

# Материалы и изготовление стальных толстостенных сосудов марки 1 1/4Cr-1/2Mo, работающих под давлением, применяемых в водородной среде при высоком давлении и температуре ниже 825°F (440°C)

Рекомендуемые API правила эксплуатации  
934-E, первое издание, август 2010

Техникалық реттеу және метрология комитеті  
Комитет технического регулирования и метрологии  
(MEMSTANDART) / (ГОССТАНДАРТ)  
№ 2-01-4-14/83  
« 18 » ноябрь 20 11 ж.(г.)  
А. ДАҒМА БҰРЫС  
ПЕЛЕВОД ВАРЕН

Техникалық реттеу және метрология комитеті  
(MEMSTANDART)  
№ 022/189  
« 20 » 03 20 12  
Есептік тіркеу жүргізілді  
Проведена учетная регистрация

# **Рекомендуемые правила эксплуатации материалов и изготовления стальных 1 1/4Cr-1/2Mo емкостей под давлением при температуре выше 825°F (440°C)**

Рекомендуемые API правила эксплуатации 934-E,  
первое издание, август 2010

## Особые замечания

Издания API рассматривают проблемы общего характера. В отношении конкретных ситуаций рекомендуется руководствоваться местными законами, законами, действующими в данном штате, и федеральными законами и постановлениями.

Ни API, ни какие-либо служащие, субподрядчики, консультанты, комиссии от API или другие назначенные лица не дают гарантии или заверений, явных или скрытых, относительно достоверности, полноты или полезности содержащейся здесь информации, или принимают на себя обязательства или ответственность за использование, или результаты такого использования, любой информации или процесса, представленного в данном издании. Ни API, ни какие-либо служащие, субподрядчики, консультанты, комиссии от API, или другие назначенные лица не утверждают того, что использование данного издания не будет нарушать частных прав.

Публикации API могут использоваться любым лицом, желающим их использовать. Институтом были предприняты все усилия для обеспечения точности и достоверности содержащихся в них данных; тем не менее, Институт не дает каких-либо утверждений, гарантии(й) в связи с данной публикацией и настоящим в открытой форме отрицает какие-либо обязательства или ответственность за утерю или ущерб, вытекающие в результате использования данной публикации, или за нарушение каких-либо полномочий, имеющих компетенцию, с которой данная публикация может вступать в конфликт.

Издания API публикуются для облегчения широкого распространения надежных инженерно-технической практики и правил эксплуатации. Разработка и публикация изданий API не имеют целью, в любом случае, воспрепятствовать кому-либо в использовании любых других практик и правил.

Любой производитель, обеспечивающий маркировку оборудования или материалов в соответствии с требованиями по маркировке по стандарту API, несет единоличную ответственность за соответствие всем действующим требованиям этого стандарта. API не заявляет или гарантирует, что такая продукция действительно соответствует действующему стандарту API.

Классифицируемые зоны могут изменяться, в зависимости от местоположения, условий, оборудования и материалов (веществ), привлеченных в конкретную обстановку.

Пользователи данных РП не должны полагаться исключительно на информацию, содержащуюся в данном документе. При использовании содержащейся здесь информации необходимо придерживаться разумных деловых, научных, технических и ТБ суждений.

Все права защищены. Ни одна часть данной работы не может быть дублирована, сохранена в информационно-поисковой системе, или передана каким бы то ни было образом, электронным, автоматическим, фотокопированием, записью или иным способом, без предварительного письменного разрешения от издателя. Свяжитесь с Издателем, API Publishing Services, 1220 L Street, NW, Washington, DC 20005

Авторские права © 2010 Американский нефтяной институт

## Предисловие

Никакая информация, содержащаяся в любом издании API, не должна толковаться как предоставление права, косвенно или иначе, на изготовление, сбыт или использование любого метода, оборудования или продукции, покрываемых патентом на изобретение. Также, никакая информация, содержащаяся в данном издании, не должна толковаться как страхование кого-либо от ответственности за нарушение патента на изобретение.

«Shall» (должен, обязан) -обозначает минимальное требование для соответствия спецификации.

«Should» (следует) – как используется в стандарте, обозначает рекомендацию или то, что предлагается, но не требуется для соответствия спецификации.

Настоящий документ был подготовлен согласно процедурам стандартизации API, которые обеспечивают соответствующее осведомление и участие в процессе разработки, и принимается как стандарт API. Вопросы касательно интерпретации содержания данной публикации или комментариев и вопросов, касающихся процедур, по которым данное издание было разработано, должны направляться в письменном виде Директору по Стандартам, Американского Нефтяного Института, 1220 L Street, N.W., Washington, D.C.20005. Запросы на разрешение воспроизведения или перевода всего или части опубликованного здесь материала, также следует направляться директору.

В целом, стандарты API рассматриваются и обновляются, переутверждаются или отменяются, по меньшей мере, каждые пять лет. В данный цикл рассмотрения добавляется одноразовое продление до двух лет. Состояние публикации может уточняться в Отделе стандартов API, тел. (202) 682-8000. Каталог изданий и материалов ежегодно публикуется и ежеквартально обновляется API 1220 L Street, N.W., Washington, D.C.20005.

Предлагаемые изменения должны быть представлены в Департамент по стандартам, Американский нефтяной институт, 1220 L Street, N.W. Washington, D.C. 20005, [standards@api.org](mailto:standards@api.org).

