РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

КОРПУСА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОСУДОВ И АППАРАТОВ

Технология, методы обеспечения качества
Предисловие

1 РАЗРАБОТАН:
ДАО «Центра́льное констру́кторское бюро нефтеа́ппарату́ры» (ДАО «ЦКБН»)
ОАО «Волгогра́дский научно-исследова́тельный и проеќтный институ́т технологи́и химическоѓо и нефтяно́го аппа́ратостроения» (ОАО «ВНИИПТхимнефтеа́ппарату́ры»);

2 УТВЕРЖДЕН и ВВЕДЕН в ДЕЙСТВИЕ Техническим комитетом 260 «Оборудование химическое и нефтегазоперерабатывающее»

3 ВЗАМЕН РТМ 26-225-75 .

4 СОГЛАСОВАНО с ОАО «Газпром»

Настоящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения ДАО «ЦКБН» и ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры».
лИст утверждения

Корпуса цилиндрических сосудов и аппаратов.
Технология, методы обеспечения качества.

ДАО «ЦКБН»:
Генеральный директор Ю.А. Кашницкий
Заведующий отделом стандартизации Г.Н. Бекетов
Руководитель темы Е.П. Травкин
Заведующий отделом № 7 О.А. Приймак
Главный металлург Ю.А. Котельников
Главный сварщик Ю.А. Чечин
Ответственный исполнитель Т.М. Лукьянова

ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры»:
Генеральный директор, канд. техн. наук В.А. Панов
Заместитель генерального директора по НИР, канд. техн. наук В.Л. Мирочник
Заведующий отделом стандартизации В.Н. Зарушкий
Руководитель разработки, старший научный сотрудник Ю.А. Тетенев
Заведующий сектором В.А. Брюхин
Заведующий лабораторией В.А. Бабкин
Ведущий инженер Л.П. Иванченко
Старший научн. сотр., канд. техн. наук Ю.И. Неретин
Ведущий специалист

Заведующий лабораторией, канд. техн. наук

Ведущий специалист

Ведущий технолог

Старший научный сотрудник

В.П. Новиков

А.И. Потапов

Ю.К. Павлов

Г.И. Шевяков

В.Ф. Шишкин
СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения ................................................................................................................. 1
2 Нормативные ссылки .................................................................................................................. 2
3 Общие положения ....................................................................................................................... 5
4 Технологическое обеспечение геометрических размеров листовых заготовок, формирование обечаек ............................................................................................ 7
   4.1 Подготовка листового проката ......................................................................................... 7
   4.2 Разметка заготовок обечаек ......................................................................................... 7
   4.3 Механическая резка ......................................................................................................... 11
   4.4 Огневая резка ............................................................................................................... 13
   4.5 Обработка кромок ......................................................................................................... 13
   4.6 Сборка и сварка листов ............................................................................................... 14
   4.7 Гибка листов ................................................................................................................ 14
   4.8 Сборка и сварка продольного стыка обечаек ............................................................... 15
   4.9 Правка (калибровка) .................................................................................................. 15
   4.10 Вытяжка горловин ....................................................................................................... 16
5 Обеспечение качества сборки и сварки кольцевых стыков корпусов аппаратов ................................................................................................................................. 16
6 Методы обеспечения качества разметки, установки приварных элементов и контроля цилиндрических корпусов с использованием лазерной техники ......................................................................................................................... 18
   6.1 Установка штуцеров на корпусе аппарата ....................................................................... 18
   6.2 Контроль точности положения штуцеров ....................................................................... 20
   6.3 Контроль формы корпуса ............................................................................................. 21
   6.4 Разметка корпуса аппарата под установку опорных элементов тарелок ................................................................................................................................. 21
   6.5 Установка и приварка опорных элементов тарелок ....................................................... 24
   6.6 Контроль точности положения опорных элементов ....................................................... 24
7 Выбор способа сварки ................................................................................................................. 25
8 Термообработка .................................................................................................28
9 Контроль ...........................................................................................................33
Приложение А Перечень нестандартизированного технологического
оборудования, средств механизации и оснастки ...................... 36
Приложение Б Методика расчета геометрических параметров
технологического бандажного кольца ........................................... 89
Приложение В Способ сборки цилиндрической части корпусов
толстостенных аппаратов ................................................................. 97
Приложение Г Методика расчета технологических планок для сборки
монтажных кольцевых соединений корпусов ............................. 102
РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

Корпуса цилиндрических сосудов и аппаратов
Технология, методы обеспечения качества

Дата введения 2002 - 07-01

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящий руководящий документ предназначен для технологического обеспечения качества изготовления и ремонта цилиндрических корпусов сосудов и аппаратов, подлежащих действию «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» (ПБ 10-115-96), из углеродистых, низколегированных, легированных сталей и биметалла на их основе.

Рекомендуемые технологии и методы обеспечения качества прошли проверку на машиностроительных заводах при изготовлении корпусной аппаратуры как для отечественных, так и зарубежных производств и соответствуют требованиям современного уровня производства аппаратуры.

Кроме того, руководящий документ (РД) учитывает перспективу дальнейшего повышения требований к качеству аппаратостроения. Особое внимание уделено выполнению основных операций, существенно влияющих на качество изготовления цилиндрических корпусов аппаратов.

