

**Материалы и Изготовление Стальных
Толстостенных Резервуаров Высокого
Давления из 2 1/4Cr-1Mo, 2 1/4Cr-1Mo-
1/4V, 3Cr-1Mo и 3Cr-1Mo-1/4V,
Предназначенных для Эксплуатации в
Водородной Среде при Высокой
Температуре и Под Высоким Давлением**

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ПРАКТИКА API 934-A
ВТОРОЕ ИЗДАНИЕ, МАЙ 2008

ПРИЛОЖЕНИЕ 1, ФЕВРАЛЬ 2010

**Материалы и Изготовление Стальных
Толстостенных Резервуаров Высокого
Давления из 2 1/4Cr-1Mo, 2 1/4Cr-1Mo-
1/4V, 3Cr-1Mo и 3Cr-1Mo-1/4V,
Предназначенных для Эксплуатации
в Водородной Среде при Высокой
Температуре и Под Высоким
Давлением**

Сегмент переработки

**РЕКОМЕНДУЕМАЯ ПРАКТИКА API 934-A
ВТОРОЕ ИЗДАНИЕ, МАЙ 2008**

ПРИЛОЖЕНИЕ 1, ФЕВРАЛЬ 2010

Особые Примечания

Публикации API обязательно затрагивают проблемы общего характера. С учетом конкретных обстоятельств, местные законы, законы штатов или федеральное законодательство и положения пересматриваются.

API, а также сотрудники, субподрядчики, консультанты, комитеты или иные представители API не дают никаких гарантий и заявлений прямых или подразумеваемых в отношении точности, полноты или практичности информации, содержащейся в настоящем документе, и не принимают на себя обязательств или ответственности за использование, или результаты такого использования любой информации или процесса, описанных в настоящей публикации. API, а также сотрудники, субподрядчики, консультанты или иные представители API не заявляют, что использование настоящей публикации не нарушит каких-либо прав, являющихся частной собственностью.

Допускается использование публикаций API любым желающим лицом. Институт сделал все возможное для обеспечения точности и надежности данных, содержащихся в них; тем не менее, Институт не делает никаких заявлений, не ручается и не дает гарантий в связи с настоящей публикацией, и, настоящим недвусмысленно отказывается от любой ответственности или обязательства за убыток или ущерб, вызванный ее использованием, а также за любые нарушения требований каких-либо уполномоченных органов, которым настоящая публикация может противоречить.

Публикации API издаются для содействия широкой доступности проверенных, надежных инженерно-технических методов и методов технической эксплуатации. Настоящие публикации не избавляют от необходимости проводить рациональную инженерную оценку относительно того, когда и где следует использовать настоящие публикации. Формулировка и издание публикаций API никоим образом не предназначена для препятствования использованию любых других практик.

Все производители, маркирующие оборудование или материалы в соответствии с требованиями к маркировке по стандарту API, несут единоличную ответственность за соответствие всем применимым требованиям настоящего стандарта. API не заявляет, не ручается и не гарантирует, что такие изделия в действительности соответствуют применимому стандарту API.

«Секретные области могут отличаться в зависимости от местоположения, условий, оборудования, и веществ, задействованных в каждой отдельной ситуации.

Пользователям настоящей RP следует проконсультироваться с соответствующими уполномоченными органами.

«Пользователям настоящей RP не следует полагаться исключительно на информацию, содержащуюся в настоящем документе. Следует использовать рациональные деловые, научные, технические оценки, и оценки безопасности при использовании содержащейся здесь информации.

Все права защищены. Не допускается воспроизведение, перевод, хранение в информационно-поисковой системе или передача при помощи любых электронных или механических средств, фотокопирования, записи или иначе любой части настоящей работы без предварительного письменного разрешения издателя. Свяжитесь с издателем, API Publishing Services, 1220 L Street, NW, Вашингтон, ОК 20005.

Авторское право © 2009 Американский институт нефти

Предисловие

Ничто в публикациях API не должно толковаться как дающее какое-либо право, по смыслу или иначе, на производство, реализацию или использование какого-либо метода, прибора или изделия, предусмотренных патентными грамотами. Также ничто в публикациях не следует толковать как страхование какого-либо лица от ответственности за нарушения патентных грамот.

Настоящий документ был подготовлен в соответствии с процедурами стандартизации API, которые предусматривают соответствующее уведомление и участие в процессе разработки и обозначены как стандарт API. Вопросы по интерпретации содержания настоящей публикации или комментарии и вопросы по процедурам, в соответствии с которыми была разработана настоящая публикация, следует направлять в письменном виде Директору по Стандартам, Американский институт нефти, 1220 L Street, NW, Вашингтон, ОК 20005. Запросы разрешения на воспроизводство или перевод целиком или частично материала, опубликованного здесь, также следует адресовать директору.

В целом стандарты API рассматриваются и пересматриваются, повторно подтверждаются или отзываются не реже одного раза каждые пять лет. Единовременное продление на срок до двух лет может быть добавлено к настоящему циклу пересмотра. Статус публикации можно установить в Департаменте Стандартов API, телефон (202) 682-8000. Каталог публикаций и материалов API издается ежегодно API, 1220 L Street, NW, Вашингтон, ОК 20005.

Предлагаемые исправления приветствуются, и их следует предоставить в Департамент Стандартов, API, 1220 L Street, NW, Вашингтон, ОК 20005, standards@api.org.

Содержание

Страница

1	Область применения	1
2	Ссылки.....	2
3	Термины, Определения и Аббревиатуры.....	5
3.1	Термины и Определения.....	5
3.2	Аббревиатуры.....	6
4	Проектирование	7
5	Основные Требования к Металлам	8
5.1	Технические Требования к Материалам.....	8
5.2	Технология Производства Стали	9
5.3	Ограничения по Химическому Составу	9
5.4	Термообработка.....	9
5.5	Механические Свойства	10
6	Требования к сварочным Материалам	12
6.1	Технические Требования к Материалам.....	13
6.2	Механические Свойства	13
7	Сварка, Термообработка и Контроль в Процессе Изготовления	15
7.1	Общие требования к Сварке	15
7.2	Оценка Технологии Сварки	16
7.3	Предварительный Нагрев и Термообработка в процессе Сварки Основного Металла	18
7.4	Контроль в Процессе Изготовления Сварных Швов из Основного Металла	19
7.5	Наплавление Сварного Шва	21
7.6	Окончательная Послесварочная Термообработка (PWHT)	25
8	Неразрушающий Контроль (NDE)	25
8.1	Общие Положения	25
8.2	NDE Перед Изготовлением.....	26
8.3	NDE в Процессе Изготовления.....	26
8.4	NDE после Изготовления и до Окончательной PWHT	27
8.5	NDE после Окончательной PWHT	27
8.6	Контроль Химического Состава Материала Сплавов.....	28
9	Гидравлическая Опрессовка.....	28
10	Подготовка к Транспортировке	28

11 Документация.....	29
Приложение А (информативное) Руководство по Проверке на Поперечное Растрескивание при Перегреве.....	30
Библиография.....	44
Рисунки	
1 Местоположение индентирования на твёрдость по шкале Виккерса	18
А.1 Схематическое Изображение Местоположений Трещин после Перегрева.....	40
А.2 В-сканирование для Обнаружения Поперечных Дефектов при Помощи Ультразвуковой Дефектоскопии (TOFD)	41
А.3 Периодическая Установка Образца со Смещением для Обнаружения Поперечных Дефектов	41
А.4 Блок Демонстрации Чувствительности TOFD.....	42
А.5 Характеристика Трещин при Перегреве с Использованием Эхоимпульсной Ультразвуковой Аппаратуры	43

Содержание

Страница

Таблицы

1	Технические Характеристики Основного Металла	8
2	Термообработка образцов для испытаний	11
3	Максимальные Эксплуатационные Условия Взаимосвязанные с Условиями Испытаний при 450°C (842°F)	22
4	Интервал Условий Испытаний.....	22
5	Температура и Время Выдержки PWHT.....	25
A.1	Рекомендации по TOFD для Идентификации Поперечных Трещин после Перегрева	37
A.2	Справочник Нормативов Эхо-импульсной Волны Сдвига для Идентификации Поперечных Трещин после Перегрева	39

Введение

Настоящая рекомендуемая практика относится к новым толстостенным резервуарам высокого давления в нефтеперерабатывающем, нефтехимическом и химическом оборудовании, в которых водород или водородсодержащие жидкости перерабатываются при повышенных температурах и давлении. Она основана на опыте промышленной эксплуатации в течение десятилетий и экспериментальных результатах и результатах испытаний проводимых независимыми изготовителями и покупателями толстостенных резервуаров высокого давления для такого использования.

Лицензиары и владельцы технологических установок, в которых должны использоваться такие толстостенные резервуары высокого давления, могут изменять и/или дополнять настоящую рекомендуемую практику собственными дополнительными требованиями.

Материалы и Изготовление Стальных Толстостенных Резервуаров Высокого Давления из 2 1/4Cr-1Mo, 2 1/4Cr-1Mo-1/4V, 3Cr-1Mo и 3Cr-1Mo-1/4V, Предназначенных для Эксплуатации в Водородной Среде при Высокой Температуре и Под Высоким Давлением

1 Область применения

Настоящая рекомендуемая практика определяет требования к материалам и изготовлению новых стальных толстостенных резервуаров высокого давления из 2 1/4Cr и 3Cr для эксплуатации в водородной среде при высокой температуре и высоком давлении. Она применяется к резервуарам, которые были спроектированы, изготовлены, сертифицированы и зарегистрированы в соответствии с ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, включая Раздел 3.4, Дополнительные Требования к Сталям Cr-Mo и Кода ASME 2151, если применимы. Настоящий документ может также использоваться в качестве ресурса, при планировании модификации существующего толстостенного резервуара высокого давления.

Более новый ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 3 доступен и имеет более высокие проектировочные допуски, однако в нем применяются намного более строгие правила проектирования (например, требуются исследования механики усталости и растрескивания (разрушения)) и требования испытаний материалов. Настоящее находится вне области применения настоящего документа.

Материалы, охватываемые настоящей рекомендуемой практикой, являются обычными сталями, включая стандартные стали 2-1/4Cr-1Mo и 3Cr-1Mo, и прогрессивные стали, которые включают стали 2 1/4Cr-1Mo-1/4V, 3Cr-1Mo-1/4V-Ti-V, и 3Cr-1Mo-1/4V-Nb-Ca. Настоящий документ может использоваться в качестве справочного документа для изготовления резервуаров из улучшенных сталей (стали с механическими свойствами, улучшенными специальной термообработкой) по усмотрению покупателя. Однако, не предпринималась попытка охватить специфические требования к улучшенным сталям.

Внутренние поверхности данных толстостенных резервуаров высокого давления может иметь наплавленное сварное покрытие из аустенитной нержавеющей стали, чтобы обеспечить дополнительную стойкость к коррозии. Нержавеющее облицовочное покрытие, с использованием соединенного прокаткой или соединённого методом сварки взрывом слоя с основным металлом Cr-Mo может быть приемлемым, но настоящее находится вне области применения настоящего документа.

2 Ссылки

Следующие ссылочные документы процитированы в применении к настоящему документу. Для датированных ссылок применяется только процитированное издание. Для не датированных ссылок применяется последнее издание документа, на который они ссылаются (включая поправки).

API RP 582, *Руководство по сварке для Химической, Нефтяной и Газовой промышленности*

Сборник правил для Котлов и Резервуаров Высокого Давления ASME¹, Раздел II - Материалы; Часть А - "Технические Требования к Материалам из Чёрного Металла"; Часть С - Технические требования для Сварочных Электродов, Электродов и Присадочного Металл; Часть D - свойства

Сборник правил для Котлов и Резервуаров Высокого Давления ASME, Раздел V- Неразрушающее Исследование

Сборник правил для Котлов и Резервуаров Высокого Давления ASME, Раздел VIII - Правила для Строительства Резервуаров Высокого Давления, Часть 1

Сборник правил для Котлов и Резервуаров Высокого Давления ASME, Раздел VIII - Правила для Строительства Резервуаров Высокого Давления, Часть 2 - Альтернативные Правила

Сборник правил для Котлов и Резервуаров Высокого Давления ASME, Раздел IX - Квалификация Сварки и Пайки

Правило ASME 2151- Пластины из Легированной Стали 2151-1, 3 Хром-1 Молибден - 1/4 Ванадий-Ниобий-Кальций и Штамповка

ASME SA-20, Технические условия для Общих Требований для Стальных Пластин для Резервуаров Высокого Давления

ASME SA-182, Технические условия для Штампованных или Прокатанных Фланцев Труб из Легированной стали, Штампованных Фитингов, Клапанов и Частей для Эксплуатации при Высокой Температуре

ASME SA-335, Технические условия для Бесшовных Труб из Легированной Ферритной Стали для Эксплуатации при Высокой Температуре

ASME SA-336, Технические условия для Штампованных Деталей из Легированной

¹ ASME International, 3 Park Avenue, New York, New York 10016, www.asme.org.