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

<b>Содержание</b>		<b>Страницы</b>
<b>1</b>	<b>Область применения</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Нормативные ссылки</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Термины, определения и сокращения</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Термины и определения</b>	<b>3</b>
<b>3.2</b>	<b>Сокращения</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Проектирование</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Требования по основному металлу</b>	<b>5</b>
<b>5.1</b>	<b>Спецификация на материалы</b>	<b>5</b>
<b>5.2</b>	<b>Способ получения стали</b>	<b>5</b>
<b>5.3</b>	<b>Ограничения по химическому составу</b>	<b>5</b>
<b>5.4</b>	<b>Термообработка</b>	<b>6</b>
<b>5.5</b>	<b>Механические свойства</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Требования по сварочным материалам</b>	<b>7</b>
<b>6.1</b>	<b>Требования по материалам</b>	<b>7</b>
<b>6.2</b>	<b>Механические требования</b>	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>Сварка, термообработка и промышленные испытания</b>	<b>7</b>
<b>7.1</b>	<b>Общие требования по сварке</b>	<b>7</b>
<b>7.2</b>	<b>Квалификация на методику сварки</b>	<b>8</b>
<b>7.3</b>	<b>Предварительный подогрев и термообработка по дегидрогенизации</b>	<b>8</b>
<b>7.4</b>	<b>Промышленные испытания сварных швов из основного металла</b>	<b>9</b>
<b>7.5</b>	<b>Наплавленный слой сварного шва или сплошное покрытие</b>	<b>10</b>
<b>7.6</b>	<b>Окончательная послесварочная термообработка (ПТ)</b>	<b>11</b>
<b>8</b>	<b>Неразрушающие испытания (НИ)</b>	<b>12</b>
<b>8.1</b>	<b>Общие сведения</b>	<b>12</b>
<b>8.2</b>	<b>НИ перед изготовлением</b>	<b>12</b>
<b>8.3</b>	<b>НИ в ходе изготовления</b>	<b>12</b>
<b>8.4</b>	<b>НИ после изготовления и до окончательной ПТ</b>	<b>12</b>
<b>8.5</b>	<b>НИ после окончательной ПТ</b>	<b>13</b>
<b>8.6</b>	<b>Идентификация материала с положительным результатом</b>	<b>13</b>
<b>9</b>	<b>Гидростатические испытания</b>	<b>13</b>
<b>10</b>	<b>Подготовка к перевозке</b>	<b>13</b>
<b>11</b>	<b>Документация</b>	<b>14</b>
<b>Рисунок</b>	<b>Местоположение точек определения твердости по Виккерсу методом</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>вдавливания</b>	
<b>Таблица</b>	<b>Спецификации на основной металл</b>	<b>5</b>
<b>1</b>		

## **Введение**

Данные методические рекомендации применимы к новым емкостям под давлением на нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических предприятиях, в которых жидкости перерабатываются при температурах в диапазоне от 440 °С до 595 °С. Эти методические правила основываются на десятилетиях производственного опыта и результатах экспериментальных работ и испытаний, проведенных независимыми изготовителями и пользователями емкостей под давлением для данной среды.

Лицензиары и владельцы технологических установок, в которых должны использоваться данные емкости под давлением, могут видоизменять и/или добавлять настоящие рекомендуемые правила (РП) дополнительными частными требованиями.

# Рекомендуемые правила эксплуатации материалов и изготовления стальных 1 1/4Cr-1/2Mo емкостей под давлением выше 825°F (440°C)

## 1 Область применения

Данные рекомендованные правила эксплуатации (РП) представляют требования по материалам и изготовлению для новых 1 1/4Cr-1/2Mo стальных емкостей под давлением и теплообменников для высокотемпературной среды. Эти правила распространяются на емкости, спроектированные, изготовленные, сертифицированные и документированные в соответствии с Правилами и Нормами ASME, Часть VIII, раздел 1.

Данный документ, также, может использоваться в качестве источника при планировании модификации существующих емкостей под давлением.

Внутренние поверхности данных емкостей могут снабжаться наплавленным слоем или покрытием сварного шва из аустенитной, ферритной нержавеющей стали или наплавки или покрытия из никелевого сплава для обеспечения дополнительной защиты от коррозии.

Данные рекомендованные правила эксплуатации применимы к толщинам стенки (оболочки) от 1д. (25мм) до 4д. (100мм). Полностью армированные патрубки, фланцы, трубные решетки, болтовые крышки желобов могут быть более 4д. (100мм). При толщине оболочки или днища более 4д. (100мм), 1 1/4Cr-1/2Mo и 1Cr-1/2Mo обнаружили несоответствие требованиям жесткости, указанным в данном документе, тем не менее, это не препятствует применению данного сплава, если эти свойства будут соблюдаться или если оборудование будет спроектировано с нагрузками ниже порога хрупкого излома. Несмотря на это, за пределами данного объема, данный документ может использоваться как источник для емкостей толщиной оболочки вплоть до 0,5д. (12,7мм) с вариациями, определяемыми покупателем.

Данные рекомендованные правила эксплуатации не предназначены для использования для оборудования, работающего при температуре ниже 825F (440C). Для информации по проектированию оборудования, работающего в диапазоне более низких температур, см. API 934-C. Поскольку, установки гидроочистки обычно рассчитаны на температуры ниже 825F (440C), указания в данных РП не распространяются к большинству таких установок. Также, т.к. коксовые барабаны, как правило, выходят из строя из-за усталостных нагрузок, а не из-за растрескивания из-за повторного нагрева, данные РП могут не соответствовать всем аспектам коксовых барабанов.

## 2 Нормативные ссылки

При применении настоящего документа, необходимы нижеследующие ссылочные материалы. Для датированных ссылочных материалов, используется самое последнее издание (включая любые поправки).

Рекомендуемые правила API 582, *Инструкции по сварке для химической, нефтяной и газовой промышленности.*

Рекомендуемые правила API 934-A, *Материалы и изготовление стальных толстостенных емкостей под давлением 2 1/4Cr-1Mo, 2 1/4Cr-1Mo-1/4V, 3Cr-1Mo и 3Cr-1Mo-1/4V для высокотемпературной водородной среды с высоким давлением.*

Рекомендуемые правила API 934-C, *Материалы и изготовление стальных толстостенных емкостей под давлением 1 1/4Cr-1/2Mo для водородной среды с высоким давлением, при или ниже 825<sup>0</sup>F (440<sup>0</sup>C)*

Рекомендуемые правила API 934-D, *Технический Отчет по Материалам и Изготовлению Стальных Емкостей под Давлением 1 1/4Cr-1/2Mo и 1Cr-1/2Mo*

API Издание 938-A, *Экспериментальное исследование причин и ремонта растрескивания оборудования из стали 1 1/4Cr-1/2Mo.*

ASME *Нормы и правила для котлов и сосудов под давлением, Раздел II – Материалы; Часть А – Спецификации на черные металлы; Часть С, Спецификация на сварочные электроды, присадки и сварочные металлы; Часть D – Свойства.*