ОАО "НИИхиммаш"

утверждено № И85 2001–ИІ–26

заместитель Генерального директора

В.В. Раков
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем руководящем документе использованы ссылки на следующие нормативно-технические документы и стандарты:

ГОСТ 3242-79 Соединения сварные. Методы контроля качества
ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 5640-68 Сталь. Металлографический метод оценки микроструктуры листов и лент
ГОСТ 6996-66 Сварные соединения. Методы определения механических свойств
ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод
ГОСТ 8713-79 Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 12169-82 Заготовки стальные вырезаемые кислородной резкой. Припуски
ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
ГОСТ 14782-86 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые
ГОСТ 14792-80 Детали и заготовки, вырезаемые кислородной и плазменнодуговой резкой. Точность, качество поверхности реза
ГОСТ 17410-78 Контроль неразрушающий. Трубы металлические бесшовные цилиндрические. Методы ультразвуковой дефектоскопии
ГОСТ 18442-80 Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования
ГОСТ 18661-73 Сталь. Измерение твердости методом ударного отпечатка
ГОСТ 21105-87 Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод
ГОСТ 22727-88 Прокат листовой. Методы ультразвукового контроля
ГОСТ 24507-80 Контроль неразрушающий. Поковки из черных и цветных металлов. Методы ультразвуковой дефектоскопии
ГОСТ 26182-84 Контроль неразрушающий. Люминесцентный метод течеискация
ГОСТ 27947-88 Контроль неразрушающий. Рентгенотелевизионный метод. Общие требования
ОСТ 26-2079-80 Швы сварных соединений сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Выбор методов неразрушающего контроля
ОСТ 26-5-99 Контроль неразрушающий. Цветной метод контроля сварных соединений, наплавленного и основного металла
ОСТ 26-01-84 -78 Швы сварных соединений стальных сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Методика магнитопорошкового метода контроля.
ОСТ 26 291-94 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия
ОСТ 26-2044-83 Швы стыковых и угловых сварных соединений сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Методика ультразвукового контроля.
ОСТ 26-11-03-84 Швы сварных соединений сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Радиографический метод контроля
ОСТ 26-11-09-85 Поковки и штамповки сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Методика ультразвукового контроля
ОСТ 26-11-10-93 Швы сварных соединений сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Рентгенотелевизионный метод контроля
РД 24.200.04-90 Швы сварных соединений. Металлографический метод контроля основного металла и сварных соединений нефтегазовой аппаратуры
РД 24.200.11-90 Сосуды и аппараты, работающие под давлением. Правила и нормы безопасности при проведении гидравлических испытаний на прочность и герметичность
РД 24.200.13-90 Трубы стальные бесшовные. Методика входного ультразвукового контроля сплошности
РД 26-8-87 Сварка хладостойких низколегированных сталей, применяемых в конструкциях, эксплуатирующихся при отрицательных температурах

РД 26-11-08-86 Соединения сварные. Механические испытания
РД 26-01-42-87 Термическая обработка коррозионностойких сталей и сплавов на железоникелевой основе в химическом машиностроении
РД 26-11-01-85 Инструкция по контролю сварных соединений, недоступных для проведения радиографического и ультразвукового контроля
РД 26-17-77-87 Сварка электродуговая ручная и автоматическая под флюсом сосудов и аппаратов из углеродистых и низколегированных повышенной прочности сталей
РД 26-17-086-88 Соединения сварные. Контроль качества термической обработки аппаратуры
РД 34.10.130-96 Инструкция по визуальному и измерительному контролю
РД 34.17.302-97 Котлы паровые и водогрейные. Трубопроводы пара и горячей воды, сосуды. Сварные соединения. Контроль качества. Ультразвуковой контроль. Основные положения
РД 26-01-128-2000 Инструкция по ультразвуковому контролю стыковых и угловых сварных соединений химической аппаратуры из сталей аустенитного и аустенитоферритного классов с толщиной стенки от 4 до 30 мм
РТМ 26-44-82 Термическая обработка нефтехимической аппаратуры и ее элементов
РТМ 26-168-81 Сварка сосудов и аппаратов из двухслойной коррозионностойкой стали. Типовой технологический процесс.
ПБ 10-115-96 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением
Правила аттестации специалистов неразрушающего контроля / Утв. ГГТН России 18.08.92
Аккредитация лабораторий неразрушающего контроля. Основные положения. /Утв. Приказом Госстандарта России от 16.09. 96. № 282 введ. 01.10.96
3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 РД является рекомендательным документом по технологии изготовления и ремонта корпусов цилиндрических сосудов и аппаратов химического и нефтегазового оборудования и направлен на обеспечение требований Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением (ПБ 10-115), общих технических условий ОСТ 26 291 и учитывает перспективу повышения требований к качеству оборудования из углеродистых, низколегированных, легированных и двухслойных сталей.

3.2 Требования, предъявляемые к качеству изготовления корпусов аппаратов нормативными документами (ПБ 10-115, ОСТ 26 291, ГОСТы и пр.) в данном документе, как правило, не дублируются, и их следует искать в соответствующих документах.