стали, работающих под Давлением и при Высокой Температуре

ASME SA-369, Штампованная Труба и Труба с высверленным отверстием из Углеродистой и Ферритной Легированной стали для Эксплуатации при Высокой Температуре

ASME SA-387, Технические условия для Пластин Резервуара Высокого Давления, Легированной стали, Хромомолибденовой

ASME SA-435, Технические условия для Ультразвукового Контроля Стальных Пластин Методом прямого преобразователя

ASME SA-508, Технические условия для Закаленных и Отпущенных Штампованных Поковок из Вакуумированной Углеродистой и Легированной стали для Резервуаров Высокого Давления

ASME SA-541, Технические условия для Закаленных и Отпущенных Штампованных Поковок из Углеродистой и Легированной стали для Компонентов Резервуаров Высокого Давления

ASME SA-542, Технические условия для Пластин Резервуара Высокого Давления, Легированной стали, Закаленной-и-Отпущенной, Хромомолибденовой и Хром-Молибден-Ванадиевой

ASME SA-578, Технические условия для Ультразвукового Контроля Простых и Плакированных Стальных Пластин для Специальных Применений

ASME SA-832, Технические условия для Пластин Резервуара Высокого Давления, Легированной стали, Хром-Молибден-Ванадиевой

ASNT² RP SNT-TC-1A, Квалификация и Сертификация Персонала для Неразрушающего Испытания

ASTM³ G146, Стандартные Правила Оценки Нарушения Сцепления для Биметаллической Пластины из Нержавеющего Сплава/Нержавеющей Стали для Использования на Нефтеперерабатывающих заводах в Водородной среде при Высокой Температуре и Давлении

AWS⁴ A4.2, Стандартные Методы Калибровки Магнитных Инструментов для Измерения Содержания Дельта-Феррита в Аустенитном и Двойном Аустенитно-Ферритном Наплавленном Металле из Нержавеющей стали

² Американское Общество Неразрушающих Испытаний (American Society for Nondestructive Testing), 1711 Arlingate Lane, P.O. Box 28518, Columbus, Ohio 43228, www.anst.org <<http://www.anst.org>>.

³ ASTM International, 100 Bar Harbor Drive, West Conshohocken, Pennsylvania 19428, www.astm.org <<http://www.astm.org>>.

⁴ Американское Общество Сварки (American Welding Society), 550 N.W. LeJeune Road, Miami, Florida 33126, www.aws.org <<http://www.aws.org>>.

AWS A4.3, Стандартные Методы для Определения Способного к Диффузии Водородного Содержания Мартенситного, Бейнитного и Ферритного Стального Наплавленного Покрытия, Произведенного Дуговой Сваркой

WRC⁵ Бюллетень 342, Направляемый Сваркой Металл из Нержавеющей Стали: Предсказание Ферритного Содержания

⁵ Совет по Исследованиям в Области Сварки (Welding Research Council), 3 Park Avenue, 27th Floor, New York, New York 10016, www.forengineers.com.

3 Термины, Определения и Аббревиатуры

3.1 Термины и Определения

В целях настоящих рекомендуемых правил применяются следующие Термины и Определения.

3.1.1

Нормы ASME

Нормы для Котлов и Резервуаров Высокого Давления ASME, Раздел VIII, Часть 2, включая применимые Приложения и дополнения к Нормам.

3.1.2

окончательная PWHT

Окончательная послесварочная термообработка после изготовления резервуара и до пуска резервуара в эксплуатацию.

3.1.3

горячая штамповка

Механическая штамповка компонентов резервуара при температуре, превышающей температуру окончательной PWHT.

3.1.4

параметры Ларсона - Миллера

Формула для оценочного расчета термообработки:

$$LMP = T \times (20 + \log t)$$

где

T это температура в °K; и

t это время в часах.

3.1.5

изготовитель

Фирма или организация, получающая заказ на проектирование и изготовление резервуара высокого давления.

3.1.6

максимальная PWHT

Указанная термообработка образцов для испытаний используется для моделирования всех термообработок при изготовлении, включая аустенизацию и закалку, все промежуточные термообработки при температуре выше 900°F (482°C), окончательную PWHT, цикл PWHT для возможного заводского ремонта, и минимум одну дополнительную PWHT для будущего использования владельцем.

Примечание: Для определения эквивалентного времени при одной температуре (в пределах диапазона PWHT), может использоваться формула Ларсона-Миллера; результаты должны быть согласованы между покупателем и изготовителем.

3.1.7

минимальная PWHT

Указанная термообработка образцов для испытаний используется для моделирования минимальной термообработки [аустенизации, закалки и одного цикла PWHT, и промежуточный сброс напряжения (ISR) при температуре выше 900°F (482°C)].

Примечание: Для определения эквивалентного времени при одной температуре (в пределах диапазона PWHT), может использоваться параметр Ларсона-Миллера; результаты должны быть согласованы между покупателем и изготовителем.

3.1.8

покупатель

Фирма или организация, которая предоставила заказ на поставку изготовителю.

3.1.9

Термообработка с поэтапным охлаждением

Указанная термообработка используется для моделирования и ускорения охрупчивания образцов для испытаний в целях оценки потенциала для отпускного охрупчивания легированных сталей при эксплуатации при высоких температурах.

3.2 Аббревиатуры

В целях настоящих рекомендуемых норм применяются следующие аббревиатуры:

CMTR	отчет об испытаниях сертифицированных материалов
DHT	дегидрогенизационная термообработка

FN	ферритовое число
HAZ	зона термического влияния (околошовная зона)
HBW	твердость по Бринеллю с индентором из карбида вольфрама
HV	твердость по шкале Викерса
ISR	промежуточный сброс напряжения
MDMT	г _r расчетная температура металла
MT	магнитно-порошковая дефектоскопия
NDE	неразрушающие испытания
PQR	процедура квалификационной оценки качества сварки
PT	проверка герметичности методом проникающего красителя
PWHT	послесварочная термообработка
RT	рентгеновская дефектоскопия
UT	ультразвуковая дефектоскопия
WPS	технические требования к швам сварных соединений

4 Проектирование

4.1 Проектирование и изготовление должны соответствовать ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2. Должно использоваться последнее издание, включая приложения, действительные на день заключения договора о покупке.

4.2 Отчет изготовителя по конструкции, который содержит расчет прочности по Нормам ASME, и, где применимо, анализ местных напряжений для дополнительных нагрузок, и другие специальные исследования конструкции, должен быть в соответствии с техническим заданием покупателя и другой технической документацией.

4.3 Настоящие рекомендуемые нормы не предназначены, чтобы охватывать проблемы проектирования, кроме перечисленных далее.

а) Минимальная необходимая толщина не должна включать допуск на коррозию, и/или толщину наплавления сварного шва или покрытия, наносимого

плакированием.

- b) Расположения сварных швов должны обеспечивать доступность для производства всех сварочных работ и штатных NDE, таких как RT, UT, MT и PT.
- c) Насадочный патрубок должен иметь переход к корпусу резервуара, как показано в ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Таблица 4.2.13. С согласия покупателя, патрубки с номинальным размером 4 дюйма (100 мм) и меньше могут быть изготовлены в соответствии с ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Таблица 4.2.10, Деталь 3 - Деталь 7, с составляющим единое целое усилением.

5 Основные Требования к Металлам

5.1 Технические Требования к Материалам

5.1.1 Основные металлы должны соответствовать применимым техническим требованиям ASME, указанным в Таблице 1.

5.1.2 Если только не одобрено покупателем заранее, различные основные компоненты сплава не должны использоваться вместе в одном и том же резервуаре (например, патрубки из $2\frac{1}{4}$ Cr-1Mo- $\frac{1}{4}$ V не должны использоваться со стандартной облицовкой из $2\frac{1}{4}$ Cr-1Mo).

5.1.3 При получении одобрения покупателя заранее, является приемлемым для частей, не работающих под давлением, присоединенных к частям, работающим под давлением, соответствие только номинальному химическому составу части, работающей под давлением, например, опорная юбка из $2\frac{1}{4}$ Cr-1Mo, соединенная с корпусом из $2\frac{1}{4}$ Cr-1Mo- $\frac{1}{4}$ V.

Таблица 1—Технические Характеристики Основного Металла

Сталь		Стандартный		Усиленный		
Форма стального изделия	ASME Спец	Стандартный $2\frac{1}{4}$ Cr-1Mo	Стандартный 3Cr-1Mo	$2\frac{1}{4}$ Cr-1Mo- $\frac{1}{4}$ V ^a	3Cr-1Mo- $\frac{1}{4}$ V-Ti-B ^a	3Cr-1Mo- $\frac{1}{4}$ V- Cb-Ca ^b
Пластина	SA 387	Марка 22, Класс 2	Марка 21, Класс 2	—	—	—
	SA 542	—	—	Тип D, Класс 4a	Тип C, Класс 4a, Марка 21V	Тип E, Cl 4a, Марка 23V
	SA 832	—	—	Марка 22V	—	—

Сталь		Стандартный		Усиленный		
Форма стального изделия	ASME Spec	Стандартный 2 ^{1/4} Cr-1Mo	Стандартный 3Cr-1Mo	2 ^{1/4} Cr-1Mo- 1/4V ^a	3Cr-1Mo- 1/4V-Ti-B ^a	3Cr-1Mo-1/4V- Cb-Ca ^b
Штампованная деталь	SA 182	Марка F22, Класс 3	Марка F21	Марка F22V	Марка F3V	Марка F3VCb
	SA 336	Марка F22, Класс 3	Марка F21, Класс 3	Марка F22V	Марка F3V	Марка F3VCb
	SA 508	—	—	—	Марка 3V	Марка 3VCb
	SA 541	—	—	Марка 22V	Марка 3V	Марка 3VCb
Труба	SA 335	Марка P22	Марка P21	—	—	—
Труба (штампованная или высверленная)	SA 369	Марка FP22	Марка FP21	—	—	—
^a Покрывается ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Раздел 3.4.						
^b Покрывается Дополнением к Нормам 2151-1 ASME.						

5.2 Технология Производства Стали

В дополнение к технологии производства стали, описанной в общих чертах в применимом техническом требовании к материалам, стали должны быть вакуумированы.

5.3 Ограничения по Химическому Составу

Химический состав основных металлов должен быть ограничен следующим образом, чтобы минимизировать восприимчивость к отпускному охрупчиванию (настоящие ограничения по химическому составу применяются к каждому анализу химического состава плавки):

$$J\text{-фактор} = (\text{Si} + \text{Mn}) \times (\text{P} + \text{Sn}) \times 10^4 \leq 100 \text{ фактор}$$

Si, Mn, P, и Sn измеряются в весовых %.

5.4 Термообработка

Дополнительно, содержание Cu - максимум 0.20 %, и Ni - максимум 0.30 % (максимум 0.25 % для прогрессивных сталей).

5.5 Механические Свойства

5.5.1 Испытательные Образцы

5.5.1.1 Местоположение Испытательных Образцов

Испытательные образцы для определения свойств на растяжение и свойств на удар должны быть удалены из следующих местоположений.

- а) Пластина - из каждой пластины, поперечной направлению прокатки в соответствии с SA-20 в стандартных испытательных местоположениях и в местоположении $1/2T$. Если разрешается применимыми техническими требованиями к изделиям, то пробные образцы для всех испытаний должны получаться только из местоположения $1/2T$. Если требуется, образцы $1/2T$ должны использоваться для испытания на растяжение нагретого образца и испытания на поэтапное охлаждение.
- б) Штампованные детали - из каждой плавки, поперечной главному рабочему направлению в соответствии с SA-182, SA-336, SA-508 или SA-541, и испытательные образцы должны быть взяты $1/2T$ испытательного блока удлинения или отдельного испытательного блока. Отдельный испытательный блок, если используется, должен быть изготовлен из той же плавки и должен иметь по существу такое же сокращение и тип горячей обработки, что и производимые штампованные детали, которые он представляет и должен быть такой же номинальной толщины, что и производимые штампованные детали. Отдельные испытательные штампованные детали должны быть термообработаны в той же загрузке печи, и при тех же условиях, что и производимые штампованные детали.

Для толстых и сложных штампованных деталей, которые штампуются или обрабатываются до, по существу, конфигурации готового изделия до термообработки, зарегистрированный инженер, который готовит отчет о проекте, должен определить поверхность готового изделия, подвергающуюся высокому растягивающему напряжению в эксплуатации. Испытательные образцы для настоящих изделий должны быть удалены из продлений или других запасов, предусмотренных для изделий. Испытательные образцы должны быть удалены в соответствии с ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Параграф 3.10.4.2.

- в) Труба - из каждой плавки и партии труб, поперечных главному рабочему

направлению в соответствии с SA-530 за исключением тех испытательных образцов, которые должны быть взяты из $1/2T$.

5.5.1.2 Термообработка образцов для испытаний

Испытательные образцы должны быть термообработаны, как указано в Таблице 2. Если основной металл термообработан после горячей штамповки, то испытательные образцы должны быть подвергнуты моделируемой термообработке горячей штамповкой до термообработки, указанной в Таблице 2. Если термообработка после горячей штамповки состоит из полной аустенизации, такой как закалка или нормализации, и производится при температуре более высокой, чем температура горячей штамповки, то моделируемая термообработка горячей штамповкой не нужна.

Таблица 2. Термообработка образцов для испытаний

Сталь	Base Metal and PQR Tensile Test	Base Metal, Weld Metal and PQR Impact Test	Weld Metal and PQR Step Cooling Tests
Стандартная	Минимальная и максимальная PWHT	Минимальная PWHT	Минимальная PWHT
Прогрессивная	Минимальная PWHT и максимальная PWHT ^a	Минимальная PWHT ^a	Минимальная PWHT

^aДанные термообработки отвечают требованиям ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Параграф 3.4 и дополнения к нормам 2151-1 ASME.