ASME *Нормы и правила для котлов и сосудов под давлением, Раздел V – Неразрушающие испытания.*

ASME *Нормы и правила для котлов и сосудов под давлением, Раздел VIII – Правила сооружения сосудов под давлением, Раздел 1*

ASME *Нормы и правила для котлов и сосудов под давлением, Раздел VIII – Правила сооружения сосудов под давлением, Раздел 2 – Альтернативные правила*

ASME *Нормы и правила для котлов и сосудов под давлением, Раздел IX – Квалификационные требования на сварку и пайку*

ASME SA-20, *Спецификация общих требований для стальных плит для емкостей под давлением*

ASME SA-182, *Спецификация на кованные или катаные трубные фланцы из легированной стали, кованные фитинги, клапаны и части для высокотемпературной среды.*

ASME SA-263, *Стандартная спецификация на антикоррозионный хромовый покрытый сталью листовой и полосный металл*

ASME SA-264, *Стандартная спецификация на листовой и полосный металл (листы и полосы) из нержавеющей хромоникелевой стали*

ASME SA-265, *Стандартная спецификация на листовой и полосный металл (листы и полосы) из никелевой стали*

ASME SA-335, *Стандартная спецификация на бесшовную трубу из ферритной легированной стали для высокотемпературной среды.*

ASME SA-336, *Стандартная спецификация на поковки из легированной стали для частей под давлением и при высокой температуре.*

ASME SA-369, *Кованая труба с отверстиями, из углеродистой и ферритной легированной стали для высокотемпературной среды.*

ASME SA-387, *Стандартная спецификация на листы емкостей под давлением, из хромомолибденовой легированной стали.*

ASME SA-435, *Стандартная спецификация на прямолинейную ультразвуковую дефектоскопию стальных листов.*

ASME SA-578, *Стандартная спецификация на прямолинейную ультразвуковую дефектоскопию листов из нелегированной и плакированной стали для специальных применений*

ASNT RP SNT-TC-1A<sup>2</sup>, *Квалификация и аттестация персонала по неразрушающему контролю*

ASTM G-146<sup>3</sup>, *Стандартные правила для оценки нарушения связи в биметаллических листах из нержавеющей (легированной) стали для применения в высокотемпературной очистной водородной среде с высоким давлением*

AWSA4.2<sup>4</sup>, *Стандартные методы калибровки магнитных приборов для измерения дельта-ферритного содержания сварочного металла из аустенитной и 2-х фазной аустенитно-ферритной нержавеющей стали*

AWS A4.3, *Стандартные методы определения диффундирующего водородного содержания сварочного металла из мартенситной, бейнитной и ферритной стали, производимого с помощью дуговой сварки*

WRC Бюллетень 342<sup>5</sup>, *сварочный металл из нержавеющей стали: прогнозирование ферритного содержания*

### **3 Термины, определения и сокращения**

#### **3.1 Термины и определения**

В целях данных рекомендованных правил эксплуатации (РП), применяются нижеследующие определения:

##### **3.1.1**

###### **Нормы и правила ASME**

ASME Нормы и правила для котлов и сосудов под давлением, Часть VIII, раздел 1

##### **3.1.2**

###### **Окончательная послесварочная термообработка (ПТ)**

Последняя послесварочная термообработка после изготовления емкости и перед вводом ее в эксплуатацию.

##### **3.1.3**

###### **Мелкозернистая технология**

Технология производства стали, в которой в сталь добавляется алюминий или другие элементы для обеспечения стойкости к росту зерен в ходе термообработок. Шаги и/или испытания для получения мелкозернистой технологии определены в спецификациях ASME на материалы (напр., ASME SA-20, п.8).

##### **3.1.4**

###### **Горячая штамповка**

Механическая штамповка (формовка) элементов емкости выше температуры окончательной ПТ.

##### **3.1.5**

###### **Параметр Ларсона-Миллера**

Формула для оценки термообработок:

-----

$$ПЛМ = T \times (20 + \log t)$$

где

T – температура в °K;

t – время в часах.

### 3.1.6

#### Максимальная ПТ

Предусмотренная термообработка испытательных образцов, используемых для моделирования всех производственных термообработок, включая аустенизацию, закалку, окончательную ПТ, цикл ПТ для возможных ремонтов в цеху и минимум одну дополнительную ПТ для будущего использования заказчиком.

ПРИМЕЧАНИЕ: Для определения эквивалентного времени при одной температуре (в диапазоне ПТ), может использоваться формула параметра Ларсона-Миллера; результаты согласовываются покупателем и изготовителем.

### 3.1.7

#### Минимальная ПТ

Расчетная термообработка испытательных образцов, используемых для моделирования минимума термообработок (аустенизацию, закалку и один цикл ПТ).

ПРИМЕЧАНИЕ: Для определения эквивалентного времени при одной температуре (в диапазоне ПТ), может использоваться параметр Ларсона-Миллера; результаты согласовываются Покупателем и изготовителем.

### 3.1.8

#### Покупатель

Фирма или организация, которые инициировали заказ на приобретение с производителем, или назначенным представителем.

### 3.1.9

#### растрескивание от повторного нагрева

Растрескивание от повторного нагрева представляет собой растрескивание от ползучести сварных швов или околошовной зоны из-за выделения карбидов и диффузии некоторых элементов (As, Cu, Sb, Sn и т.д.) до границ зерен, которые приводят к потере пластичности при ползучести и значительно сокращают ожидаемую долговечность при ползучести. Данное явление также называется в других публикациях «растрескивание с «охрупчиванием при ползучести» или «растрескивание со снятием напряжений».