3.3 При выполнении технологических операций, предусмотренных РД необходимо соблюдать следующие общие требования:

3.3.1 Заводы-изготовители и ремонтные производства должны располагать необходимым набором оборудования и оснастки, позволяющим выполнять все основные технологические операции по изготовлению и ремонту корпусов определенной номенклатуры, типоразмеров и материального исполнения аппаратов, а также обеспечивающим высокое качество выполнения работ. (В приложении A представлена информация о нестандартизированном технологическом оборудовании, средствах механизации и оснастки, прошедших проверку в производственных условиях машиностроительных заводов).

3.3.2 Транспортные и кантовочные работы необходимо выполнять по схемам транспортировки и кантовки, разработанным соответствующими службами завода и согласованными с отделом техники безопасности.

3.3.3 Межоперационную транспортировку листов из двухслойных сталей следует осуществлять при расположении листов пластирующим слоем вверх, во избежание его повреждения и загрязнения. В таких случаях, когда по технологическим условиям пластирующий слой располагается снизу, он должен быть защищен деревянными или алюминиевыми прокладками.
3.3.4 Контроль геометрических параметров должен быть направлен на обеспечение предприятием качества выпускаемой продукции, отвечающего требованиям стандартов и технических условий.

3.3.5 При проведении контрольных операций пространственное положение проверяемых узлов должно обеспечивать минимальную погрешность измерения. При необходимости закрепления средства измерения на проверяемом узле, усилие прижима не должно вызывать деформацию средства измерения или базовых поверхностей, влекущей за собой погрешность измерения.

3.3.6 Поверочный и измерительный инструмент и приспособления, применяемые при выполнении контрольных операций, могут быть любого образца из числа принятых в практике аппаратостроения, при условии обеспечения требуемой точности измерения и прошедших необходимую метрологическую аттестацию.

3.3.7 Систематический контроль за производством измерений должен осуществляться рабочими, мастерами и работниками отдела технического контроля предприятия в соответствии с указаниями, изложенными в технической документации.

3.4 Методы сборки элементов под сварку должны обеспечить правильное взаимное расположение сопрягаемых элементов и свободный доступ к выполнению сварочных работ в последовательности, предусмотренной технологическим процессом.

3.5 При сборке допускается подгонка, если собираемые детали находятся в пределах допусков. Методы подгонки должны исключать появление значительных дополнительных напряжений в металле и повреждение поверхности изделий.

3.6 Сварщик может приступить к сварке после контроля сборки ОТК.

3.7 Так как РД рассматривает только общие вопросы технологии изготовления и ремонта, то для аппаратов конкретного вида (колонных, теплообменных, емкостных, реакторного типа и пр.) необходима разработка рабочих технологических процессов и инструкций, с учетом требований настоящего документа и чертежа.
4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК, ФОРМИРОВАНИЕ ОБЕЧАЕК

4.1 Подготовка листового проката

4.1.1 Листовой прокат, поступающий в производство, должен приниматься отделом технического контроля, при этом проверяется соответствие материалов требованиям чертежа, ОСТ 26 291, стандартов или технических условий на эти материалы.

4.1.2 Листовой прокат должен подвергаться правке на листоправильной машине, если кривизна листов выходит за пределы величин, приведенных в таблице 1. Загрязненный прокат к правке не допускается. Правка листового проката с толщиной, выходящей за пределы технических возможностей листоправильных машин, осуществляется на прессах, как в холодном, так и нагретом состоянии.

4.1.3 Листы, имеющие местную кривизну радиусом менее 20 толщин, необходимо подвергнуть правке с нагревом до температуры не менее 730-750 ºC. При правке двухслойных сталей плакирующий слой защищать от механических повреждений различными прокладками.

4.1.4 Для измерения прогиба после правки рекомендуется пользоваться индикаторным приспособлением, представленным на рисунке 1, либо традиционным способом с помощью измерительных или поверочных линеек.

Рисунок 1.

4.2 Разметка заготовок обечаек

4.2.1 После правки уложить лист на место разметки маркировкой вверх и произвести разметку заготовки обечайки в соответствии с рисунком 2.
L – длина развертки обечайки;
B – длина обечайки

Рисунок 2 - Схема разметки заготовки обечайки, изготовляемой из одного листа или карты

Допуски на размеры заготовок и припуски под механическую обработку приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 1 - Допустимая кривизна листов.

<table>
<thead>
<tr>
<th>Сталь</th>
<th>Толщина листа</th>
<th>Допускаемые отклонения, не более</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td>Стре ла прогиба на 1 пог. м</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td>по ширине</td>
</tr>
<tr>
<td>Углеродистая и низколегированная</td>
<td>От 6 до 12</td>
<td>2</td>
</tr>
<tr>
<td>Двухслойная Углеродистая и низкоуглеродистая</td>
<td>» 6 » 12</td>
<td>1,5</td>
</tr>
<tr>
<td>Св.12 до 24</td>
<td>1,5</td>
<td>3</td>
</tr>
<tr>
<td>Двухслойная Углеродистая и низкоуглеродистая</td>
<td>» 12» 24</td>
<td>1</td>
</tr>
<tr>
<td>Св. 24</td>
<td>1</td>
<td>2</td>
</tr>
<tr>
<td>Двухслойная</td>
<td>» 24</td>
<td>1</td>
</tr>
</tbody>
</table>
Таблица 2 - Допуски на размеры заготовок при разметке