5.5.2 Свойства при Растяжении

5.5.2.1 Свойства при растяжении, при температуре окружающей среды, после термообработки, указанные в 5.5.1.2, должны отвечать требованиям применимой спецификации основного металла. Кроме того, должны применяться следующие пределы для свойств при растяжении.

a) Предел прочности не должен превышать следующие пределы:

- стандартные стали: 100 тысяч фунтов на кв. дюйм (690 Н/мм²);
- прогрессивные стали: 110 тысяч фунтов на кв. дюйм (760 Н/мм²).

b) Предел текучести не должен превышать следующие пределы:

- стандартные стали: 90 тысяч фунтов на кв. дюйм (620 Н/мм²);

— прогрессивные стали: 90 тысяч фунтов на кв. дюйм (620 Н/мм²).

5.5.2.2 Испытания на растяжение при повышенной температуре, если требуются покупателем, должны быть выполнены при расчетной температуре оборудования. Испытательные образцы должны быть в состоянии максимальной PWHT. Приемочные значения должны быть в соответствии с указанными владельцем/пользователем. Как правило, если требуется, приемочное значение составляет 90 % от значений, перечисленных в ASME BPVC, Раздел IID, Таблица U для испытательной температуры

5.5.3 Свойства при Ударном Воздействии

5.5.3.1 Общие положения

Средние значения ударного воздействия при -20°F (-29°C) трех испытательных образцов Шарпи с V-образным надрезом, термообработанные в соответствии с 5.5.1.2, не должны быть меньше чем 40 фунт силы-футов (55 Дж), без отдельных значений ниже 35 фунт силы-футов (47 Дж). Нужно также сообщить процент пластического разрушения и поперечного расширения в тысячных долях дюйма.

5.5.3.2 Испытания на поэтапное охлаждение

Испытания на поэтапное охлаждение основных металлов не требуются. Если покупатель решает назначить испытания на поэтапное охлаждение, то испытательная процедура и приемочные критерии должны быть в соответствии с 6.2.3. Покупатель может решить потребовать, чтобы испытания поэтапного охлаждения выполнялись только при нагреве с наиболее высоким J-фактором.

Вместо испытаний поэтапного охлаждения, покупатель может потребовать проведения испытания на ударное воздействие при -80°F (-62°C) с результатами средними минимальными 40 фунт силы-футов (55 Дж) и отсутствием отдельных значений ниже 35 фунт силы-футов (47 Дж). Нужно также сообщить процент пластического разрушения и поперечного расширения в тысячных долях дюйма. Если настоящее испытание осуществлено, и данные испытаний являются удовлетворительными, то результаты могут считаться имеющими место в требованиях в 5.5.3.1, которые испытывались при более высокой температуре.

6 Требования к Присадочным Материалам

6.1 Технические Требования к Материалам

6.1.1 Наплавленный сваркой металл, из каждой серии или партии сварочных электродов и каждой плавки присадочных проволок, и каждой комбинации присадочной проволоки и флюса, должен соответствовать номинальному химическому составу основного металла, который будет свариваться.

6.1.2 Следующие ограничения по химическому составу должны контролироваться, чтобы минимизировать степень охрупчивания при отпуске.

$$X\text{-bar} = (10P + 5Sb + 4Sn + As) / 100 \leq 15$$

где

P, Sb, Sn, и As измеряются в частях на миллион.

Дополнительно, Cu - максимум 0.20 %; и Ni - максимум 0.30 %.

6.1.3 Должны использоваться сварочные материалы с низким содержанием водорода, включая флюсы, имеющие максимум 8 мл способного к диффузии водорода на каждые 100 г металла сварки, H8 по AWS A4.3. Им следует быть приготовленными, храниться и использоваться в соответствии с инструкциями изготовителя расходных материалов (выдержка электродов в печи, продолжительность времени вне духовки и т.д.).

6.2 Механические Свойства

6.2.1 Свойства при Растяжении

Свойства при растяжении наплавленного сваркой металла должны соответствовать таковым для основного металла в соответствии с 5.5.2.

6.2.2 Свойства при Ударном Воздействии

Каждая партия электродов, плавка присадочной проволоки и комбинация партии флюса и плавки проволоки должны быть испытаны на ударное воздействие (и для стандартных, и для прогрессивных сталей), и должны отвечать требованиям 5.5.3.1.

6.2.3 Испытания на поэтапное охлаждение

6.2.3.1 До начала изготовления, испытания металла сварки на поэтапное охлаждение должны быть выполнены, как определено ниже, чтобы определить его

восприимчивость к охрупчиванию в результате отпуска. Каждая партия электродов, плавка присадочной проволоки и комбинация партии флюса и плавки проволоки должны быть испытаны.

Два набора образцов с продольным V-образным надрезом для испытания по Шарпи на ударную вязкость, с минимумом 24 образцами в наборе, должны быть подготовлены и подвергнуты следующей термообработке:

Набор 1 — Только минимальная PWHT, чтобы установить кривую температуры перехода перед поэтапным охлаждением.

Набор 2 — Минимальная PWHT плюс термообработка поэтапным охлаждением, указанная ниже, чтобы установить кривую температуры перехода после поэтапного охлаждения.

Термообработка поэтапным охлаждением, должна быть следующей.

- 1) Температура до 600°F (316°C), скорость нагрева не является критической.
- 2) Нагрев с 100 °F (56 °C) / максимум в течение часа до 1100 °F (593 °C).
- 3) Выдержка при 1100 °F (593 °C) в течение 1 часа.
- 4) Охлаждение до 10 °F (6 °C) / максимум в течение часа до 1000 °F (538 °C).
- 5) Выдержка при 1000 °F (538 °C) в течение 15 часов.
- 6) Охлаждение до 10 °F (6 °C) / максимум в течение часа до 975 °F (524 °C).
- 7) Выдержка при 975 °F (524 °C) в течение 24 часов.
- 8) Охлаждение до 10 °F (6 °C) / максимум в течение часа до 925 °F (496 °C).
- 9) Выдержка при 925 °F (496 °C) в течение 60 часов.
- 10) Охлаждение до 5 °F (3 °C) / максимум в течение часа до 875 °F (468 °C).
- 11) Выдержка при 875 °F (468 °C) в течение 100 часов.
- 12) Охлаждение до 50 °F (28 °C) / максимум в течение часа до 600 °F (316 °C).
- 13) Охлаждение до окружающей температуры в неподвижном воздухе.

6.2.3.2 После термообработки набора образцов с продольным V-образным надрезом для испытания по Шарпи на ударную вязкость, каждый набор образцов должен быть испытан на ударное воздействие при восьми выбранных испытательных температурах, чтобы установить кривую температуры перехода. Одно из испытаний

должно быть выполнено при $-20\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($-29\text{ }^{\circ}\text{C}$). Три образца должны быть испытаны при каждой испытательной температуре. Кривая температуры перехода должна быть установлена, по крайней мере, двумя испытательными температурами и по верхнему, и по нижнему отслюю, и минимум четырьмя промежуточными испытательными температурами.

6.2.3.3 40 фунт сила-футов (55 Дж) температуры перехода должны быть определены по кривым температуры перехода, установленных из двух наборов образцов с продольным V-образным надрезом для испытания по Шарпи на ударную вязкость. Свойства при ударном воздействии должны отвечать следующему требованию:

$$CvTr40 + 2.5 \Delta CvTr40 \leq 50\text{ }^{\circ}\text{F} (10\text{ }^{\circ}\text{C})$$

где

$CvTr40$ температура перехода 40 фунт сила-футов (55 Дж) материала, подвергнутого только минимальной PWHT;

$\Delta CvTr40$ изменение температуры перехода 40 фунт сила-футов (55 Дж) материала, подвергнутого минимальной PWHT плюс термообработка поэтапным охлаждением.

7 Испытание Сварки, Термообработки и Производства

7.1 Общие требования к Сварке

7.1.1 Поверхности основного металла до сварки или применения наплавления сварного шва должны состоять из чистой металлической поверхности, подготовленной механической обработкой, шлифованием или пескоструйной очисткой.

7.1.2 Все сварные соединения, включая оснастку корпуса резервуара, работающего не под давлением, должны:

- a) иметь проект полного проплавления сварного шва,
- b) быть расположены так, чтобы полная ультразвуковая дефектоскопия сварных швов могла быть проведена после изготовления, и после завершения установки (в

случаях, где это не осуществимо, изготовитель должен предложить дополнительные методы NDE, чтобы проверить качество сварки), и

- с) где применимо, быть выполнены достаточно гладкими, чтобы обеспечить неразрушающую дефектоскопию (MT, PT, UT or RT).

7.1.3 Все сварные работы должны быть закончены до заключительной PWHT, кроме сварки внутренней оснастки к аустенитному сварному наплавлению из нержавеющей стали. Для настоящих привариваемых устройств должны быть выполнены PQR или испытания на макете, чтобы проверить, что они не оказывают HAZ на основной металл, если не отклонены покупателем.

7.1.4 Все сварные наплавления на основной металл, сварные соединения и наплавление сварного шва должны быть выполнены, используя процедуру сварного наплавления, квалифицированного в соответствии с 7.2, и должны отвечать всем таким же требованиям, что и стандартно выполняемые сварки.

7.2 Оценка Технологии Сварки

7.2.1 Сварочные процедуры должны быть квалифицированы в соответствии со следующим:

— стандартные стали, ASME *BPVC*, Раздел IX;

— прогрессивные стали, ASME *BPVC*, Раздел IX и ASME *BPVC*, Раздел VIII, Часть 2, Раздел 3.4, или дополнение к норме ASME 2151-1, как применимо.

7.2.2. Основной металл для испытаний для оценки технологии сварки должен быть сделан по тем же техническим требованиям к материалам Правил ASME (одинаковые Р-число и Число группы), и номинальному химическому составу, как определено для резервуара, и могут использоваться или пластина или штампованная деталь. Сварочные электроды, проволока и комбинация флюса должны иметь тот же тип и марку, как и те, которые используются в производстве сварки.

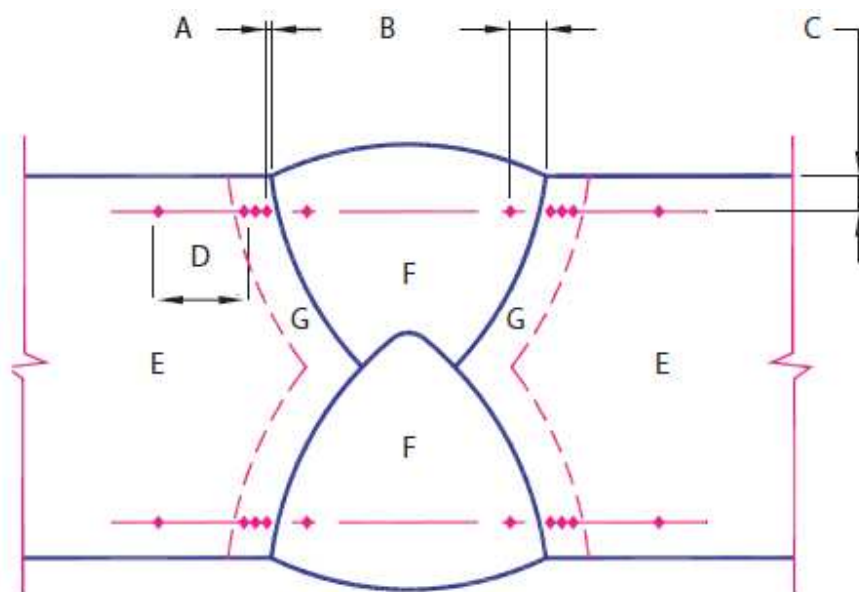
7.2.3. Испытание образца Шарпи с V-образным надрезом на удар должно быть выполнено на металле сварки и HAZ термообработанной испытательной пластины с образцом термообработки в соответствии с Таблицей 2. Настоящие испытания на удар должны быть выполнены для каждой сварочной процедуры и должны соответствовать температуре испытания на удар и приемочным требованиям в 5.5.3.1.

7.2.4. Испытания на поэтапное охлаждение должны быть выполнены на металле сварки и HAZ для каждой сварочной процедуры, как определено для металла сварки в 6.2.3. Ранее квалифицированные WPS с испытанием на поэтапное охлаждение, могут быть приняты покупателем, основываясь на соответствии WPS пункту 7.2.1.

7.2.5. Два пересечения на твердость Виккерсу сварного шва должны быть сделаны на образце сварки с условием минимальной PWHT. Настоящие пересечения твердости должны быть выполнены в пределах $1/16$ дюйма (1.6 мм) от внутренних и внешних поверхностей, как показано на иллюстрации 1. Показания HAZ должны включать местоположения настолько близкие, насколько возможно [приблизительно 0.008 дюйма (0.2 мм)] к линии сплавления. Каждое пересечение включает десять показаний твердости для получения, в общей сложности, 20 показаний твердости для образца сварки. Твердость не должна превышать 235 HV10 для стандартных сталей и 248 HV10 для прогрессивных сталей.

7.2.6. Испытание на растяжение, поперечное сварному шву, должно быть выполнено на сварном шве термообработанной испытательной пластины с условием PWHT, требуемым в Таблице 2, и должно соответствовать параметрам окружающей температуры, определенным для основного металла в 5.5.2.

7.2.7. Все WPS/PQR должны быть одобрены покупателем до изготовления.