## 3.2 Сокращения

В целях данных рекомендованных правил эксплуатации, применяются нижеследующие сокращения:

CMTR	отчет об испытаниях сертифицированного материала
DHT	термообработка дегидрированием
FN	ферритное число
HAZ	зона термического влияния
HBW	твердость по Бринеллю с индентором из карбида вольфрама
HV	твердость по Виккерсу
MDMT	минимальная расчетная температура металла
MT	магнитно-порошковый контроль
NDE(НИ)	неразрушающие испытания
PQR	отчет об аттестации методики

PT	определение проникания
PWHT (ПТ)	послесварочная термообработка
RT	радиографические испытания
UT	ультразвуковые испытания
WPS	ТУ на методику сварки

### 3 Проектирование

**4.1** Проектирование и изготовление должны соответствовать *ASME Нормы и правила для котлов и сосудов под давлением*, Часть VIII, раздел 1. Следует использовать самое последнее издание, включая приложения, имеющее силу по дате соглашения о покупке.

**4.2** Вопросы проектирования обычно предусматриваются в проектировочном отчете изготовителя, который демонстрирует соответствие проектных решений проектному документу пользователя, расчеты на прочность по нормам ASME, чертежи и анализ местных напряжений для дополнительных нагрузок, а также, специальные проектные требования, если необходимо.

**4.3** Данные рекомендованные правила эксплуатации не охватывают других проектных вопросов, чем те, что указаны ниже.

а) Расчетная толщина не должна включать какой-либо допуск на дополнительную толщину в качестве допуска на коррозию, или в качестве антикоррозионной прокладки, такой как наплавленный слой или покрытие.

б) Места расположения сварных швов должны обеспечивать доступ к ним всем, в том числе, для неразрушающих испытаний в процессе эксплуатации, таких как RT, UT, MT и PT. Не используйте наружных приспособлений, покрывающих сварные швы.

с) Горловины патрубков должны снабжаться переходами к корпусу емкости, как показано в табл.4.2.13 норм и правил ASME, Часть VIII, Раздел 2. С одобрения Покупателя, патрубки номинальным диаметром 4д. (100мм) и меньше могут изготавливаться в соответствии с табл.4.2.10 детальные чертежи 3 по 7, нормы и правила ASME, Часть VIII, Раздел 2, со сплошным усилением.

### 5 Требования к основному металлу

#### 5.1 Спецификация на материалы

**5.1.1** Основные металлы должны соответствовать действующим спецификациям ASME, указанным в Таблице 1.

**Таблица 1 – Спецификации на основной металл**

Сталь	Лист	Поковки	Труба
1 1/4Cr-1/2Mo	SA 387 сорт 11, класс 1 или класс 2	SA 182 сорт F11, класс 1, 2 и 3 SA 336 сорт F11, класс 1, 2 или 3	SA 335 сорт P11 SA 369 сорт FP11
1Cr-1/2Mo	SA 387 сорт 12, класс 1 или класс 2	SA 182 сорт F12, класс 1, 2 и 3 SA 336 сорт F12	SA 335 сорт P12 SA 369 сорт FP12

**5.1.2** Все наружные подсоединения такие как петли, зажимы и т.д., приваренные непосредственно к границе давления, должны быть из такого же материала, что и материал границы давления.

**5.1.3** Патрубки должны изготавливаться из поковок. Для патрубков большей толщины, можно использовать 2 1/4Cr-1Mo для обеспечения соответствия требованиям жесткости. При использовании 2 1/4Cr-1Mo, следует использовать соответствующие способы сварки с более высоким предварительным нагревом, более высокими температурами послесварочной термообработки и т.д. Способы сварки должны согласовываться с покупателем.

## **5.2 Способ получения стали**

В дополнение к способу получения стали, указанному в действующих спецификациях, стали подлежат вакуумированию.

## **5.3 Ограничения по химическому составу**

Для стали 1 1/4Cr-1/2Mo и 1Cr-1/2Mo, все листовые и ковочные материалы должны изготавливаться по мелкозернистой методике и должны соответствовать следующим дополнительным химическим требованиям по химическому составу плавки.

C = 0.15 % массы макс.;

P = 0.012 % массы макс.;

S = 0.007 % массы макс.;

Cu = 0.20 % массы макс.;

Ni = 0.30 % массы макс.;

Nb = 0.004 % массы макс.;

V = 0.025% массы макс.;

Ti = 0.02 % массы макс.;

также: X-bar  $\leq$  15 ppm

где X-bar =  $(10P + 5Sb + 4Sn + As)/100$  (с P, Sb, Sn и As в частях на млн.)

ПРИМЕЧАНИЕ: Коэффициент J не применим к данным сплавам и был принят лимит X-bar как средство ограничения концентрации элементов, которые способствуют растрескиванию стали после повторного нагрева.

Вышеописанные ограничения по химическому составу вместе с другими факторами данных РП спроектированы с целью получения стали с сопротивлением растрескиванию после повторного нагрева, описанного в API 938-A.

## **5.4 Термообработка**

Все формы продукции должны быть отожжены, нормализованы и закалены (Н и З), или резко охлаждены и закалены (О и З) для соответствия требуемым механическим свойствам. Для толщины более 2 дюймов (50 мм), может потребоваться резкое охлаждение и закалка для соответствия спецификациям на трещиностойкость стали. Отожженная (отпущенная) сталь и уровни более низкого Класса должны

предусматриваться для применений, включающих высокотемпературную среду, где первичным механизмом разрушения является разрушение при ползучести. Для оборудования, подвергаемого циклической эксплуатации и для которого усталостные нагрузки являются важным фактором, более подходящим может быть использование термообработок Н и З или О и З, и уровни более высокого класса.

## **5.5 Механические свойства**

### **5.5.1 Местоположение испытательных образцов**

Испытательные образцы для установки ударных свойств и способности к растяжению должны быть удалены со следующих мест:

а) Пластина (лист) – от каждой пластины с той же термообработкой, поперечно к направлению прокатки в соответствии с ASME SA-20 в стандартных местах и в месте 1/2Т. Если допускается действующей спецификацией на продукцию, пробные образцы для всех испытаний должны браться только с местоположения 1/2Т. Если необходимо, для испытания на разрыв нагретого образца, следует использовать образцы 1/2Т.

б) Поковка – от каждого места термообработки поперечно основному направлению работ в соответствии с ASME SA-182 или ASME SA-336 и испытательные образцы следует брать в 1/2Т от удлинения (продолжения) или отдельного испытательного блока. Отдельный испытательный блок, если используется, должен выполняться из одного и того же теплового источника и должен получать по существу такое же снижение и иметь тип горячей обработки, что и производственные поковки, которые этот блок представляет и должен быть с такой же номинальной толщиной. Отдельная испытательная поковка должна пройти термообработку в той же шахте печи и в тех же условиях, что и производственные поковки.