<table>
<thead>
<tr>
<th>Длина заготовок</th>
<th>Разность диагоналей</th>
<th>Допуск на размер</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>До 4000</td>
<td>1,5</td>
<td>1,0</td>
</tr>
<tr>
<td>Св. 4000 до 8000</td>
<td>2,0</td>
<td>1,5</td>
</tr>
<tr>
<td>» 8000</td>
<td>2,5</td>
<td>2</td>
</tr>
</tbody>
</table>

Таблица 3 - Величина припуска на механическую обработку заготовок

<table>
<thead>
<tr>
<th>Способ кислородной резки</th>
<th>Номинальные размеры заготовок</th>
<th>Толщина разрезаемого листа</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td>Св.4 до 10</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td>Размеры припусков и допускаемые отклонения по ним на сторону</td>
</tr>
<tr>
<td>Машина</td>
<td>Св. 20 до 1000</td>
<td>6,1,5</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>» 1000 »5000</td>
<td>8,2,0</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>» 5000 »10000</td>
<td>12,3,0</td>
</tr>
</tbody>
</table>

Таблица 4 - Содержание маркировки заготовок обечаек, контрольных пластин и технологических планок (рисунок 3,4)

<table>
<thead>
<tr>
<th>Заготовка обечаек</th>
<th>Используемый остаток листа</th>
<th>Контрольная пластина</th>
<th>Технологические планки</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>1. Маркировать:</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Размеры обечаек</td>
<td>D x 1 x s, номер заказа и обозначение по чертежу, номер обечайки по раскрою, марка стали, номер плавки, знак завода поставщика металла</td>
<td>Марку стали, номер плавки, толщину листа, номер заказа</td>
<td>Марку стали, номер плавки, толщину листа, номер заказа</td>
</tr>
<tr>
<td>2. Маркировка наносится в соответствии с требованиями ОСТ 26 291</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>3. Качество маркировки удостоверяется клеймом ОТК.</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
</tbody>
</table>

4.2.2 После разметки заготовки обечаек и деловой отход маркируются в соответствии с рисунком 3 и таблицей 4. Место маркировки необходимо зачистить до металлического блеска.
4.2.3 Разметку контрольных пластин и технологических планок производить согласно схеме на рисунке 4.

I — заготовка обечайки; II — остаток листа (используемый)
П.П.1,2,3 — в соответствии с таблицей 4.

Рисунок 3.

I — пластина контрольная; II — технологические планки; III — остаток листа
П.П.1,2 — в соответствии с таблицей 4.

Рисунок 4 - Схема разметки контрольных пластин и технологических планок

4.2.4 При разметке двухслойных сталей под механическую резку кернение производить со стороны плакирующего слоя. Маркировка заготовок со стороны плакирующего слоя должна выполняться способами, не вызывающими его повреждения.

4.2.5 Исходная длина заготовки под обрезку определяется по формуле:

\[ l = l_{заг} + 2\delta, \]  \hspace{1cm} (1)

где, \( \delta \) - припуск под механическую обработку.
Определение параметра длины заготовки (без припуска под механическую обработку) для гибки в обечайку «нахолодно» производится по формуле:

$$l_{заг.} = L_0 \left(1 - \frac{\beta^2}{(2 + \beta^2)^2}\right),$$

где, \( L_0 = 2\pi \left(R_{вн} + \frac{S}{2}\right) \), \( \beta = \frac{S}{R_{вн}} \)

\( R_{вн} \) — внутренний радиус обечайки.

\( S \) — толщина стенки обечайки.

При определении длины заготовок обечаек, которые проходят обработку с нагревом, рекомендуется учитывать ожидаемое удлинение развертки при гибке и калибровке. Согласно технологической инструкции на изготовление толстостенных обечаек повышенной точности, разработанной в ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры», расчет длины развертки обечаек с учетом ожидаемого удлинения при гибке и калибровке ведется по формуле:

$$L_{заг.} = L_0 - \Delta \ell_1 - \Delta \ell_2 - d + a_{св.} + a_{терм.},$$

где, \( L_0 = 2\pi (R_{вн} + S/2) \) — длина обечайки по средней линии;

\( (R_{вн} + S/2) \) — радиус среднего слоя обечайки;

\( \Delta \ell_1 \) — линейное удлинение обечайки при гибке, мм;

\( \Delta \ell_2 \) — линейное удлинение обечайки при правке, мм;

\( d \) — зазор между кромками обечайки при сварке, мм;

\( a_{св.} \) — усадка сварного шва, мм;

\( a_{терм.} \) — усадка сварного шва обечайки в результате термообработки, мм.