Ключ

A	Приблизительно 8 мил (0.2 мм)	E	Основной металл
B	0.04 дюйма — 0.12 дюйма (1 мм — 3 мм) (TYP)	F	Металл сварки
C	1/16 дюйма (1.5 мм)	G	Околошовная зона HAZ
D	0.12 дюйма — 0.24 дюйма (3 мм — 6 мм) (TYP)		

Рисунок 1. Местоположение индентации на твердость по шкале Виккерса**7.3 Предварительный Нагрев и Термообработка во Время Сварки Основного Металла****7.3.1 Предварительный нагрев**

Весь основной металл должен быть нагрет до минимум 300 °F (150 °C) для стандартных сталей и 350 °F (177 °C) для прогрессивных сталей перед и во время производства всех операций сварки, прокатки, огневой резки и поверхностной резки (кроме во время наплавления сварного шва - смотрите 7.5.4). Во время сварки температура предварительного нагрева должна поддерживаться до PWHT, ISR или DHT в соответствии с 7.3.2. Цель состоит в том, чтобы выделить путем нагрева растворенный водород, чтобы минимизировать риск гидрокрекинга, и минимизировать проблемы из-за низкой прочности после сварки. Для сварки встык и сварки оснастки настоящая температура предварительного нагрева должна поддерживаться по всей толщине пластины на расстоянии, по крайней мере, одной толщины пластины с обеих сторон сварки, но не должна распространяться больше чем на 4 дюйма (100 мм) в любом направлении от кромок, которые будут свариваться.

7.3.2 Промежуточное Снятие напряжения/Дегидрогенизационная термообработка**7.3.2.1 Общие положения**

Промежуточный сброс напряжения (ISR) требуется до охлаждения ниже температуры предварительного нагрева перед PWHT, если покупатель не одобрит использование дегидрогенизационной термообработки (DHT). ISR нельзя пропускать для крепежных сварок, таких как сварки всех патрубков для прогрессивных марок, и сварки патрубков стандартных марок с оболочкой или насадкой толщиной 8 дюймов (200 мм) и больше.

Одобрение DHT вместо ISR должно быть сделано только после тщательного рассмотрения металлургических факторов и возможных рисков. Более высокие

соответствующие уровни DHT обычно применяются для прогрессивных сталей, поскольку они могут иметь низкую прочность после сварки. Хотя DHT удаляет водород, она не достаточно восстанавливает прочность, в частности для прогрессивных материалов, которые остаются очень хрупкими во время обработки перед PWHT. Для одобрения использования DHT покупателю требуются испытательные и/или опытные данные. Стандартная информация, которая должна быть включена в запрос изготовителя, должна включать подробную информацию и данные относительно контроля водорода для заготовки и обработки сварочных расходных материалов, содержания водорода в наплавленных металлах после DHT, и неразрушающей дефектоскопии сварных швов. Покупатель может потребовать, чтобы изготовитель продемонстрировал процедуры ультразвуковой дефектоскопии высокой чувствительности, чтобы обнаружить дефекты в сварных швах после использования DHT.

Факторами, которые должны быть рассмотрены, при рассмотрении возможного использования DHT, являются степень сварного крепления; толщина сварного шва, опыт изготовителя, и марка стали. DHT обычно допускается для стандартных сталей не крепежных сварных соединений, таких как сварка оболочки и сварка оболочки и крышки.

7.3.2.2 Промежуточный Сброс Напряжения (ISR)

Выдержка для ISR в печи должна выполняться при следующих температурах металла:

— стандартные стали, минимум 1100 °F (593 °C) в течение 2 часов минимум;

— прогрессивные стали, минимум 1200 °F (650 °C) в течение 4 часов минимум, или минимум 1250 °F (680 °C) в течение 2 часов минимум.

7.3.2.3 Дегидрогенизационная Термообработка (DHT)

DHT должна выполняться при минимальной температуре металла 570 °F (300 °C) для стандартных сталей, и 660 °F (350 °C) для прогрессивных сталей, если одобрено покупателем для продолжительности, которая должна быть согласована между изготовителем и покупателем. Ни в коем случае продолжительность не должна быть меньше одного часа для стандартных сталей и четырех часов для прогрессивных сталей.

7.4 Контроль в Процессе Изготовления Сварных Швов из Основного Металла

7.4.1 Химический Состав Рабочих швов

7.4.1.1. Химический состав покрытия, полученного наплавкой с помощью дуговой сварки, представляющего каждую различную сварочную процедуру, должен быть проверен или лабораторным химическим анализом или с использованием портативного анализатора эквивалентной точности и погрешности.

7.4.1.2. Содержание хрома, молибдена, ванадия и ниобия (что является применимым) в покрытии, полученном наплавкой с помощью дуговой сварки, должно быть в пределах, определенных в ASME BPVC, Раздел II, Часть C и ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Таблица 3.2, для указанных электродов.

7.4.2. Твердость Покрытия, полученного наплавкой с помощью дуговой сварки, и Смежного Основного Металла

7.4.2.1. После заключительного PWHT (смотрите 7.6) должны быть произведены определения твердости для каждого сварного шва, работающего под давлением, используя портативный тестер твердости.

7.4.2.2. Результатом каждого испытания на твердость должно быть среднее число из трех вмятин в каждом испытательном местоположении. Испытательные местоположения должны включать наплавленный металл и основные металлы, смежные с границей проплавления с обеих сторон. Значения твердости всех трех местоположений должны регистрироваться.

7.4.2.3. Значения твердости не должны превышать:

— стандартные стали, 225 HBW (твердость по Бриннелю), или эквивалентная;

— прогрессивные стали, 235 HBW, или эквивалентная.

7.4.2.4. Испытания на твердость должны быть выполнены на каждой 10 футовой (3 м) длине сварного шва или его части. Настоящее испытание должно быть выполнено на стороне, подвергающейся воздействию технологической окружающей сред, если к ней есть доступ.

7.4.3. Испытание Сварного Шва на Удар

7.4.3.1. Пластины для заводского испытания, подвергнутые минимальной PWHT, должны соответствовать ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Параграф 3.11.8.4. Дополнительный материал пластин для заводского испытания, подвергнутый максимальной PWHT, должен также быть испытан и должен отвечать требованиям ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Параграф 3.11.8.4. Температура испытания на удар и приемочные критерии должны быть в соответствии с 5.5.3.1.

7.4.3.2. Пластины для заводского испытания, подвергнутые минимальной PWHT, должны быть испытаны на удар до и после поэтапного охлаждения в соответствии с требованиями 6.2.3, если не отклонено покупателем.

7.5. Наплавление Сварного Шва

7.5.1. Технические Требования к Материалам

Ферритовое содержание аустенитной нержавеющей стали наплавление сварного шва должно быть между 3 FN и 10 FN, как определено в соответствии с Бюллетенем WRC (Совет по исследованиям в области сварки) 342, до PWHT за исключением того, что минимальное ферритовое содержание для типа 347 должно быть 5 FN (в соответствии с API 582).

7.5.2. Испытания на отслоение

7.5.2.1. Если требуется покупателем, то метод оценки наплавления сварного шва на восприимчивость к водородному отслаиванию должен быть согласован между изготовителем и покупателем. Покупатель должен определить требования испытания и приемочные критерии. Испытательные параметры должны представлять или превышать эквивалент фактических максимальных эксплуатационных режимов (водородное парциальное давление, температура и скорости охлаждения). Условия испытаний изменяются, чтобы быть "эквивалентно" основанными на размере испытательного образца, геометрии и наводороживании, как показано в областях испытаний в 7.5.2.3.

7.5.2.2. Результаты испытаний на отслоение должны быть доступными, до изготовления, для каждой сварочной процедуры, которая будет использоваться на корпусе резервуара и патрубках. Ранее квалифицированные результаты испытаний на отслоение могут быть представлены для обзора покупателем, если являются репрезентативными для предложенных WPS и эксплуатационных режимов.

7.5.2.3. Предложенные условия испытания, представляющие или превышение эквивалент фактической максимальной операционной эксплуатации, приведены в Таблице 3. Шесть областей условий испытаний, в зависимости от толщины стенок реактора, давления и температуры определены в Таблице 4.

Таблица 3—Максимальные Эксплуатационные Условия Взаимосвязанные с Условиями Испытаний при 450°C (842°F)

Эксплуатационные условия реактора		Макс. Рабочая температура		
Толщина, мм (дюймы)	Макс. Рабочее давление, бар (фунтов на кв. дюйм)	> 450 °C (842 °F)	425 °C – 449 °C (797 °F – 840 °F)	< 425 °(797 °F)C
≥ 250 (9.84)	≥ 170 (2465)	A	B	C
	≥ 140 < 170 (≥ 2030 < 2465)	B	C	D
≥ 180 < 250 (≥ 7.09 < 9.84)	≥ 140 (2030)	B	C	D
	≥ 110 < 140 (≥ 1595 < 2030)	C	D	E
	≥ 80 < 110 (≥ 1160 < 1595)	D	E	F
	≥ 110 (1595)	C	D	E
≥ 130 < 180 (≥ 5.12 < 7.09)	≥ 80 < 110 (≥ 1160 < 1595)	D	E	F
	≥ 60 < 80 (≥ 870 < 1160)	E	F	F
	< 60 (870)	F	F	F
≥ 100 < 130 (≥ 3.94 < 5.12)	≥ 80 (1160)	D	E	F
	≥ 60 < 80 (≥ 870 < 1160)	E	F	F
	< 60 (870)	F	F	F
≥ 80 < 100 (≥ 3.15 < 3.94)	≥ 60 (870)	E	F	F
	< 60 (870)	F	F	F
< 80 (3.15)	< 60 (870)	F	F	F

Таблица 4—Интервал Условий Испытаний

Область	Условия испытания		
	Температура, °C (°F)	Давление, бар (фунтов на кв. дюйм)	Скорость охлаждения (°C/ч) (°F/ч)
A ^a	450 (842)	150 (2175)	675 (1247)
B	450 (842)	150 (2175)	150 (302)
C	450 (842)	120 (1740)	150 (302)
D	450 (842)	90 (1305)	150 (302)
E	450 (842)	70 (1015)	150 (302)

Область	Условия испытания		
	Температура, °C (°F)	Давление, бар (фунтов на кв. дюйм)	Скорость охлаждения (°C/ч) (°F/ч)
F	450 (842)	50 (725)	150 (302)
^a Для Области А следующие эквивалентные испытательные условия могут использоваться в качестве альтернативных: — температура, 842 °F (450 °C); — давление, 175 бар (2538 фунтов на кв. дюйм); — скорость охлаждения, 302 °F/ч (150 °C/ч).			

7.5.2.4. Для реакторов 2 ¹/₄Cr-1Mo, где эксплуатационные режимы попадают в области D, E и F, риск отслоения очень низкий и покупатель может определять, необходимо ли испытание. Модифицированные ванадием марки намного меньше подвержены отслоению в любой области [1, 2]. Покупатель может рассмотреть и оценить существующие результаты испытаний изготовителя на отслоение, при сходных условиях, на приемлемость.

7.5.2.5. Испытательный образец должен соответствовать стандартам ASTM G146, а результаты приемочных испытаний для таких условий испытания должны находиться в их Области А.

7.5.3. Квалификация Процедуры Наплавления Сварного Шва

7.5.3.1. Отобранный процесс наплавления сварного шва и количество слоев должны квалифицироваться в соответствии с ASME BPVC, Раздел IX.

7.5.3.2. Квалификационные испытания процедуры должны быть сделаны на основном металле той же спецификации ASME (то же Р-число и Число группы) и подобного химического состава, как определено для резервуара, и могут использоваться или пластина или штампованная деталь. Толщина испытательного образца не должна быть меньше половины толщины основного металла резервуара или 2 дюймов (50 мм), что бы ни оказалось меньше. Сварочный электрод, проволока и флюс, используемые для квалификации процедуры наплавления сварного шва, должны быть того же типа и марки, которые будет использоваться в производстве.

7.5.3.3. Пластины квалификационных испытаний должны быть подвергнуты максимальным условиям РWHT.

7.5.3.4. Химический состав наплавление сварного шва должен быть проверен химическим анализом образцов, взятых в минимальной указанной толщине со стороны процесса. Он должен соответствовать указанному составу наплавления

сварного шва (заключительный слой при нескольких слоях). Химический состав, определенный настоящими образцами, должен использоваться для вычисления ферритового содержания в соответствии с 7.5.1.

7.5.4. Предварительный Нагрев и Термообработки во время Наплавления Сварного Шва

Основной металл должен быть предварительно подогрет до 200 °F (94 °C) для первого слоя наплавления сварного шва. Максимальная температура между проходами должна быть 350 °F (175 °C). При условии, что применяется последующее воздушное охлаждение без обдува, промежуточный сброс напряжения (ISR) может быть пропущен после наплавки. Предварительный нагрев не требуется для второго и последующих слоев наплавления сварного шва.

7.5.5. Испытание Производства Наплавления Сварного Шва

7.5.5.1. Химический Состав Наплавления Сварного Шва

Химический состав Наплавления Сварного Шва должен быть проверен лабораторным химическим анализом образца, взятого в минимальной указанной толщине. Настоящий состав должен соответствовать требующемуся химическому составу указанного наплавляемого материала (C, Cr, Ni, Nb, Mo и V, если применимо). Должен требоваться, по крайней мере, один анализ для каждого корпуса и днища, и один для каждого ручного сварочного процесса для патрубков.

7.5.5.2. Ферритовое Содержание Наплавления Сварного Шва

7.5.5.2.1. Магнитный инструмент, калиброванный по AWS A4.2, должен использоваться для проверки ферритового содержания произведенного наплавления сварного шва до PWHT.

7.5.5.2.2. Может использоваться калибровка для материала для дегазации стали в соответствии с AWS A4.2, Приложение A7, Параграф A7.1.

