используются имеющиеся люки и горловины, либо предусматриваются технологические отверстия.

5.4. При разработке технологии и оборудования для внепечной термообработки необходимо учитывать возможность потери формы аппарата вследствие пластических деформаций, тепловое расширение изделия при температуре термообработки, предусмотреть площадки обслуживания термопар и приборов на различных уровнях по высоте изделия и оперативную связь между ними, места установки контрольно-измерительных приборов, защищенные от ветра и атмосферных осадков.

5.5. Для уменьшения потерь тепла и достижения равномерного нагрева аппарат необходимо теплоизолировать. Толщина изоляции выбирается по допустимой температуре на наружной поверхности изоляции. В большинстве случаев она не должна превышать 60°С.

5.6. Для контроля температуры на поверхности изделия устанавливаются термопары. Количество термопар, их тип, размещение и способ крепления указываются в технологии на термообработку и согласуются с заводом-изготовителем изделия. Показания тер-

мопар регистрируются приборами с записью на диаграмму. Для регулирования процесса термообработки предусматриваются технологические термопары, места расположения которых и количество определяются технологической документацией на эксплуатацию оборудования для нагрева.

5.7. К термообработке допускаются изделия после проверки соответствия свойств металла заданным и устранения дефектов в сварных швах. Внутренняя поверхность изделий должна быть чистой и свободной от горючих материалов.

5.8. Режим термической обработки назначается на основе следующих требований:

Температура нагрева от 58С до 650°С;

Скорость нагрева - не более 30°С/ч;

Время выдержки от 2 до 3 мин. на 1 м толщины стенки после прогрева изделия, но не менее 2 часов;

Охлаждение - под слоем изоляции при закрытых входном и выходном отверстиях для теплоносителя со скоростью не более 30°С до температуры 300°С.

Перепад температуры на поверхности изделия во время выдержки не более 40°С.

6. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Контроль качества сварных соединений аппаратуры и её узлов после термической обработки производить в соответствии с ~~РТМ 26-335-79 "Контроль качества термообработки аппаратуры"~~, ~~РТМ 26-336-79 "Механические испытания сварных соединений"~~ и ОСТ 26-291-~~79~~ "Сосуды и аппараты стальные сварные. Технические требования".

РД 26-11-08-86 «Соединения сварные. Механические испытания».

РД 26-17-086-88 «Соединения сварные. Контроль качества термической обработки аппаратуры»;

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 1
2. Подготовка термического оборудования и изделий к термической обработке 5
3. Технологические рекомендации по объемной термической обработке 7
4. Технологические рекомендации по местной термической обработке сварных соединений 13
5. Технологические рекомендации по внепечному нагреву негабаритной аппаратуры 16
6. Контроль качества сварных соединений 17

Редактор Л.П.Ткачева

Подписано к печати 15.12.82 г. Формат бумаги 60х90/16
Усл. печ. л.0,9 Уч. изд.л. 1,1 Тираж 300 экз. Цена 29
Заказ № ВНИИТхимнефтеаппаратуры

Таблица 1 - Рекомендуемые режимы высокого отпуска при объемной и местной термообработке сварных деталей, узлов и аппаратов.

Номер группы	Группа стали	Марка стали	Температура отпуска, °С	Выдержка при температуре отпуска в зависимости от толщины	
				до 50 мм	от 51 до 220 мм
1	Углеродистые	Вст.3, 15, 20, 20ЮЧ, 20К, 22К	600 – 630	2,5 мин на 1 мм толщины, но не менее 1 ч при толщине до 25 мм	2 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм
2	Низколегированные	16ГС, 09Г2С, 10Г2С1, 10Г2, 15Г2СФ, 14ХГС, 16ГНМА	620-650		
3	Теплоустойчивые	12МХ, 12ХМ, 15ХМ, 20Х2М	670 – 710		
		15Х5М	740-760		

Таблица 2 – Рекомендуемые режимы промежуточного отпуска при объемной и местной термообработке деталей и узлов.

Номер группы	Группа стали	Марка стали	Температура отпуска, °С	Выдержка при температуре отпуска в зависимости от толщины	
				До 50 мм	от 51 до 220 мм
1	Углеродистые	Вст 3, 15, 20, 20ЮЧ, 20К, 22К	510 – 550	2,0 мин на 1 мм толщины, но не менее 1 ч при толщине до 30 мм	1,7 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм
2	Низколегированные	16ГС, 09Г2С, 10Г2С1, 10Г2, 15Г2СФ, 14ХГС, 16ГНМА	560 – 600		
3	Теплоустойчивые	12МХ, 12ХМ, 15ХМ, 20Х2М	600 – 640		
		15Х5М	620-650	2,5 мин на 1 мм толщины но не менее 2ч	2,1 ч плюс 15 мин на каждые дополнительные 25 мм свыше 50 мм

Примечание – Промежуточный отпуск назначается в случае сварки жестких узлов и исправлений дефектов с большим объемом наплавленного металла при разработке индивидуального технологического процесса. Эти детали и узлы в дальнейшем подлежат обязательному высокому отпуску.

Таблица 3 – Рекомендуемые режимы объемного и местного высокого отпуска сварных узлов и аппаратов при температуре ниже минимальной установленной в таблице 1

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

Примечания - 1. В таблице приведено минимальное время выдержки для толщины не более 25 мм. Для толщины более 25 мм добавляется 15 мин на каждые 25 мм.

2. Снижение температуры на 85 и 110°С не распространяется на теплоустойчивые стали. Допуск на температуру в таблице ±5°С.

gost.e-ecolog.ru

3. При отсутствии режимов термообработки, приведенных в таблице 3, допускается в случае, если практически невозможно провести отпуск при температуре, указанной в таблице 1.