в) Труба – из каждого источника тепла и партии трубы поперечно основному направлению работ в соответствии с SA 530, исключая то, что испытательные образцы должны браться из 1/2Т.

### **5.5.2 Требования для испытаний на растяжение**

**5.5.2.1** Испытания на растяжение листов и ковочных материалов должны отвечать действующей норме(ам) и правилам, а также, нижеследующим требованиям:

**5.5.2.2** Испытательный образец должен пройти максимальную послесварочную термообработку согласно п.3.1.6.

**5.5.2.3** Механические свойства при растяжении при комнатной температуре должны отвечать требованиям действующей нормы (м) и правил.

### **5.5.3 Требования для испытаний на ударные нагрузки**

Испытания определением ударной вязкости по Шарпи (CVN) следует проводить для всех материалов из стали 1 1/4Cr-1/2Mo, используемого для элементов под давлением, за исключением болтовых соединений. Испытания CVN должны отвечать действующей норме(ам) и правилам, а также, нижеследующим требованиям:

а) Испытательные образцы из поковок должны быть направлены поперечно основному направлению течения металла.

б) Испытательные образцы, прошедшие термообработку, для отражения, как минимальной, так и максимальной послесварочной термообработки согласно 3.1.7 и 3.1.6,

подлежат испытаниям и должны отвечать следующим требованиям. Мин. значения CVN при 0 F (-18 C) должны быть 40 фут-фунтов (54 Дж) в среднем из трех образцов и 20 фут-фунт (27 Дж) минимум для одного образца. В дополнение, если мин. расчетная температура металла (MPTM) < 0 F (-18 C), также должны соблюдаться требования норм и правил для ударных испытаний. Если уровни жесткости при MPTM < 0 F (< -18 C) отвечают вышеуказанным критериям жесткости 40/20 фут-фунт (54/27 Дж), повторные испытания при 0 F (< -18 C) не требуются.

с) Поперечное расширение и процентное отношение сдвигового разрушения также должно предоставляться для информации.

## **6 Требования по сварочным материалам**

### **6.1 Требования по материалам**

**6.1.1** Присадочный металл от каждой партии сварочных электродов и каждой комбинации сварочной проволоки и флюса должен соответствовать номинальному химическому составу основного металла к сварке.

**6.1.2** Необходимо держать под контролем следующие пределы содержания элементов химического состава для лучшего сопротивления растрескиванию после повторного нагрева. Ограничение по химическому составу применимо и к анализу плавки.

$$X\text{-bar} = (10P + 5Sb + 4Sn + As) / 100 \leq 12$$

где

P, Sb, Sn и As в частях на миллион.

C – 0.15 % массы максимальной.

Cu – 0.20 % массы максимальной.

Ni – 0.30 % массы максимальной.

**6.1.3** Следует использовать низководородные сварочные расходные материалы, включая флюсы, с макс. 8 мл диффундирующего водорода на каждые 100г. сварочного металла согласно AWS A4.3. Они должны подвергаться термической обработке, храниться и использоваться в соответствии с указаниями производителя (держание в электродной печи, длительность простоя печи и т.д.).

### **6.2 Механические требования**

#### **6.2.1 Механические свойства на растяжение**

Механические свойства на растяжение наплавленного металла должны отвечать таковым основного металла согласно п.5.5.2.

#### **6.2.2 Ударные свойства**

Перед началом изготовления, каждая партия электродов, удельная теплота сварочной проволоки и сочетание партии флюсов и удельной теплоты проволоки должны пройти испытания на ударные нагрузки сварочного материала в соответствии с п. 5.5.3.

## **7 Сварка, термообработка и производственные испытания**

### **7.1 Общие требования по сварке**

**7.1.1** Перед сваркой или нанесением наплавленного слоя сварного шва, поверхности основного металла должны быть чистыми (чистый металл), подготовленными машинной обработкой, шлифовкой или пескоструйной очисткой.

**7.1.2** Все сварные соединения, включая крепления без давления к корпусу емкости, должны:

- a) иметь полнопроплавную конструкцию соединения;
- b) располагаться таким образом, чтобы могла выполняться полная ультразвуковая дефектоскопия сварных швов (стыков) после изготовления и монтажа (в случаях, когда это невыполнимо, изготовителю следует предложить альтернативные методы неразрушающих испытаний (NDE) для проверки качества сварных швов), и
- c) выполняться достаточно гладкими для облегчения NDE (MT, PT, UT или RT) при соответствующих условиях.

**7.1.3** Вся сварка должна быть завершена до окончательной послесварочной термообработки, за исключением сварки внутренних присоединений к коррозионно-стойкому наплавленному слою или покрытию сварного шва. Для этих сварных стыков присоединений, следует провести предварительные сварочные испытания на соответствие техническим условиям или модельные испытания для сверки отсутствия образования зоны термического влияния в основном металле, если только в этом не будет отказано Покупателем.

**7.1.4** Все ремонтные сварочные работы по основному металлу, сварным соединениям и наплавленным слоям следует проводить, используя порядок ремонтной сварки, сертифицированный согласно п.7.2, и должны отвечать всем тем требованиям, что и для сварных соединений обычного изготовления.

### **7.2 Приемочные испытания процедуры сварки**

**7.2.1** Порядок (способы) сварки должны пройти приемочные испытания согласно ASME, Раздел IX со следующими дополнительными требованиями.

**7.2.2** Основной металл для приемочных испытаний процедуры сварки должен быть выполнен согласно той же спецификации ASME основного металла (с тем же номером Р и группы) и схожим по химическому составу, как предусмотрено для емкости, однако, может применяться либо листовая или ковочный металл. Сварочные электроды, сочетание проволоки и флюса должны быть того же типа и марки, что используются в производственной сварке.