7.5.5.2.3. Минимум шесть ферритовых показаний должно быть взято на поверхности в каждом из следующих местоположений:

- a) по крайней мере десять местоположений, отобранных в случайном порядке, должны быть проверены для каждого корпуса и днища;
- b) два местоположения для каждого оверлея патрубка (одно с каждого конца);
- c) одно местоположение на оболочке или восстановлении слоя каждого сварного шва Категории A, B и D, если применимо.

7.5.5.2.4. Значение всех ферритовых показаний в каждом местоположении должно соответствовать требованиям 7.5.1.

7.6. Окончательная Послесварочная Термообработка (PWHT)

7.6.1. Изготовленный резервуар должен быть термообработан после сварки целиком в печи, если возможно. Если размер резервуара не позволяет выполнить PWHT целиком в печи, то PWHT может быть выполнена посекционно согласно ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Параграф 6.4.3.3.

Заключительная температура PWHT и время выдержки должны быть такими, как указано в Таблице 5.

Таблица 5 - Температура и Время Выдержки PWHT

Материал	Температура PWHT	Время выдержки
Стандартные стали	1275 °F ± 25 °F (690 °C ± 14 °C)	Смотрите сноску а.
Прогрессивные стали	1300 °F ± 25 °F (705 °C ± 14 °C)	8 часов, минимум ^b

^a В соответствии с ASME BPVC, Таблица 6.11.

^b Изготовители электродов разрабатывали их материалы для более толстых сварных швов, но даже при более тонких сварных швах необходима более длительная термообработка для достижения соответствующих параметров прочности и растяжения. Требования ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2 (смотрите Таблицу 6.11) также должны выполняться, если они более строгие.

7.6.2. Температура PWHT должна строго контролироваться, измеряя и покрытия резервуара и температуру печи, используя термопары, включая часть резервуара за пределами печи. Каждая секция резервуара вне печи должна быть изолирована таким образом, чтобы температурный градиент приводил к повреждению. Расположение термопар должно быть установлено для каждой термообработки. Температура покрытия должна измеряться и контролироваться на внутренней и внешней части резервуара.

7.6.3. Непрерывные показания времени-температуры всех операций PWHT должны регистрироваться в соответствии с ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Параграф 6.4.4.

8. Неразрушающий Контроль (NDE)

8.1. Общие положения

Весь персонал, выполняющий NDE, должен быть квалифицирован в соответствии с ASNT SNT-TC-1A. Результаты по интерпретации и отчету персонала должны также квалифицироваться в том же установленном порядке.

8.2. NDE Перед Изготовлением

8.2.1. Ультразвуковая дефектоскопия (UT)

8.2.1.1. Как требуется в ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Параграф 3.3.3, все пластины основного металла должны быть подвергнуты ультразвуковому исследованию со 100 % сканированием в соответствии с ASME SA-435 и ASME SA-578, Уровень C, Дополнительное Требование S1, перед формированием.

8.2.1.2. Все штампованные детали для корпуса, патрубков и люков должны быть подвергнуты ультразвуковому исследованию со 100 % сканированием в соответствии с ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Параграф 3.3.4.

8.2.2. Магнитно-порошковая дефектоскопия (MT) или Цветная дефектоскопия (PT)

8.2.2.1. Все поверхности всех штампованных деталей, включая сварочные края, должны быть исследованы при помощи MT в соответствии с ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Параграф 7.5.6, или PT в соответствии с ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Параграф 7.5.7. Исследование должно выполняться после завершения механической обработки, но перед сваркой.

8.2.2.2. Все поверхности всех сформированных пластин, которые будут сварены для обечаек корпуса и днища, включая те для наплавления сварного шва, должны быть исследованы при помощи или MT или PT, как указано в 8.2.2.1. Для сформированных пластин, которые будут сварены для обечаек корпуса и днища, сварочные края должны быть исследованы при помощи MT или PT после формирования.

8.3. NDE в Процессе Изготовления

8.3.1. MT должна выполняться после завершения всех сварочных работ, исключая наплавление сварного шва из нержавеющей стали. Она включает сварные швы основного металла, работающие под давлением, наплавленные с помощью дуговой сварки покрытия, проход при заварке корня шва и соединительные сварные швы. MT должно также выполняться после операции поверхностной резки или шлифования, включая обратную поверхностную резку проходов при заварке корня шва. MT должна выполняться в соответствии с ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Параграф 7.5.6.

8.3.2. Должны быть минимизированы временные дополнительные приспособления. Все области, откуда временные дополнительные приспособления были удалены, должны быть исследованы МТ или РТ в соответствии с ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Параграф 7.5.6 или Параграф 7.5.7, как применимо.

8.4. NDE после Изготовления и до Окончательной PWHT

8.4.1. Сварные швы Основного металла

8.4.1.1. Все сварные швы, работающие под давлением и сварные швы юбки резервуара должны быть полностью исследованы при помощи РТ в соответствии с ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Параграф 7.5.3 перед заключительной PWHT.

8.4.1.2. Если РТ не применима для сварных швов патрубков и приспособлений юбки, то может быть применена УТ вместо РТ.

8.4.1.3. УТ может применяться вместо РТ, если процедура УТ выполняет требования ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Параграф 7.5.5.

8.4.2. Наплавление Сварного Шва

Выборочная УТ, четыре полосы, равномерно распределенные, приблизительно в 3.2 дюйма (80 мм) шириной вдоль всей длины корпуса резервуара и одной (1) полосы шириной приблизительно 3.2 дюйма (80 мм) через каждую головку, должна быть выполнена на наплавлении сварного шва. УТ должна быть в соответствии с ASME SA-578, Уровень С.

8.5. NDE после Окончательной PWHT

8.5.1. Сварные швы Основного металла

8.5.1.1. Все сварные швы основного металла, работающие под давлением, включая патрубки, должны быть полностью исследованы при помощи УТ в соответствии с ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Параграф 7.5.4.

8.5.1.2. Все доступные сварные швы должны быть исследованы при помощи МТ. Метод магнитных клещей переменного тока должен использоваться для предотвращения прожога электродом. МТ всегда может быть заменена РТ, если выполнение МТ невозможно.

8.5.2. Наплавление Сварного Шва

8.5.2.1. Все наплавления сварного шва из аустенитной нержавеющей стали, и приспособлений к наружному слою, должны быть исследованы при помощи РТ в соответствии с ASME BPVC, Раздел VIII, Часть 2, Параграф 7.5.7.

8.5.2.2. Выборочная UT должна выполняться, как описано в 8.4.2.

8.6. Контроль Химического Составы Материала Сплавов

Контроль Химического Составы Материала Сплавов (PMI) должен выполняться в соответствии со спецификацией покупателя PMI.

9. Гидравлическая Опрессовка

9.1. Все сварные соединения, работающие под давлением, должны быть свободными от окалина и другого постороннего материала перед исследованием. Вся грязь, окалина, песок и другие посторонние материалы должны быть удалены из резервуара.

9.2. Испытательная вода не должна содержать хлоридов больше чем 50 частей на миллион.

9.3. Во время гидравлической опрессовки, температура металла резервуара должна быть, по крайней мере, на 30 °F (17 °C) выше MDMT, или быть 60 °F (15 °C), в зависимости от того какая температура выше.

9.4. Резервуар должен быть осушен и полностью высушен немедленно после испытания.

10. Подготовка к Транспортировке

10.1. Немедленно после завершения заключительного исследования резервуара, внутренняя часть резервуара должна быть очищена и высушена. Сушка нагревом и/или другими средствами испарения не должны использоваться из-за возможного загрязнения хлоридами.

10.2. Все отверстия должны быть герметизированы стальными крышками и прокладками, а резервуар должен быть заполнен сухим азотом под минимальным давлением 5 индикаторных фунтов на кв. дюйм (34.5 КПа). Давление азота должно поддерживаться во время транспортировки, монтажа и пусконаладочных работ. Резервуар должен быть маркирован, а заметный предупредительный знак, с информацией о том, что "Резервуар заполнен азотом, не входить", должен быть прикреплен у каждого люка.

10.3. Для сохранения во время транспортировки, все открытые обработанные поверхности, такие как поверхности фланцев, болтовые соединения и поверхности из нержавеющей стали, должны быть защищены, применением соответствующих смазок, антикоррозионного масла или покрытия.

11. Документация

Следующая документация для всех частей, работающих под давлением, включая сварочные расходные материалы, должна быть закончена до начала изготовления и должна быть доступной для экспертизы покупателем во время осмотра. Настоящая документация должна быть представлена покупателю при завершении проекта:

- a) CMTR, показывающие весь химический состав и результаты проверки механических свойств;
- b) все данные термообработки, показывающие время выдержки и температуру для PWHT, ISR и DHT;
- c) J-факторы;
- d) Контрольные карты для средних значений ($\bar{X}$);
- e) Результаты всех испытаний на удар до и после поэтапного охлаждения;
- f) Результаты всех испытаний на растяжение нагретого образца;
- g) Технические требования к сварочным процедурам с применимыми отчетами о квалификации процедуры;
- h) Отчет PMI.

Приложение А **(информативное)**

Руководство по Проверке на Поперечное Растрескивание при Перегреве

A1. Предисловие

Настоящее Приложение было издано в ответ на широко распространенные проблемы изготовления реакторов из 2 1/4Cr-1Mo-V, которые возникли с января 2008 г. до, по крайней мере, августа 2008 г.. Обнаруженные проблемы были проблемами растрескивания при перегреве вновь изготовленных швов, полученных при дуговой сварке под флюсом (SAW). Если настоящий тип растрескивания будет повторно происходить во время будущего нового изготовления, то одной из проблем является то, что он не будет идентифицироваться для оценки или отклонения в соответствии с требующимися в настоящее время программами проверок ASME, использующими ультразвуковую (UT) или рентгеновскую (RT) дефектоскопию (то есть, Дополнение к Норме ASME 2235-9 и Разделу VIII, Часть 2). Цель настоящего Приложения состоит в том, чтобы обеспечить средства для обнаружения такого растрескивания и предложить соответствующие критерии оценки/отклонения. Так как в некоторых сварных швах может быть трудно обнаружить все трещины, осторожные решения по удалению и ремонту сварного шва должны приниматься, если трещины были обнаружены.

Исследование относительно первопричины растрескивания и шагов, предпринимаемых для его предотвращения, выполняется в настоящее время, а результаты будут включены в будущие издания настоящего документа. Однако, инспекционные руководства настоящего документа помогут тем временем в промышленности, путем обнаружения сварных швов с растрескиванием вследствие перегрева. После настоящего все сварные швы, сделанные с той же наплавкой сварочных расходных материалов, могут быть полностью оценены.

A2. Термины и Определения

В целях настоящего Приложения следующие термины и определения будут использоваться и должны быть определены покупателем.

2.1.

сварные швы повышенного риска

Покрытия, полученные наплавкой с помощью дуговой сварки под флюсом (SAW) с плавкой флюса/проволоки, которые ранее имели случаи растрескивания при

перегреве, или имеют неизвестные характеристики подверженности растрескиванию при перегреве, если результаты испытаний (например, результаты испытаний на установке Gleeble) не показывают приемлемую стойкость к растрескиванию при перегреве.

2.2.

сварные швы пониженного риска

Покрытия, полученные наплавкой с помощью дуговой сварки под флюсом (SAW) с плавкой флюса/проволоки, которые ранее не имели случаев растрескивания при перегреве, и с результатами испытаний, которые показывают незначительную склонность к растрескиванию при перегреве.

Отбраковочные испытания флюса/проволоки и рекомендуемые критерии разрабатываются в настоящее время, как часть упомянутого выше исследования. Пока настоящие результаты не станут доступными, приемлемые испытательные методы и критерии должны определяться покупателем. Определение того, является ли сварной шов пониженного или повышенного риска, будет результатом объединенных усилий производителей и покупателей, с окончательным одобрением покупателя.

A3. Краткое Описание Условий и Морфологии Растрескивания

“Растрескивание при перегреве”, которое недавно послужило причиной серьезных проблем во многих (но не во всех) реакторных сварочных цехах, может быть описано как растрескивание:

- подслоя покрытия, полученного наплавкой с помощью дуговой сварки под флюсом (SAW);
- поперечное и перпендикулярное, или под небольшим углом к поверхности;
- которое может иметь небольшое ветвление;
- появляющееся в круговых, продольных, главных меридиональных сварных швах и сварных швах патрубков;
- типично очень маленький размер трещин [большинство составляет от 4 мм до 10 мм (от 0.16 дюйма до 0.39 дюйма) в длину и от 2 мм до 5 мм (от 0.08 дюйма до 0.20 дюйма) в высоту];
- типично много трещин присутствует в зоне измененной структуры (могут быть сотни трещин);

- появление на различных глубинах и в различных местоположениях по ширине сварного шва;
- часто возникающие как "кусты" со многими параллельными трещинами, расположенными в одной плоскости (Рисунок 1);
- развитие только после первого этапа термообработки при $> 620\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($1150\text{ }^{\circ}\text{F}$), такого как промежуточный сброс напряжения (ISR), повторный нагрев для вторичной прокатки, или послесварочная термообработка (PWHT);
- не образуются после сварки или дегидрогенизационной термообработки (DHT); и
- исторически не образовывались при менее строгих квалификационных испытаниях процедуры сварки или заводских испытаниях пластин (даже с некоторыми попытками ужесточения настоящих испытаний).