4.3 Механическая резка

4.3.1 Резка на гильотинных ножницах должна обеспечивать получение геометрических размеров заготовки в соответствии с требованиями таблиц 5 - 8. Непараллельность и неперпендикулярность обрезаемых кромок допускается в пределах допуска на размер.
### Таблица 5 - Допуск на размер заготовки при резке на гильотинных ножницах

<table>
<thead>
<tr>
<th>Толщина заготовки</th>
<th>Длина линии реза</th>
<th></th>
<th></th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td></td>
<td>До 1000</td>
<td>Св. 1000 до 4000</td>
<td>Св. 4000</td>
</tr>
<tr>
<td>Допуск на размер заготовки</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>От 6 до 12</td>
<td>±1,5</td>
<td>±2,5</td>
<td>±3,0</td>
</tr>
<tr>
<td>Св. 12 » 24</td>
<td>±2,0</td>
<td>±3,5</td>
<td>±4,5</td>
</tr>
<tr>
<td>» 24</td>
<td>±3,0</td>
<td>±4,0</td>
<td>±5,0</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### Таблица 6 - Допустимая разность диагоналей

<table>
<thead>
<tr>
<th>Длина заготовки</th>
<th>Максимально допустимая разность диагоналей</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>До 4000</td>
<td>3</td>
</tr>
<tr>
<td>Св. 4000 до 8000</td>
<td>4</td>
</tr>
<tr>
<td>» 8000</td>
<td>5</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### Таблица 7 - Допускаемая величина скоса кромок после механической резки.

<table>
<thead>
<tr>
<th>Толщина листа S</th>
<th>Величина скоса кромок</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>От 8 до 12</td>
<td>1,0</td>
</tr>
<tr>
<td>» 14 » 24</td>
<td>2,0</td>
</tr>
<tr>
<td>» 26 » 36</td>
<td>2,5</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### Таблица 8 - Допускаемая величина вырыва

<table>
<thead>
<tr>
<th>Толщина листа S</th>
<th>Величина вырыва</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>От 8 до 16</td>
<td>0,5</td>
</tr>
<tr>
<td>» 16 » 26</td>
<td>1,0</td>
</tr>
<tr>
<td>» 26 » 36</td>
<td>1,3</td>
</tr>
</tbody>
</table>

4.3.2 При механической резке двухслойных сталей лист кладется плакированной стороной кверху. Перед резкой рекомендуется очистить ножи от ржавчины и загрязнений, крепить листы необходимо с применением медных или алюминиевых прокладок.

4.3.3 При гильотинной резке на кромке реза появляются зоны наклепа, вызывающие при сварке старение стали. Рекомендуется производить обработку огневой резкой, строганием или фрезерованием.
4.4 Огневая резка листа

4.4.1 Огневая резка применяется при вырезке заготовок обечаек из углеродистой и низколегированной сталей.

В случае огневой (кислородно-ацетиленовой) резки двухслойной стали ее необходимо производить со стороны основного слоя. Плазменная резка производится со стороны плакирующего слоя. При огневой резке должны быть приняты меры по защите листа от брызг металла.

4.4.2 Допуски на размеры заготовок в зависимости от способа огневой резки и номинальных размеров листа должны соответствовать требованиями ГОСТ 12169

4.4.3 Качество реза при огневой резке определяется сочетанием следующих показателей: перпендикулярности поверхности реза, шероховатости поверхности реза и величины зоны термического влияния. Значения этих показателей должны соответствовать ГОСТ 14792.

4.4.4 При машинной газовой резке допускаются неровности глубиной не более 0,3 мм - при толщине листа до 20 мм и не более 0,5 мм - при толщине свыше 20 до 40 мм.

4.4.5 Количество выхвата не должно быть более одного на 1 погонный метр кромки при глубине выхвата не более 2 мм и длине не более 6 мм.

4.4.6 Отклонение от прямолинейности обработанных кромок на всей длине при резке на газорезательной машине допускается в пределах 1,5 ± 1,5 мм.

4.5 Обработка кромок

4.5.1 Механическая обработка кромок под сварку должна производиться на кромкострогальных станках и другом оборудовании, обеспечивающем требуемое качество обработки, точность, форму и геометрические параметры разделки.

4.5.2 Механическая разделка кромок под сварку заготовок из углеродистых сталей должна выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 8713

4.5.3 Разделка кромок под сварку в среде углекислого газа должна производиться в соответствии с ГОСТ 14771, под ручную электродуговую сварку в соответствии с ГОСТ 5264, а также в соответствии с требованиями чертежа.
4.5.4 Отклонения размеров заготовок обечаек должны отвечать требованиям ОСТ 26.291.

4.6 Сборка и сварка листов (карт)

4.6.1 Сборку под сварку и сварку разверток обечаек или карт корпусов рекомендуется производить на специальных стендах (приложение А.39), обеспечивающих необходимую точность геометрических параметров стыковых сварных соединений, в соответствии с требованиями ОСТ 26.291 и другими нормативными документами.

4.6.2 Смещение кромок листов и зазор под сварку в стыковых соединениях:
- не должны превышать нормативных размеров;
- для двухслойных сталей выравнивание кромок производится по плакирующему слою.

4.6.3 При сборке стыковых соединений из двухслойной стали прихватку необходимо выполнять со стороны основного слоя.

4.7 Гибка обечаек

4.7.1 Гибка листовых заготовок и карт в обечайку должна производиться на трех- или четырехвалковых листогибочных машинах с предварительной подгибкой кромок по радиусу.

Гибка листов может осуществляться на прессах (например, толстостенных обечаек), а также на специальных устройствах (приложение А.40), конструкция которых позволяет производить гибку листа по радиусу, например, нежестких или негабаритных обечаек.

4.7.2 Количество проходов определяется минимально возможным радиусом гибки за один пропуск и зависит от тягового усилия листогибочной машины

4.7.3 Гибка заготовок может осуществляться с нагревом или «на холодно» в зависимости от мощности листогибочной машины и требований ОСТ 26.291.