**7.2.3** На сварочном образце необходимо изготовить две траверсы (балки) определения твердости по Виккерсу в условиях минимальной послесварочной термообработки. Данные балки твердости следует выполнять на расстоянии 1/16 д.(1,5мм) от внутренней и наружной поверхности, как показано на Рисунке 1. Показания HAZ (зоны термического влияния) должны включать местоположения как можно ближе (приблизительно 8 мил (0.2мм) к границе проплавления. Каждая балка включает 10 показаний твердости при общем числе показаний 20 на каждый сварочный образец. Твердость не должна превышать числа 250 по Виккерсу.

**7.2.4** Испытание на растяжение (разрыв) поперечно сварному стыку следует проводить на сварном шве термообработанного плоского образца в условиях максимальной послесварочной термообработки и должно отвечать свойствам окружающей температуры, предусмотренным для основного металла в п.5.5.2.

**7.2.5** Испытание ударной вязкости по Шарпи должно проводиться на сварочном металле и HAZ термообработанного плоского образца в условиях минимальной и максимальной послесварочной термообработки. Данные испытания на ударные нагрузки должны выполняться для каждой процедуры сварки и отвечать требованиям температуры и приемки ударных испытаний в п.5.5.3.

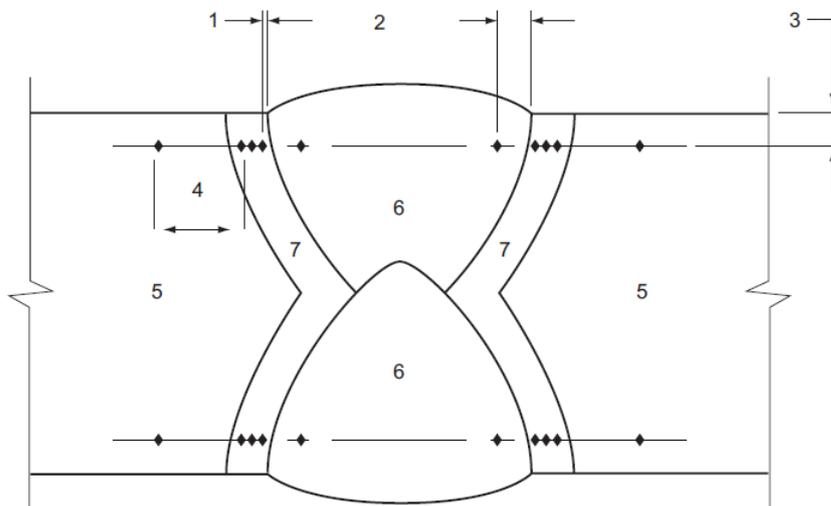
**7.2.6** Все ТУ на методику сварки и отчеты об аттестации методики подлежат согласованию Покупателем перед изготовлением.

### **7.3 Предварительный нагрев и термообработка дегидрированием**

#### **7.3.1 Предварительный нагрев**

Все основные металлы подлежат подогреву до минимум 300<sup>0</sup>F (150<sup>0</sup>C) во время всех операций по сварке, прокатке, тепловой резке и поверхностной резке (кроме как в случае наплавленного слоя сварного шва, см. п.7.5.4). Для сварки встык данная температура предварительного нагрева должна поддерживаться по всей толщине листа на расстоянии минимум одной толщины листа по каждую сторону сварного шва, но не должно выдаваться более чем на 4д. (100мм) в любом направлении от свариваемых краев.

В ходе сварки, температура предварительного нагрева должна поддерживаться, пока не будет выполнена послесварочная термообработка или дегидрированием согласно п.7.3.2.



- E Основной металл
- F Сварочный металл
- G Зона термического влияния

**Рисунок 1 – Расположение отпечатков твердости по Виккерсу**

### **7.3.2 Термообработка дегидрированием (ТД)**

ТД следует проводить при минимальной температуре металла 570<sup>0</sup>F (300<sup>0</sup>C) в течение минимум 1 часа.

## **7.4 Производственные испытания сварных швов из основных металлов**

### **7.4.1 Химический состав рабочих швов**

**7.4.1.1** Химический состав наплавки, отражающий каждую особую технологию сварки, должен проверяться либо лабораторным химическим анализом, или используя переносной анализатор соответствующей точности.

**7.4.1.2** Хромовое и молибденовое содержание наплавки должно быть в пределах, предусмотренных в ASME, Раздел II, Часть C для обозначенных электродов.

### **7.4.2 Твердость наплавки и смежного основного металла (твердость в зоне термического влияния)**

**7.4.2.1** После окончательной послесварочной термообработки (см. п.7.6), следует провести определения твердости для каждого шва под давлением, используя переносной твердомер.

**7.4.2.2** Каждый результат испытания на твердость должен равняться среднему арифметическому трех отпечатков в каждой точке испытаний. Точки испытаний должны включать сварочный металл и основные металлы, прилегающие с обеих сторон к линии сплавления. Сообщаются значения твердости всех трех точек.

**7.4.2.3** Значения твердости не должны превышать числа 225.

**7.4.2.4** Испытания на твердость должны проводиться через каждые 10-фт (3-м) длины сварного шва, или его отрезка. Данное требование не распространяется на наплавленные слои или сварные швы, покрытые наплавленным слоем на стороне, подверженной технологической обработке.

### **7.4.3 Ударные испытания сварных швов**

Пластины для производственных испытаний, подлежащие минимальной и максимальной послесварочной термообработке, подлежат испытанию и должны отвечать требованиям п. 5.5.3.

## **7.5 Наплавленный слой сварного шва или сплошное плакирование**

Для антикоррозионной наплавки или сплошного плакирования, могут использоваться аустенитная, ферритная нержавеющие стали или покрытие из никелевого сплава (см. SA-264 и SA-265). Должны применяться следующие особые требования.

### **7.5.1 Требования по материалам**

Ферритное содержание наплавки (слоя) из аустенитной нержавеющей стали должно быть с ферритным числом между 3 и 10, как определено в соответствии с Бюллетенем WRC 342 до какой-либо послесварочной термообработкой, за исключением того, что для Типа 347 минимальное ферритное содержание должно иметь число 5 (согласно API RP 582).