В прошлом, самая общая форма растрескивания при перегреве сварных Cr-Mo швов, привела к продольному растрескиванию в крупнозернистой области в зоне термического влияния сварного шва (HAZ), но были также сообщения о поперечном или продольном растрескивании в покрытиях, полученных наплавкой с помощью дуговой сварки. Настоящее инспекционное руководство фокусируется на обнаружении, только поперечных трещин, появляющихся при перегреве в покрытиях, полученных наплавкой с помощью дуговой сварки SAW, и должны производиться в дополнение к требующейся Нормами ASME RT и UT дефектоскопии. Требуемые нормами исследования используются для обнаружения других форм продольных или поперечных дефектов сварного шва.

Тот факт, что растрескивание происходит только после цикла термообработки, дал растрескиванию его название, а также альтернативные ярлыки для растрескивания "сброса напряжений" или "снятия напряжений". Присутствие растрескивания было подтверждено металлографическим исследованием и проверкой герметичности проникающим красителем (PT) после шлифования.

Растрескиванию подвержены покрытия, полученные наплавкой с помощью дуговой сварки SAW и с одинарной и с двойной проволокой. Растрескивания не наблюдалось в других сварочных процессах, использующих содержащие флюс сварочные расходные материалы, такие как SMAW или FCAW.

A.4. Рекомендуемая Инспекционная Стратегия и Расчет времени

A.4.1. Общая Стратегия

Методы, описанные в настоящем приложении, фокусируются на обнаружении поперечных трещин вследствие перегрева, возникающих в покрытиях, полученных наплавкой с помощью дуговой сварки SAW. Режим проверки по умолчанию будет от наружного диаметра (OD), но если сварка не была перекрыта нержавеющей сталью, то метод является одинаково действительным, если применяется от внутреннего диаметра (ID).

Настоящая процедура использует ультразвуковую времяпролётную дифракцию (TOFD) для начального обнаружения. Растрескивание при перегреве было охарактеризовано при В-сканировании TOFD (Рисунок 2), как перемежающиеся компланарные (в направлении через стенку) отражатели, обычно появляющиеся в групповых конфигурациях. Для показаний, которые не отклонены TOFD, и нуждаются в дальнейшем разъяснении, может использоваться эхоимпульсное поперечно волновое углового пучка UT исследование, чтобы характеризовать дефекты и определить их первичную ориентацию. Дефекты, обнаруженные в одной плоскости и являющиеся поперечными в своей первичной ориентации, должны считаться трещинами перегрева.

Если в сварном шве обнаруживается растрескивание на какой-либо глубине, а исследование окончательно и надежно не показало, что на других глубинах растрескивание отсутствует, то вся сварной шов должен быть заменен на всю глубину.

4.2. Специальный Инспекционный Расчет Времени/Частоты

- a) UT исследование (см. A.5) должно быть выполнено для 100 % сварных швов SAW "повышенного риска", перед PWHT, но после ISR или завершения других этапов перегрева > 620 °C (1150 °F).
- b) Для сварных швов "повышенного риска", ISR предлагается даже если шов был первоначально подвергнут только DHT, и ISR не потребовался бы перед PWHT.
- c) После PWHT сварных швов, которые были исходно "повышенного риска", повторное исследование с использованием таких специальных процедур TOFD, должно быть выполнено для следующего:
 - 100 % сварных швов SAW, которые ремонтировались вследствие растрескивания при перегреве; и

- минимум 10% сварных швов SAW, которые не показали растрескивания при перегреве; если растрескивание было обнаружено, то исследование должно быть расширено до 100 % настоящей плавки флюса.
- d) TOFD согласно А 5.1 должна быть выполнена на круговых и продольных швах, а эхоимпульсная UT, в соответствии с процедурами в А 5.3, должна быть выполнена на сварных швах патрубков. Эхоимпульсная UT согласно А 5.2 должна также использоваться, чтобы охарактеризовать показания, обнаруженные TOFD.
- e) Для сварных швов “пониженного риска”, 100 % сварных швов SAW должны быть сканированы, используя, по крайней мере, одну установку исследования из вариантов TOFD или эхоимпульсной UT, перечисленных в А 5.1 или А 5.2. Настоящее сканирование должно быть выполнено после цикла термообработки > 620°C (1150 °F), но может быть выполнено в любой точке после этой или последующей термообработок, которая является оптимальной для производственного цикла. Настоящая проверка может предусматривать или не предусматривать сканирование полной толщины и/или ширины сварного шва, но сканирование, по крайней мере, части толщины рассматривается в качестве приемлемого для настоящего случая.

Необходимо понимать, что настоящая проверка может нарушить прошлый обычный производственный процесс производителя, однако рекомендуется, чтобы выбор времени и частоты настоящей проверки был по умолчанию, если иначе не одобрено покупателем. До начала исследования производитель должен разработать всесторонние процедуры и продемонстрировать способности процедуры и компетентность персонала в соответствии с ASME, Раздел V, Статья 4; дополнением к нормам ASME 2235-9; и настоящим Приложением.

4.3. Отчетность и Документация

О результатах настоящей проверки нужно быстро сообщить покупателю, а заключительные отчеты (с резюме процедуры) должны быть включены в пакет проверок резервуара.

5. Методы и Руководящие Принципами Проверок

1.1. TOFD UT

TOFD для обнаружения поперечного растрескивания при перегреве должна быть выполнена для датчиков, располагающихся по оси сварного шва, чтобы предоставить проекцию В-сканирования с направлением движения сканирования вдоль сварного шва (Рисунок 2). D-сканирования, с датчиками, располагающимися поперек сварного шва и направлением сканирования, параллельным сварному шву, являются бесполезными для обнаружения таких поперечных трещин. Для сварных швов "пониженного риска" минимальное компенсирующее выравнивание между датчиками (например, от $<10^\circ$ до 20°) может использоваться (Рисунок 3), если адекватные характеристики продемонстрированы в блоке демонстрации чувствительности, описанном в Таблице 1. Если они продемонстрированы должным образом, то компенсационная установка датчика позволяет исключить требование шлифовки сварного шва заподлицо.

Настоящие трещины, возникающие при перегреве, являются очень маленькими в большинстве случаев и могут быть трудными для обнаружения, особенно, когда расположены на глубинах вблизи пределов диапазона установок TOFD. Поэтому, адекватное число установок TOFD должно использоваться, чтобы позволить охват полной толщины и ширины сварного шва, как показано демонстрацией характеристик, требуемых в Таблице 1 в блоке демонстрации чувствительности с адекватным числом дефектов. Размеры дефектов, которые можно найти в ASME, Раздел V, Статья 4, Приложение III, дифрагировали слишком много звуковой энергии по сравнению с трещинами, возникающими при перегреве, чтобы быть полезными индикаторами адекватной чувствительности. Испытания показали, что даже 3 мм (0,12 дюйма) отверстия, просверленные по бокам (SDH) 250 мм (9,8 дюйма) блока, производят сигнал на максимальных глубинах, что в дальнейшем превышает отклик от глубоких трещин, возникающих вследствие перегрева. Следовательно, рекомендуемый блок демонстрации/калибровки чувствительности описан в Таблица 1. Блок должен быть сделан из основного металла с такой же термообработкой, что и для сварных швов. TOFD также испытывает затруднения обнаружения околоповерхностных дефектов, и установка скользящей волны может быть необходима, чтобы покрыть настоящую область.

Процедура и калибровка из Раздела V, Статьи 4, Приложения III должны выполняться наряду с требованиями Таблицы 1. Настоящий метод может использоваться для круговых и продольных швов корпусов и насадок, но он не практичен для большинства сварных швов патрубков. Персонал, выполняющий и оценивающий UT исследования, должен быть квалифицирован и аттестован в соответствии с письменной практикой их работодателя. Только персонал ASNT

SNT-TC-1A, Уровень II или Уровень III должен анализировать данные и интерпретировать результаты, а до анализа изготовленных швов, он должен выполнить демонстрацию процедуры на блоке, описанную в Таблице 1.

Типичная установка датчика для стенки толщиной 250 мм должна быть следующей:

Угол датчика	Диаметр датчика	Частота датчика	Расположение датчиков по центру с интервалами (PCS)
60 градусов	6 мм	5 МГц	87 мм
45 градусов	12.5 мм	2 МГц	200 мм
25 градусов	12.5 мм	2 МГц	300 мм

Ремонтные сварные швы могут стать более широкими, чем исходные сварные швы (особенно узкие прерывистые сварные), а в некоторых случаях, сканирования TOFD вдоль средней линии сварного шва, возможно, не будут охватывать всю ширину сварного шва. Например, сварные швы > 50 мм шириной, возможно, потребуют многократного сканирования с той же установкой датчика (по бокам средней линии сварного шва), для достижения полного охвата. Необходимость многократных сканирований определена демонстрационным испытанием на блоке калибровки, как описано в Таблице 1.

5.2 Ручная Эхоимпульсная Ультразвуковая Дефектоскопия (UT) Волной Сдвига

В Таблице A.2 перечислены рекомендуемые шаги и критерии Эхоимпульсной Волны Сдвига UT. Ручная Эхоимпульсная Волны Сдвига UT выполняется вдоль сварных швов заподлицо в продольном направлении. Сканирование в обоих направлениях вдоль сварного шва (например, по часовой стрелке и против часовой стрелки для кругового шва) рекомендуется, однако трещины перегрева металла сварного шва часто обнаруживаются только в одном направлении. Особое внимание должно быть обращено на зоны вблизи поверхности, которые находятся в пределах мертвых зон TOFD.

Одна из первичных областей, где инструкции Таблицы 2 превышают требования ASME, Раздел Нормативов V, Статья 4 находятся в стандарте калибровки. Принимая во внимание, что Нормативы требуют калибровку по SDH с диаметром, который является функцией толщины стенки, и колеблется от 6 мм до 10 мм для обычных толщин стенок реакторов, настоящая инструкция требует

трехмиллиметровых SDH. Настоящее приводит к обнаружению намного меньших показаний.

Неудобствами настоящего метода является высокая зависимость от оператора, и, что нет постоянной регистрации.

Эхоимпульсная UT имеет тенденцию к уменьшению вероятности обнаружения (POD) в результате усталости оператора. Однако, эхоимпульсная UT используется, чтобы характеризовать отражатели (поскольку часто существуют некоторые дефекты иных неопасных типов) и для сканирования мертвой зоны TOFD. Для сварных швов патрубков, где TOFD часто не может быть произведена, необходимо 100% , чтобы проверить растрескивание металла сварного шва при перегреве. Не существует зарегистрированного опыта использования фазовой дифракционной решетки для обнаружения растрескивания при перегреве, однако она может использоваться с одобрения покупателя и после разработки и демонстрации надлежащей процедуры, которая характеристика и ориентация дефекта может быть выполнена так же последовательно и эффективно, как и при использовании отдельного элемента. Дополнительное исследование может потребоваться для полного включения ее в настоящую инструкцию.

Персонал выполняющий и оценивающий эхоимпульсные UT исследования должен обладать квалификацией Сдвига Волны UT от API (например, API QUTE) или эквивалентную квалификацию, одобренную покупателем. Только персонал ASNT SNT-TC-1A, Уровень II или III должен анализировать данные и интерпретировать результаты, и до анализа изготовленных швов, он должен выполнить процедуру демонстрации на блоке, описанную в Таблице 2.

Таблица A.1. Рекомендации по TOFD для Идентификации Поперечных Трещин после Перегрева

	Рекомендации	Комментарии
Состояние поверхности сварного соединения	Заподлицо и по ID и по OD	Для сварных швов "повышенного риска" шлифование должно быть хорошего качества и достаточно гладким, чтобы достигнуть хорошего контакта датчика. Для сварных швов "пониженного риска" можно избежать шлифования, если TOFD со смещенными датчиками должным образом квалифицирована в Разделе 5.1.
Блок демонстрации чувствительности	Ряд 4 мм x 4 мм x 0.4 мм вертикальных, поперечно ориентированных встроенных электроэрозионных (EDM) пазов на глубинах согласно Иллюстрации 4.	Пазы размещаются в каждых 10 % (0.1T) толщины образца и смещением на 10 % толщины образца. Дополнительный паз должен быть размещен в пределах 6 мм (0.24 дюйма) от ближайших поверхностей.
Местоположение выравнивания / сканирования датчика	В-сканирование (Рисунок 2) от OD. Датчики, установленные на сварном шве, выровненные по его длине	Если сварной шов широкий, то датчики, возможно, должны быть размещены с одной стороны, а затем с другой.