Для заготовок из углеродистых сталей температура нагрева должна быть 1050 - 1100 ºС. Температура окончания гибки для всех марок двухслойных сталей - не ниже 900 ºС; для сталей аустенитного класса - не ниже 850 ºС; для теплоустойчивых сталей - не ниже 800 ºС; для углеродистых и низколегированных – не ниже 700 ºС.

4.7.4 При гибке не допускается образование трещин, задиров, вмятин и закатывания в материал листа окалины, шлака, грата.
4.7.5 При гибке листа с плоскими участками у продольных кромок размер каждого участка должен быть не менее половины расстояния между боковыми вальками, при этом переход от плоского участка к цилиндрической части должен быть плавным без изломов и перегибов.

4.7.6 У свальцованных обечаек допустимые отклонения радиуса, совместного увода кромок, зазора между продольными кромками, торцевого и радиального смещения кромок должны быть не более величин, которые позволяют провести качественную сборку продольного стыка имеющимися на предприятии техническими средствами.

4.7.7 Гибку нежестких обечаек, когда изгибающий момент от веса выходной ветви листа превышает момент, при котором теряется устойчивость заготовки и происходит расправление согнутой части относительно бокового вала, рекомендуется производить за один проход с использованием поддерживающего или формирующего устройства (приложение А.40).

4.8 Сборка и сварка продольного стыка.

4.8.1 После гибки заготовки производится предварительная сборка продольного стыка обечаек с помощью струбцин на листогибочной машине.

4.8.2 Сборку продольного стыка на прихватках рекомендуется производить на сборочных плитах или специализированных стендах (приложение А.3,4,5) и руководствоваться требованиями ОСТ 26-291, РД 26-17-77, и РТМ 26-168.

4.8.3 Сварку продольных стыков осуществлять на стенах (приложение А. 6, 7, 8, 12), обеспечивающих требуемое качество сварных швов в соответствии с требованиями чертежа и руководствоваться рекомендациями раздела 7 настоящего РД.

4.9 Правка (калибровка)

4.9.1 Правка (калибровка) обечаек и корпусов производится с целью получения заданной геометрической формы. Овалность обечаек после правки должна находиться в пределах допусков на их диаметр в соответствии с требованиями нормативных документов.

4.9.2 Правка (калибровка) обечайка может осуществляться с нагревом или без нагрева в зависимости от типоразмеров и материала, при тех же режимах, что и гибка обечаек.
4.9.3 Калибровку обечайек и корпусов теплообменных аппаратов диаметром от 400 до 800 мм, длиной до 6000 мм и толщиной стенки от 6 до 16 мм рекомендуется производить методом последовательной раздачи разжимным пuhanсоном на специализированной установке, схема и краткая техническая характеристика которой представлены в приложении А.23. Калибровка обечайек данным способом позволяет получать точность по длине окружности обечайки в пределах допусков, при этом величина деформации растяжения составляет для углеродистых сталей — 1 %, для легированных — 1,5 %. Кроме того, описанная установка может быть применена для сборки обечайки в корпус.

4.9.4 Для сосудов и аппаратов с давлением до 10 МПа рекомендуется калибровка диаметров на торцах труб, переходов, отводов, обечайки и днищ, методом цилиндрического обжима и раздачи на специальных установках (приложение А.35). Метод позволяет калибровать в холодном состоянии перечисленные изделия диаметром до 3200 мм с толщиной стенки до 24 мм с точностью откалиброванного диаметра до 0,1 %.

4.10 Вытажка горловин

4.10.1 При изготовлении корпусов теплообменных аппаратов с отбортованными горловинами (в местах вварки штуцеров), вытажку горловин рекомендуется проводить в обечайках на установках, оснащенных специальным устройством индукционного нагрева, силовой установкой для вытяжки и устройством для формирования горловины. В приложении А.24 представлена схема установки для вытяжки горловин диаметром от 108 до 426 мм в цилиндрических обечайках диаметром от 400 до 800 мм с толщиной стенки от 8 до 16 мм.

5 ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА СБОРКИ И СВАРКИ КОЛЬЦЕВЫХ СТЫКОВ И КОРПУСОВ АППАРАТОВ

5.1 Обечайки, поступающие на сборку, должны быть изготовлены в соответствии с картой раскроя корпуса и иметь обработанные под сварку кромки согласно требованиям чертежей и нормативных документов.
5.2 Сборку кольцевых стыков из обечаек из тонколистового проката рекомендуется выполнять методом последовательного наращивания обечаек в корпус на специализированных стенах, оснащенных пневматическими или гидравлическими устройствами для выравнивания кромок. По способу сборки устройства делаются на два типа: с последовательным и одновременным выравниванием кромок стыкуемых обечаек по их периметру.

Для аппаратов диаметром от 1200 до 5000 м наибольее широкое распространение получили установки с последовательным выравниванием кромок (приложение А.9,10).

Для сборки и автоматической сварки изделий из малогабаритных обечаек и труб рекомендуются специализированные установки, состоящие из сварочного манипулятора с раздвижной планшайбой, колонны сварочной, консоли сварочной с зажимным устройством и роликопорами (приложение А.15).