### **7.5.2 Испытания на нарушение связи**

Опыт показывает, что риск нарушения связи (расцепления) низок при толщинах и уровнях разъединения, при которых используется 1 1/4Cr-1/2Mo. Если принимаются во внимание

испытания, в качестве исходного документа может использоваться API 934-A. Покупатель должен определить требования по испытаниям и критерии приемки (см. ASTM G146).

### **7.5.3 Аттестация процедуры производства наплавленных слоев сварных швов**

**7.5.3.1** Выбранная технология наплавки и количество слоев должны быть аттестованы в соответствии с ASME, Раздел IX.

**7.5.3.2** Аттестационные испытания процедуры должны проводиться на основном металле той же спецификации ASME, что предусмотрена для емкости, но может использоваться как листовая, так и ковочный металл. Толщина испытательного образца не должна быть менее чем половина толщины основного металла емкости, или 2д. (50мм). Сварочный электрод, проволока и флюс, используемые для аттестации процедуры наплавки, должны быть такого же типа, который используются в производстве.

**7.5.3.3** Пластины для приемочных испытаний должны подлежать условиям максимальной послесварочной термообработки.

**7.5.3.4** Химический состав наплавленного слоя должен проверяться путем химического анализа образцов, взятых при минимальной толщине, аттестованной согласно Рисунку QW-462.5(a) правил ASME, Раздел IX. Химический состав должен отвечать спецификации на сварочный металл для последнего слоя. Химический состав, определенный данными образцами, должен использоваться для расчета ферритного содержания в наплавках из аустенитной нержавеющей стали. Расчетное ферритное содержание должно иметь ферритное число 3 и 10, за исключением того, что минимальное ферритное содержание для типа 347 должно быть 5 (в соответствии с API 582).

### **7.5.4 Предварительный нагрев и термообработка во время нанесения наплавленного слоя**

Когда наплавленный слой сварного шва из аустенитной нержавеющей стали или никелевого сплава, основной металл подлежит предварительному нагреву до 200 °F (94 °C) для первого слоя наплавки. Максимальная температура металла шва перед наложением последующего слоя должна быть 350 °F (175 °C). Для второго и любых последующих слоев наплавки не требуется какого-либо предварительного нагрева.

### **7.5.5 Производственные испытания наплавленного слоя сварного шва**

#### **7.5.5.1 Химический состав наплавленных слоев**

Химический состав наплавленных слоев должен проверяться лабораторным химическим анализом образца, взятым при минимальной предусмотренной толщине. Данный состав должен отвечать требуемому химическому составу материала наплавки (C, Cr, Ni, Mo и Nb). Требуется, по меньшей мере, один анализ для каждого корпуса и днища, и один анализ для каждого способа ручной сварки для патрубков.

#### **7.5.5.2 Ферритное содержание наплавленного слоя сварного шва из аустенитной нержавеющей стали**

**7.5.5.2.1** Для проверки ферритного содержания производственного наплавленного слоя перед послесварочной термообработкой, следует использовать магнитный прибор, калиброванный согласно AWS A4.2.

**7.5.5.2.2** Может использоваться калибровка для стального материала-подложки в соответствии с AWS A4.2, Приложение A7, п. A7.1.

**7.5.5.2.3** Минимум шесть ферритных показаний должно быть взято на поверхности каждой из следующих точек:

- a) должно быть проверено, по меньшей мере, 10 произвольно выбранных точек для каждого корпуса и днища;
- b) две точки для наплавленного слоя каждого патрубка (по одному на каждом конце);
- c) одна точка на покрытии или восстановленной наплавке сварных швов каждой Категории А, В и D, если применимо.

**7.5.5.2.4** Значение всех ферритных показаний в каждой точке должно отвечать требованиям п.7.5.1.

## **7.6 Окончательная послесварочная термообработка (ПТ)**

**7.6.1** ПТ должна отвечать минимальным требованиям действующих норм и правил, за исключением того, что все сварные швы 1 1/4Cr-1/2Mo и 1Cr-1/2Mo должны пройти ПТ при минимум 1225 °F (663 °C), и рекомендуемый диапазон послесварочной термообработки 1225 °F до 1275 °F (663 °C до 690 °C). Необходимо учитывать температуры послесварочной термообработки выше 690 °C, когда первичный механизм разрушения для сварных швов представляет собой ползучесть, но данные виды стали не должны проходить послесварочную термообработку при температурах выше 732 °C. Использование более высоких температур после сварочной термообработки помогает предотвратить растрескивание от повторного нагрева, но это может привести к более слабой прочности на растяжение. Используемая послесварочная термообработка может повлиять на трещиностойкость стали и это следует учесть т.к. множество очистных емкостей под давлением опрессовываются при низких температурах при запуске и отключении.

**7.6.2** Изготавливаемая емкость должна пройти полную послесварочную термообработку в закрытой печи в любое возможное время. Когда размер емкости не позволяет провести полную ПТ в печи, ПТ может выполняться по секциям в соответствии с нормами и правилами ASME.

**7.6.3** Температура ПТ должна строго контролироваться, с замером, как температуры обшивки емкости, так и температуры печи, используя термоэлементы, включая любую часть емкости за пределами печи. Любая секция емкости за пределами печи должна быть изолирована таким образом, чтобы температурный градиент не наносил вреда. Компоновки термоэлементов (термопар) должны устанавливаться для каждой термообработки. Температура обшивки должна замеряться и контролироваться внутри и снаружи емкости.

**7.6.4** Непрерывные записи температур всех операций ПТ должны документально оформляться для соответствия требованиям норм и правил ASME.

## **8. Неразрушающий контроль (НК)**

### **8.1. Общие сведения**

**8.1.1** Весь персонал по НК подлежит аттестации в соответствии с ASNT SNT-TC-1A. Персонал, который интерпретирует и сообщает результаты, также подлежит аттестации этой же методике.

**8.1.2** Где указываются ссылки на требования по проведению проверок ASME, Часть VIII, Раздел 2, они должны применяться к емкостям Раздела 1 и 2.

## **8.2 НК перед изготовлением**

### **8.2.1 Ультразвуковые испытания (UT)**

**8.2.1.1** Все пластины из основного металла перед формовкой должны пройти ультразвуковой контроль 100% прозвучиванием согласно ASME, Часть V и SA 578, Уровень C, Дополнительное Требование S1.