	Рекомендации	Комментарии
Зона захвата луча по толщине и ширине сварного шва	Отрегулируйте частоты, углы, PCS датчика и диаметр датчика, чтобы гарантировать полный охват по толщине; часто требует многократных установок датчика (как показано в Иллюстрации 3).	Установки TOFD должны быть оценены, используя блок демонстрации чувствительности, описанный выше. Сканирование сначала должно производиться в направлении последовательных пазов на блоке с центрированными дефектами, а затем последовательными выполнениями (сколько будет необходимо, чтобы соответствовать ширине исследуемого сварного шва и HAZ) смещений на один шаг, равный диаметру датчика, пока амплитуда ответа А-сканирования не будет меньше 20 % центрированного прохода. Зоны охвата демонстрируются способностью получить ответы из последовательных пазов, которые, по крайней мере, равны 20 % самой большой амплитуды, полученной из пазов при установке. Собранная информация должна использоваться для настройки установки и положения сканирования датчика на сварных швах по мере необходимости. Возможно, что потребуются более одного сканирования, чтобы гарантировать охват всей ширины сварного шва и HAZ. Настройка скользящей волны может потребоваться, чтобы обнаружить близкие к поверхности дефекты.
Направление сканирования	Одно направление; вдоль сварного шва	
Критерии отбраковки	i. Одноточечные Отражатели Одноточечные Отражатели должны быть оценены ручным угловым эхоимпульсным лучом волны сдвига согласно A.5.2. ii. Группы Если три показания (точечные отражатели) наблюдаются в той же плоскости толщины (± 2.5 мм) и отделены на 50 мм или меньше, то они должны считаться трещинами перегрева, если эхоимпульсное ультразвуковое исследование может продемонстрировать, что они не являются планарными и поперечными. iii. Показания Прямой Линии Фазовые обратные показания целостности на 50 мм или больше, отмеченные вблизи и выше обратного сигнала стенки могут быть вызваны маленькими группами трещин перегрева вблизи ID, и должны быть исследованы от ближней стороны или другими методами UT.	Если группы исследуются ручной эхоимпульсной UT на глубинах, где первичный угол обнаружения 70° неспособен достигнуть дефектов вследствие кривизны резервуара, то минимальный DAC не должен учитываться. Под более низкими углами сигнал отражается неадекватно. Если только для группы определено не показано, что она не является растрескиванием вследствие перегрева, то она должна быть забракована.

Таблица А.2—Справочник Нормативов Эхо-импульсной Волны Сдвига для Идентификации Поперечных Трещин после Перегрева

	Рекомендации	Комментарии
Состояние Поверхности Сварного Соединения Частота Датчиков	Заподлицо От 2 до 4 МГц (фокусируется, в случае необходимости, чтобы достигнуть адекватного разрешения на максимальных глубинах)	Частота преобразователя должна составлять 4 МГц для исследования вблизи стороны и 2 МГц для глубин больше 100 мм.
Углы Датчиков	70 (исходный угол обнаружения), 60 и возможно 45 градусов	Несколько датчиков используются, чтобы "покрыть" близкие и далекие зоны: - 70 градусов покрывают приблизительно 10-100 мм, - 60 градусов покрывают приблизительно 50-150, и - 45 градусов покрывают более глубокие области.
Опорная Точка при Калибровке	Трехмиллиметровые отверстия, просверленные сбоку (установка DAC); или блок калибровки, показанный на Иллюстрации А. 4	Отверстия на разных глубинах (согласно ASME, Раздел V, Статья 4, как минимум) и EDM пазы обычно включены
Чувствительность Сканирования Чувствительность Оценки	+ 14 децибел выше исходного уровня + 14 децибелов выше исходного уровня	
Расположение Датчиков / Местоположение Сканирования	Вдоль сварного шва заподлицо; Датчики располагаются параллельно сварному шву	Сканирование поперечных дефектов или "А-сканирование", однако настоящая терминология не является повсеместно принятой.
Направление Сканирования	В обоих направлениях вдоль сварного шва	Вперед и назад от направления сварного шва
Характеристика Дефекта	На основании EN1713 (кроме отсутствия минимальной амплитуды и эходинамической оценки)	Главной целью является определить, является ли показание планарным и поперечным. Ищите различие > 9 децибелов между 70° и 60° сканированиями (45 и 60 градусов для глубин больше 120 мм). Если > 9 децибел (Hdmax-Hdmin), тогда классифицируется как планарное. Сравните максимальный сигнал, полученный из поперечных и параллельных направлений тем же датчиком, который произвел максимальный сигнал (Рисунок А. 5), если различие > 9 децибел, то дефект можно считаться поперечным.
Критерии Отбраковки	1) Больше 20% DAC - регистрация 2) От 10 % до 20% DAC - исследование и характеристика	Отбраковывается, кроме тех случаев, когда классифицируется, как другой тип дефекта и соответствует требованиям Норм ASME.

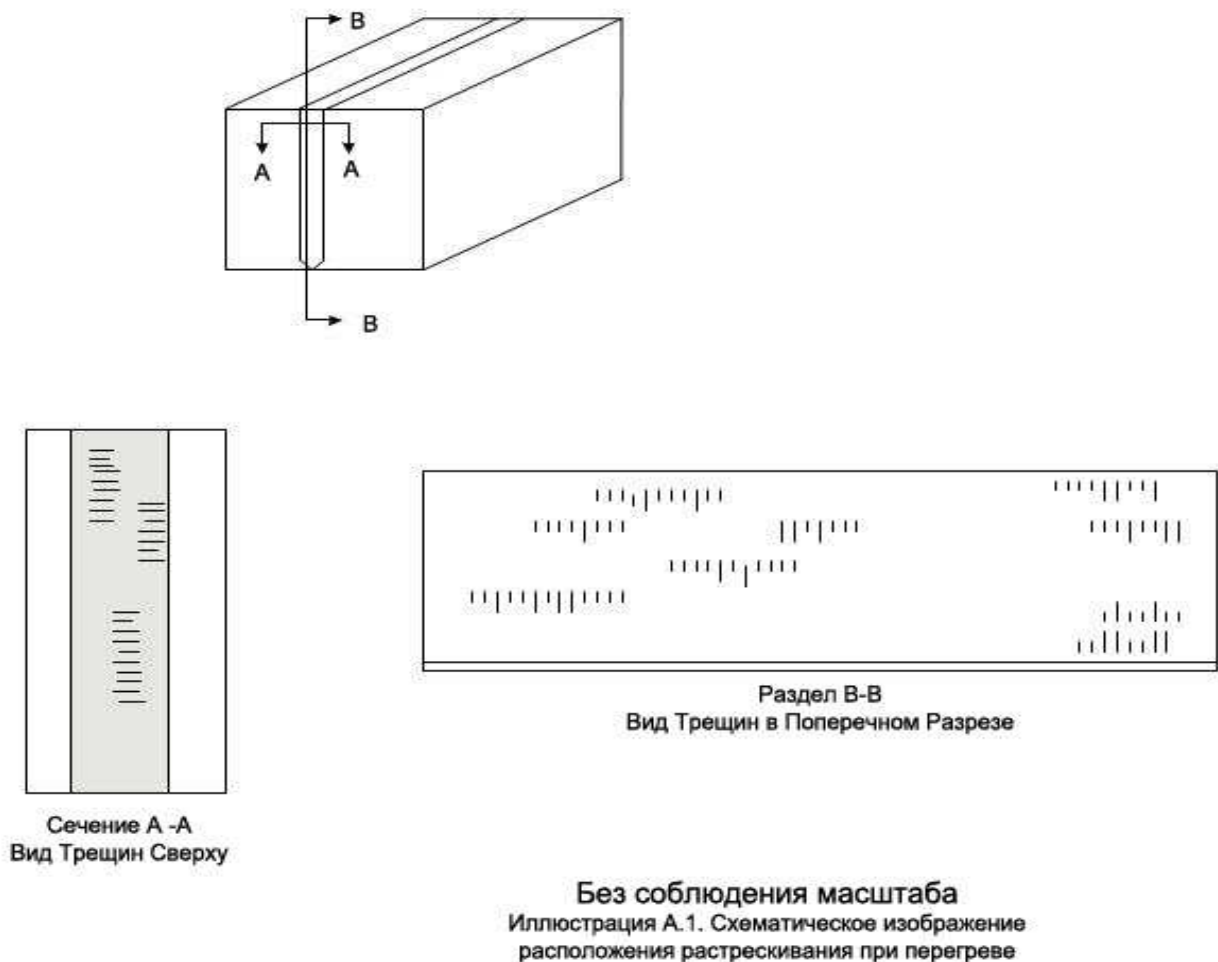
А.5.3 УТ сварных швов патрубков

В большинстве сварочных швов патрубков, которые показали растрескивание вследствие перегрева, магнитура растрескивания, обнаруженного после частичной проверки, была достаточно распространенной, чтобы обосновать полный ремонт. Сварные швы патрубков (которые требуют проверки на растрескивание вследствие перегрева) должны быть проверены на 100 %, используя эхоимпульсную УТ. Как минимум, сканирование должно быть произведено при двух углах луча, включая 70° в качестве исходного угла обнаружения (от 2 до 4 МГц, калиброванные для 3 мм SDH). Для продолжения может рассматриваться

ультразвуковое (UT) S-сканирование фазовой дифракционной решётки, однако ультразвуковое исследование фазовой дифракционной решётки требует разработки и калибровки процедуры до использования. Предложенные процедуры и калибровки должны быть представлены для одобрения покупателю. Если сварные швы патрубка показывают растрескивание на какой-нибудь глубине, а проверка окончательно и надёжно не показала, что другие зоны чистые, то весь сварной шов должен быть заменен

A.5.4 Другие Методы Проверки

При помощи рентгенографии (RT) невозможно обнаружить такие трещины (как ожидается)



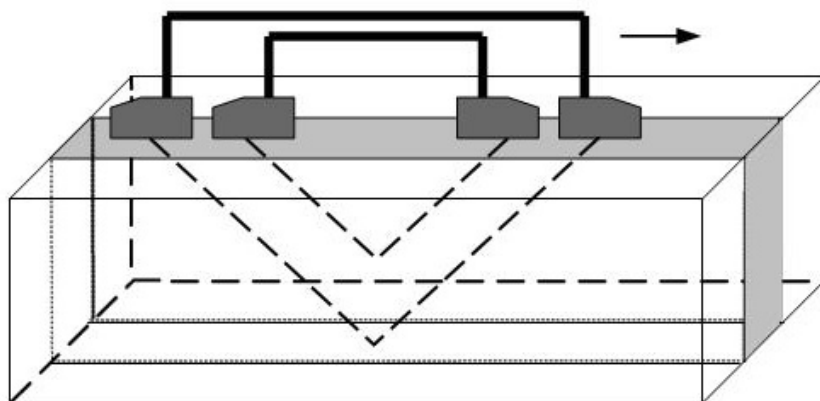
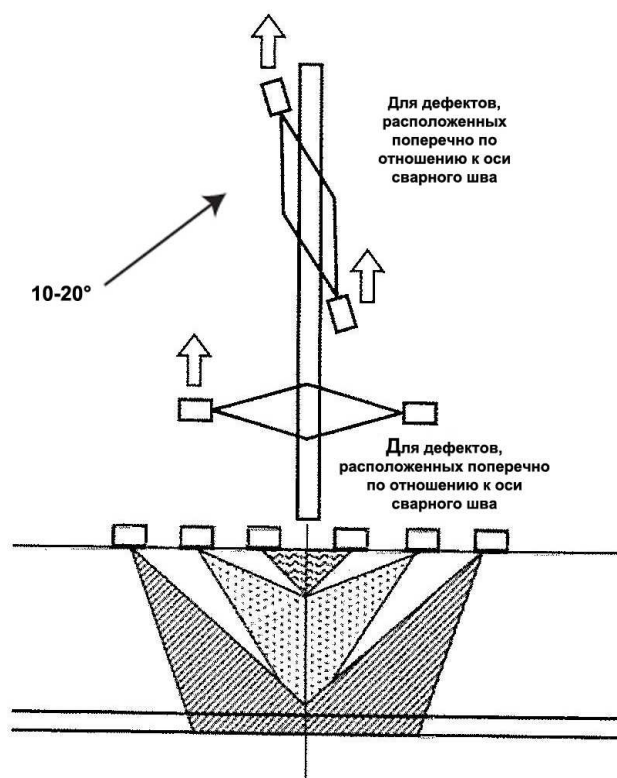
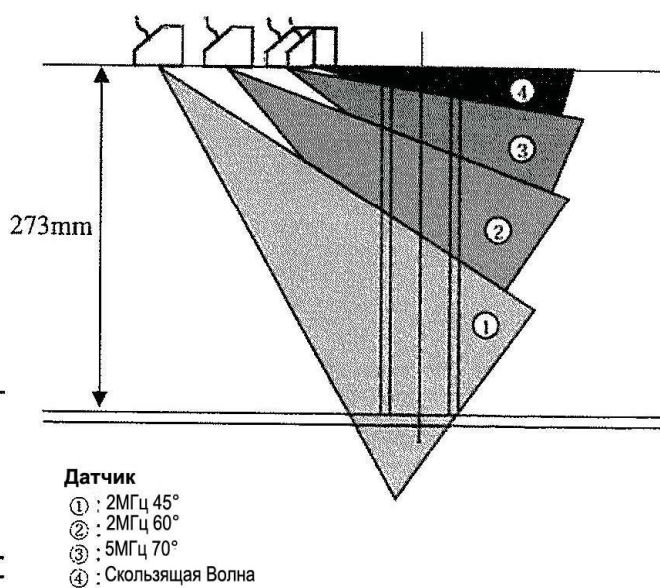


Иллюстрация А.2. В-сканирование для Обнаружения Поперечных Дефектов при Помощи Ультразвуковой Дефектоскопии (ТОFD)

Исследование TOFD



Направленное сканирование



Сканирование всего объема

Рисунок А.3. Альтернативная установка датчиков со сдвигом для обнаружения поперечных дефектов

Блок Демонстрации Чувствительности TOFD для обнаружения поперечных трещин вследствие перегрева