5.3 При сборке и сварке корпусов из нежестких обечаек следует применять внутренние и наружные распорки или бандажные кольца. Последние служат также средством для предотвращения пластических деформаций в зоне контакта корпуса с роликовым стендом. Методика расчета колец приводится в приложении Б.

5.4 Сборку кольцевых стыков толстостенных корпусов (свыше 70 мм) рекомендуется осуществлять селективным методом, обеспечивающим минимальное значение смещения кромок при фактических размерах поперечных сечений обечаек. Подбор обечаек, их взаимную ориентацию и фиксацию рекомендуется выполнять по методике, представленной в приложении В.

5.5 Сборка монтажных стыков в заводских условиях производится на технологических планках. Размеры, количество и расположение планок определяются расчетным путем, в зависимости от конкретных условий, с учетом обеспечения прочности собранного корпуса при транспортировке и других операциях. Расчет технологических планок приведен в приложении Г.

5.6 При невозможности транспортирования аппаратов в собранном виде, они должны поставляться максимально укрупненными блоками, изготовление которых осуществляется на заводе-изготовителе по разработанной технологии. Деление аппарата на блоки заводом-изготовителем согласовывается с заказчиком и монтажной
организацией. Блоки поставляются с максимально возможной степенью заводской готовности и должны быть подвергнуты необходимому объему контроля и испытаний в соответствии с техническими требованиями чертежа и нормативных документов.

5.7 Технология изготовления аппаратов из укрупненных блоков должна предусматривать контрольную сборку корпуса на заводе-изготовителе с нанесением на монтажных стыках необходимых рисок, меток или приваркой фиксирующих сборочных приспособлений, используемых в дальнейшем при монтаже аппарата. Допускается выполнять контрольную сборку аппарата методом последовательного парного сопряжения блоков по кольцевым монтажным стыкам с точностью, обеспечивающей получение необходимых геометрических параметров корпуса, согласно требованиям стандартов и чертежа.

5.8 При изготовлении аппаратов из тонкостенных (не жестких) обечаек, при наличии в цехе достаточной высоты до подкрановых путей, рекомендуется осуществлять сборку корпусов в вертикальном положении.

5.9 Сварку стыков выполнять в соответствии с требованиями нормативных документов, рабочего чертежа и руководствоваться рекомендациями раздела 7 настоящего документа.

6 МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА РАЗМЕТКИ, УСТАНОВКИ ПРИВАРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И КОНТРОЛЯ КОРПУСА АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКИ

6.1 Установка штуцеров на корпусе аппарата

6.1.1 Установка штуцеров на корпусе аппарата проводится с использование лазерных измерительных систем и комплекса специального оборудования и оснастки, позволяющих обеспечить требуемое положение штуцера как от условной оси аппарата, так и от наружной поверхности (приложение А.52, 53).

6.1.2 В комплект оборудования и оснастки для определения положения штucerов на корпусе аппарата (рисунок 5) входят: лазерный визир, центраторы, мишень, приспособление для установки штукеров, специальная линейка для выверки
и контроля положения штуцеров от условной оси корпуса и стенд линейных измерений. Назначение лазерного визира, центратора, мишени приведены в п. п. 6.4.7.

6.1.3 Приспособление для установки штуцеров (рисунок 5, поз. 5) предназначено для выверки положения штуцера при сборке его с корпусом или днищем аппарата и обеспечивает заданный вылет штуцера как от поверхности корпуса, так и от условной оси с применением специальной линейки. Условная ось при этом материализуется лучом лазера.

6.1.4 Приспособление для контроля положения штуцера (рисунок 5, поз. 6) предназначено для определения отклонения штуцера от заданных геометрических параметров. Приспособление позволяет измерять вылет и наклон оси штуцера как от наружной поверхности, так и от условной оси корпуса с применением специальной линейки.

6.1.5 Специальная линейка предназначена для выверки и контроля положения штуцера относительно условной оси корпуса, заданного лучом лазера. Линейка применяется только совместно с приспособлением для установки и контроля штуцеров.

6.1.6 Стенд линейных измерений предназначен для разметки корпуса по длине от базовой поверхности, перпендикулярной условной оси, а также контроля линейных размеров после сборки и сварки. В состав стенда входят лазерный визир, мишень, устройство для поворота луча на 90° и приспособления для установки компарированной рулетки параллельно оси луча лазера. Схема стенда представлена в приложении А.52.

6.1.7 Подготовка к разметке заключается в установке и настройке стенда линейных измерений относительно оси отнимвелированного сборочного стенда, на котором находится корпус аппарата.

6.1.8 Определение центра штуцера на корпусе аппарата производится устройством для поворота луча на угол 90°. При этом необходимо настроить оптическую головку так, чтобы можно наблюдать след повернутого луча на рулетке, совместить центр луча с требуемым размером на рулетке, а затем, поворотом головки в сторону аппарата, отметить центр луча на наружной поверхности по одной из образующих корпуса.

6.1.9 Определяя размеры положения штуцеров по длине на рулетке стенда от ба-
зовой плоскости и перемещающее устройство по длине, необходимо нанести соответствующие точки на корпусе аппарата по центру повернутого на угол 90° луча лазера.