**8.2.1.2** Все поковки для обечаек, патрубков и люков должны пройти УЗ контроль 100% прозвучиванием согласно п.3.3.4 ASME, Часть VIII, Раздел 2.

### **8.2.2 Магнитопорошковая дефектоскопия (МТ) или контроль проникающим красителем (РТ)**

**8.2.2.1** Сплошные поверхности всех поковок, включая границы лицевой поверхности шва, должны пройти МТ в соответствии с п.7.5.7 ASME, Часть VIII, Раздел 2. Дефектоскопия МТ должна проводиться после чистовой обработки, но перед сваркой.

**8.2.2.2** Для формованных листов, подлежащих сварке для обечаек и днищ, границы лицевой поверхности шва должны пройти МТ или РТ контроль (дефектоскопию).

**8.2.2.3** Если перед формовкой на лист наносится наплавленный слой сварного шва, сплошная поверхность всех формовочных листов, подлежащих сварке для обечаек и днищ подлежат МТ или РТ контролю, как указано в п. 8.2.2.1.

## **8.3 НИ во время изготовления**

**8.3.1** МТ должна проводиться после завершения всех сварных швов, включая сварные швы (с давлением) из основного металла, наплавки, проходы при заварке корня шва. Магнитопорошковая дефектоскопия (МТ) также должна проводиться после любой поверхностной резки или шлифовки, включая обратную резку проходов при заварке корня шва. МТ должна выполняться в соответствии с п.7.5.6, ASME, Часть VIII, Раздел 2.

**8.3.2** Временные присоединения (крепления) должны быть минимизированы. Все участки, где были удалены временные присоединения, должны пройти контроль МТ или РТ в соответствии с ASME Часть VIII, Раздел 2, п.7.5.6, или п.7.5.7 при соответствующих условиях.

## **8.4 НК после изготовления и до окончательной послесварочной термообработки**

### **8.4.1 Сварные швы из основного металла**

**8.4.1.1** Все сварные стыки с давлением и емкость подлежат полному радиографическому контролю (RT) в соответствии с п.7.5.3 ASME, Часть VIII, Раздел 2, или UW-51 ASME Часть VIII, Раздел 1 до окончательной послесварочной термообработки, при соответствующих условиях.

**8.4.1.2** Вместо RT (радиография) может применяться UT (ультразвуковой контроль), когда процедура UT отвечает требованиям ASME, Часть VIII, Раздел 2, п.7.5.5.

**8.4.1.3** Когда RT невыполнимо для сварных швов патрубков и юбок, вместо RT может применяться UT.

### **8.4.2 Наплавленный слой сварного шва**

**8.4.2.1** Разместите UT, четыре полосы, с равномерным интервалом, шириной прикл. 3.2д. (80мм), вдоль всей длины обшивки (обечайки) емкости и одна полоса шириной прикл.

3.2д. (80мм) через днище должна быть выполнена на наплавленном слое. УТ должна проводиться согласно ASMESA-578, уровень С.

## **8.5 НИ после окончательной послесварочной термообработки**

### **8.5.1 Сварные швы из основного металла**

**8.5.1.1** Все сварные швы (с давлением) из основного металла, включая патрубки, должны пройти полную УТ согласно ASME, Часть VIII, Раздел 2, п.7.5.4.

**8.5.1.2** Все доступные сварные швы должны пройти МТ (магнитопорошковую дефектоскопию). Для предотвращения прожогов электродом, следует использовать метод AC уоке. МТ может быть заменен на РТ, всегда когда МТ невыполнима.

### **8.5.2 Наплавленный слой сварного шва**

**8.5.2.1** Все наплавленные слои из нержавеющей стали и присоединения к ним должны пройти РТ согласно ASME Часть VIII, Раздел 2, п.7.5.7.

## **8.6 Идентификация материалов (с положительным результатом)**

**8.6.1** Положительная идентификация материалов (РМІ) должна проводиться в соответствии со спецификацией РМІ Покупателя.

## **9 Гидравлические испытания**

**9.1** Все сварные швы (с давлением) не должны иметь окалины и других посторонних материалов перед испытаниями. Вся грязь, окалина (накипь), песок и другой посторонний материал должен быть удален из емкости.

**9.2** Испытательная вода не должна содержать хлоридов более 50 частей на миллион.

**9.3** Во время гидравлических испытаний, температура металла емкости должна быть минимум 30 F (17 C) выше MDMT или 60 F (15 C).

**9.4** Емкость должна быть дренирована и полностью осушена сразу после испытаний.

## **10 Подготовка к транспортировке**

**10.1** Немедленно после завершения окончательного испытания (контроля) емкости, ее внутренняя часть должна быть очищена и осушена. Не следует использовать горячую сушку и/или другие методы с применением пара ввиду возможного загрязнения хлоридами емкостей из нержавеющей наплавки или плакированных емкостей.

**10.2** Все отверстия должны быть загерметизированы стальной крышкой и уплотнением, и емкость должна быть наполнена давлением мин. 5 ф/кв.д. (34,5МПа) осушенного азота. Давление азота должно поддерживаться во время транспортировки, монтажа и пусконаладочных работ. Необходимо прикрепить постоянно закрепленный ярлык с предупреждением о том, что емкость заполнена азотом.

**10.3** Для сохранности во время транспортировки, все незащищенные обработанные поверхности, такие как поверхности фланцев, болтовых соединений и из нерж. стали, должны быть защищены нанесением подходящей смазки, антикоррозионной смазки или покрытия.

## 11 Документация

Перед изготовлением, для всех частей с давлением, включая сварочные расходные материалы, должна быть оформлена следующая документация, которая должна быть в наличии для просмотра Покупателем во время инспекции. Данная документация должна представляться Покупателю по завершению проекта:

- a) SMTR (Отчет об испытаниях сертифицированного материала);
- b) все данные по термообработке, показывающие время выдержки и температуру для послесварочной термообработки и дегидрированием;
- c) X-bars;
- d) Спецификации на методику сварки с действующими отчетами об аттестации методики;
- e) Отчет об идентификации материалов (с положительным результатом).