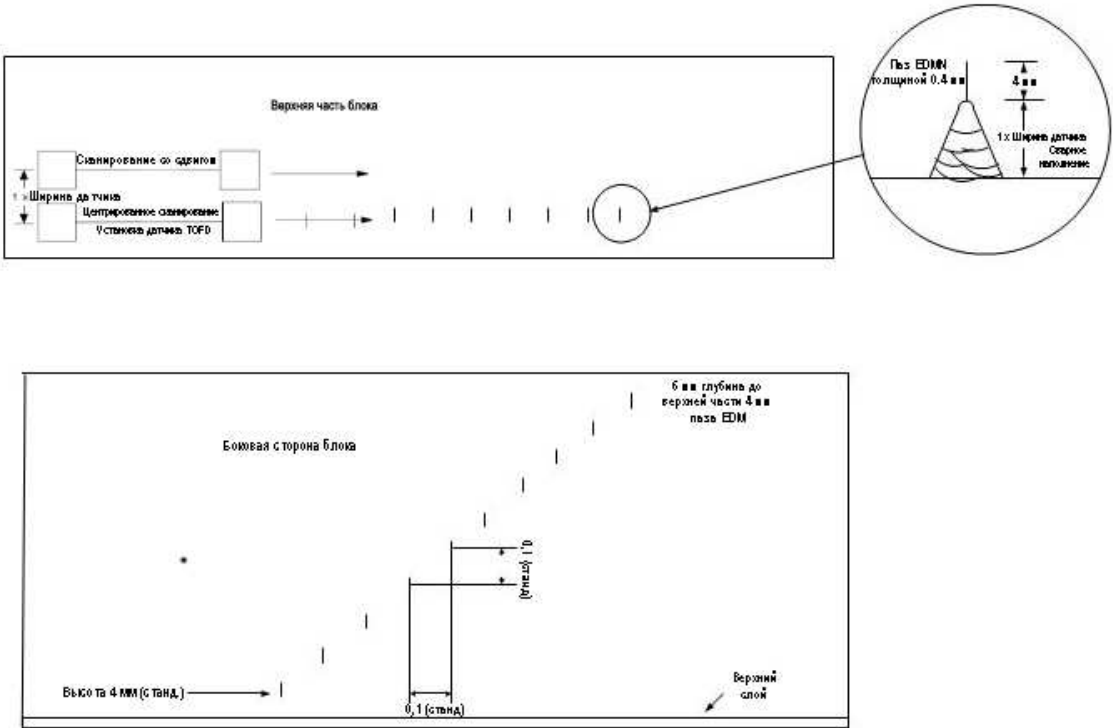


Рисунок А.4. Блок Демонстрации Чувствительности TOFD

Copyright American Petroleum Institute
Provided by IHS under license with API
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Характеристика трещин, возникших вследствие перегрева

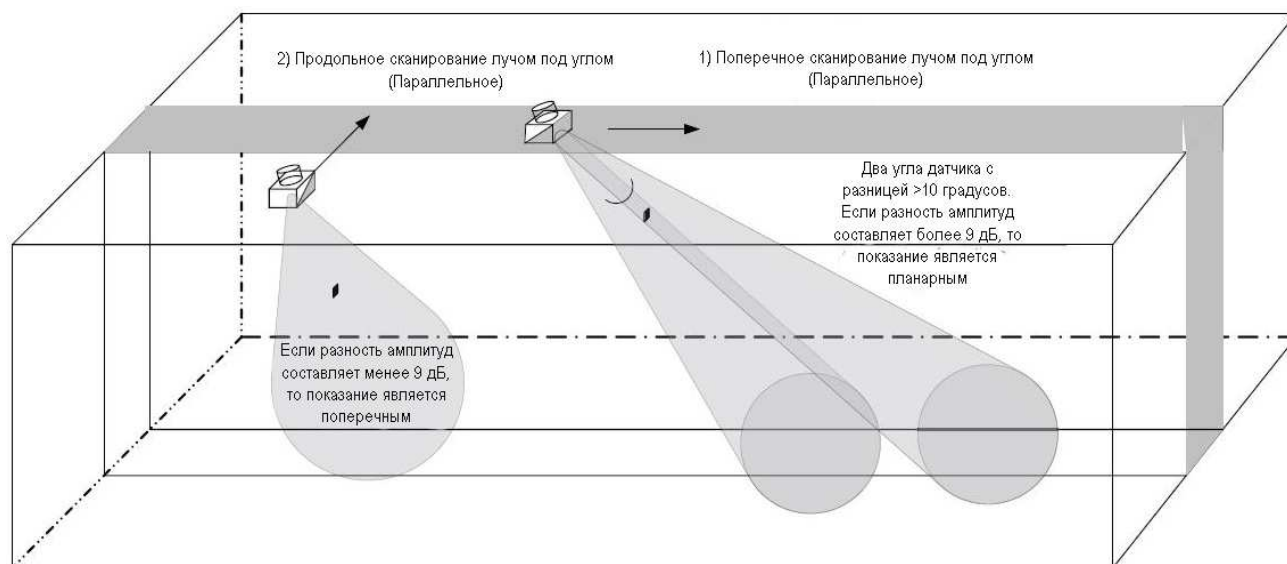


Рисунок А.5. Характеристика Трещин при Перегреве с Использованием Эхоимпульсной Ультразвуковой Аппаратуры

Библиография

[1] L.Coudreuse; S.Pillot; P.Bourges; A.Gingell: Corrosion 2005; NACE; Документ 05573.

C. Casciaro, P. Marinelli, A. Solina, R. Valentini, MPC, Вторая Международная Конференция по Взаимодействию Сталей с Водородом при Эксплуатации Резервуаров и Трубопроводов под Давлением в Нефтяной Промышленности, Австрия, октябрь 1994 г.

2008

Издание

Форма Заказа

Вступило в силу с 1 января 2008 г.
Участники API получают 30% скидку, где применимо.

Скидка участника не относится к покупкам, сделанным с целью перепродажи или для андеррайта коммерческие продукты, учебные курсы, семинары или другие коммерческие предприятия.

Доступно через IHS:

Заказы по телефону: 1-800-854-7179 (Не облагается пошлиной в США и Канаде)
303-397-795 (Местные и Международные)
Заказы по факсу: 303-397-2740
Заказы через сеть Интернет: global.ihis.com

Дата: _____		☐ Участник API (Проверьте, если да)	
Счет кому (Проверьте, чтобы было указано то же, что и в "Поставить кому")		Поставить кому (Служба UPS не выполняет доставку на адрес Почтового Ящика)	
Имя: _____		Имя: _____	
Название: _____		Название: _____	
Компания: _____		Компания: _____	
Отдел: _____		Отдел: _____	
Адрес: _____		Адрес: _____	
Город: _____ Страна/Область: _____		Город: _____ Страна/Область: _____	
Почтовый индекс: _____ Страна: _____		Почтовый индекс: _____ Страна: _____	
Телефон: _____		Телефон: _____	
Факс: _____		Факс: _____	
Электронная почта: _____		Электронная почта: _____	

Количество	Название	SO ★	Цена за единицу	Всего
	C938C1 ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ 938-C, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ ВЫПЛАВЛЕННЫХ ДИПЛЕКС-ПРОЦЕССОМ В НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ		\$101.00	
	C94106 РЕКОМЕНДУЕМЫЕ НОРМЫ И СТАЛЫ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ВОДОРОДНОЙ СРЕДЕ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ И ДАВЛЕНИИ В НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ И НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ЗАВОДАХ		\$101.00	
	C932A0 ПУБЛИКАЦИЯ 932-A, ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИИ В ОТВОДЯЩИХ ОХЛАДИТЕЛЬНЫХ ВОЗДУШНЫХ СИСТЕМАХ РЕАКТОРА ГИДРООБРАБОТКИ		\$141.00	
	C932B1 РЕКОМЕНДУЕМЫЕ НОРМЫ И СТАЛЫ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПРОВЕРКА ИНСТРУКЦИИ ПО КОНТРОЛЮ КОРРОЗИИ В ОТВОДЯЩИХ ОХЛАДИТЕЛЬНЫХ ВОЗДУШНЫХ РЕАКТОРАХ ГИДРООБРАБОТКИ		\$161.00	
	C93801 ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ 938-A, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН И РЕМОНТ РАСТРЕСЫВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ИЗ СТАЛИ 1 INCH/2 INCH		\$154.00	
	C94503 РЕКОМЕНДУЕМЫЕ НОРМЫ API 945, ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИН ПОД ВЛИЯНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В АНИМИРОВАННЫХ ЕДИНИЦАХ		\$95.00	

☐ Оплата прилагается ☐ П/Я № (Приложите Копию)

☐ Снять с Моего Счета IHS №, Кред. карты

☐ Visa ☐ MasterCard ☐ American Express

☐ Diners Club ☐ Discover

№ кредитной карты: _____

Напечатайте Название (как указано на Карте): _____

Дата окончания срока действия: _____

Подпись: _____

Промежуточный итог

Применимый налог на продажи (см. ниже)

Оплата срочной доставки (см. ниже)

Всего (в долларах США)

★ Будет помещено на Ожидание заказа для будущих выпусков данной публикации, поставьте галочку в колонке SO и подпишите здесь:

Стоимость и доступность являются предметом изменения без уведомления.

Почтовые переводы - Оплата чеком или денежным переводом в долларах США требуется за исключением установленных счетов. Должны быть добавлены государственные и местные налоги, 10 \$ - плата за обработку и 5 % - за отгрузку.

Пошлите почтовые переводы по адресу: API Publications, IHS, 15 Inverness Way East, c/o Retail Sales, Englewood, CO 80112-5776, USA.

Заказы на поставку - Заказы на поставку принимаются из установленных счетов. Счет будет включать фактическую стоимость отгрузки, 10 \$ - плата за обработку, плюс государственные и местные налоги.

Заказы по телефону - При заказе по телефону, 10 \$ - плата за обработку и фактическая стоимость отгрузки будут добавлены к заказу.

Налог на продажи - Все американские покупки должны включать применимый государственный и местный налог на продажи. Заказчики, претендующие на статус освобождения от налога, должны обеспечить IHS копией их свидетельства об освобождении.

Доставка (Американские Заказы) - Заказы, доставляемые в пределах США, отправляются посредством прослеживаемых средств. Большинство заказов отправляется в тот же день. Подписные обновления отправляются Первой классной Почтой.

Другие варианты, включая обслуживание "следующего дня", воздушное обслуживание и передача по факсу доступны по дополнительной стоимости. Звоните 1-800-854-7179, чтобы получить дополнительную информацию.

Доставка (Международные Заказы) - Стандартная международная доставка осуществляется воздушной курьерской экспресс-службой. Подписные обновления отправляются по World Mail. Стандартный срок поставки составляет 3-4 дня с момента отгрузки.

Оплата срочной доставки - Стоимость доставки Заказов на следующий день составляет 20 \$ в дополнение к плате за перевозку. Заказы, доставляемые на следующий день, должны быть размещены до 14:00 по стандартному горному времени, чтобы гарантировать ночную поставку.

Возвраты - Все возвраты должны быть предварительно подтверждены звонком в Отдел Обслуживания Клиентов IHS по номеру 1-800-624-3974 для получения информации и помощи. Может быть взыскана 15 % пополняющая запасы оплата.

Специальные позиции заказа, электронные документы и датируемые материалы являются не подлежащими возврату.

Есть еще больше там, откуда взят настоящий материал.

API предоставляет дополнительные ресурсы и программы нефтяной и газовой промышленности, основанные на стандартах API. За дополнительной информацией обращайтесь:

МОНОГРАММА API® ПРОГРАММА ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ

Телефон: 202-962-4791

Факс: 202-682-8070

Электронная почта: certification@api.org

РЕГИСТРАТОР КАЧЕСТВА API (APIQR®)

> Регистрация ISO 9001

> Регистрация ISO/TS 29001

> Регистрация ISO 14001

> Регистрация API Spec Q1®

Телефон: 202-962-4791

Факс: 202-682-8070

Электронная почта: certification@api.org

ПРОГРАММА РЕГИСТРАЦИИ КОНСТРУКЦИИ ПЕРФОРАТОРА API

Телефон: 202-682-8490

Факс: 202-682-8070

Электронная почта:

perfПроектирование@api.org

ПРОГРАММА СЕРТИФИКАЦИЯ ПРОВАЙДЕРА ОБУЧЕНИЯ API (API TRCP™)

ПРОГРАММЫ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ API (ICP®)

Телефон: 202-682-8064

Факс: 202-682-8348

Электронная почта: icp@api.org

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ И ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ МОТОРНОГО МАСЛА API (EOLCS)

Телефон: 202-682-8516

Факс: 202-962-4739

Электронная почта: eolcs@api.org

API PETROTEAM (ОБУЧЕНИЕ, ОБРАЗОВАНИЕ, И ВСТРЕЧИ)

Телефон: 202-682-8195

Факс: 202-682-8222

Электронная почта: petroteam@api.org

УНИВЕРСИТЕТ API™

Телефон: 202-682-8195

Факс: 202-682-8222

Электронная почта: training@api.org

Электронная почта: trcp@api.org

Телефон: 202-682-8490

Факс: 202-682-8070

Проверьте Публикации, Программы и
Каталог Услуг API онлайн в www.api.org
<<http://www.api.org>>

Авторское право 2008 - API, все права
защищены. API, монограмма API, APIQR,
Спецификация Q1 API, API TRCP, ICP,
Университет API и эмблема API являются
или торговыми марками или
зарегистрированными торговыми марками
API в Соединенных Штатах и/или других
странах

1220 L Street, NW
Washington, DC 20005-4070
USA

202.682.8000

Дополнительные копии доступны через IHS

Заказы по телефону: 1-800-854-7179 (Освобождается от пошлины в
США и Канаде)

303-397-7956 (Местные и международные)

Заказы по факсу: 303-397-2740

Заказы через сеть Интернет: global.ihs.co

Информация о Публикациях, Программах и Услугах API доступна
на веб-сайте www.api.org.

Продукт № C934A02