6.1.10 Установка штуцера на корпус аппарата производится с применением приспособления. Для этого приспособление предварительно настраивается на размер вылета штуцера от поверхности корпуса, устанавливается на штуцер, закрепляется и краном совместно со штуцером транспортируется на место сборки. Приспособление ориентируется по оставленным после вырезки отверстия поперечным и продольным рискам.

6.1.11 Для обеспечения требуемого положения штуцера относительного условной оси (рисунок 5) необходимо предварительно установить в корпусе центрато́ры, настроить их, установить лазерный визир и мишень, произвести выверку луча относительно мишени.

6.1.12 Установку штуцера относительно условной оси следует выполнять в следующей последовательности: закрепить специальную линейку в приспособлении, выверить положение штуцера по лучу в продольной плоскости корпуса, собрать штуцер корпуса на прихватках.

6.2 Контроль точности положения штуцеров

6.2.1 Основными геометрическими параметрами, характеризующими положение штуцера, являются вылет от условной оси корпуса (или от наружной поверхности) и углы наклона оси штуцеров в поперечной и продольной плоскостях аппарата.

6.2.2 Контроль точности положения штуцера относительно оси необходимо выполнять в следующей последовательности:

- установить на фланец приспособление для контроля (предварительно настроив комплекс оптической оснастки);
- закрепить специальную линейку в приспособлении;
- на линейку установить рамку для определения положения в продольной и поперечной плоскостях;
- определить углы наклона оси штуцера.

6.2.3 Для контрольной проверки вылета привалочной поверхности штуцера от поверхности корпуса следует использовать штыри с линейками, которые устанавливаются в приспособление.
6.2.4 Результаты контроля должны быть зафиксированы в соответствующих документах (журналах, картах, формулярах контроля и др.).

6.3 Контроль формы корпуса

6.3.1 Основными показателями, характеризующими отклонения формы цилиндрической поверхности корпуса, являются отклонения от круглости и прямолинейности. В основу процесса измерения отклонения от круглости положен центровой метод (рисунок 6), при котором измеряют длину радиус-векторов из одной точки центра и соответствующие им углы, являющиеся координатами точек профиля.

Для определения расположения поперечных сечений в корпусе за базу принята условная ось, материализуемая лучом лазера. Таким образом, след луча лазера в поперечном сечении определяет центр измерения радиус-векторов.

Для определения отклонений от прямолинейности принят метод поперечных сечений. Метод основан на определении расположения реальной оси аппарата в пространстве.

6.3.2 Контроль формы корпуса необходимо выполнять в следующей последовательности: установить внутри корпуса оборудование и оснастку в соответствии с п. 6.1.11., в контролируемых сечениях произвести измерение радиус-векторов специальной линейкой, по результатам измерений выполнить расчеты относительной овальности и отклонений от прямолинейности.

6.3.3 Контроль формы корпуса проводить после сборки перед разметкой, а также в окончательно собранном корпусе (сдаточный контроль).

6.3.4 Результаты контроля должны быть зафиксированы в соответствующих документах (журналах, картах, формулярах контроля и др.)

6.4 Разметка корпуса аппарата под установку опорных элементов тарелок.

6.4.1 Разметка корпуса с применением лазерной техники проводится с целью:
- определения положения опорных элементов тарелок (рисунок 7);
- создания базы для установки вертикальной опоры;
- увязки технологической и монтажной баз.

6.4.2 Разметка является основной технологической операцией, существенно влияющей на точность установок тарелок в корпус аппарата. При выполнении раз-
меточных, сборочных и контрольных работ, а также выверки аппарата на монтажной площадке следует принять единую базу - условную ось корпуса, проходящую через центр средних окружностей профилей поперечных сечений, расположенных в местах установки на наружной поверхности корпуса реперных устройств (для выверки аппарата).

6.4.3 Подготовка к разметке заключается в нивелировке сборочного стенда, установке корпуса на роликопоры, калибровке корпуса и контроле его форме, разметке главных линий. Отклонение от круглости в местах установки центров (расположение реперных устройств) не должно превышать 5 мм.

1-лазерный визир; 2-центратор D1; 3- центратор D2; 4-мишень; 5-приспособление для установки штучера (люка); 6-приспособление для контроля положения штуцера (люка); 7- специальная измерительная линейка.

Рисунок 5 - Схема установки и контроля штучера от условной оси корпуса
Рисунок 6 - Схема контроля круглости и прямолинейности корпуса цилиндрического аппарата

1- лазерный визир; 2-центратор D1; 3 – центратор D2; 4- устройство для поворота луча на угол 90°; 5- мишень.

Рисунок 7 - Схема определения положения тарелок в корпусе колонного аппарата

6.4.4 Разметка главных линий выполняется на основании чертежа развертки корпуса аппарата, на котором должны быть нанесены места под установку всех привариваемых к корпусу элементов тарелок с указанием необходимых базовых размеров.

6.4.5 Определение положения базовых кольцевых линий и опорных элементов тарелок производится устройством для поворота луча на угол 90°, начиная со стороны лазерного визира.
6.4.6 В процессе разметки необходимо контролировать точность выполнения
следующих переходов: разметка главных и вспомогательных линий, настройка ко-
ординатных устройств центров, установка луча по центру линии, точность разметки
шага тарелок, точность проведения кольцевых линий через намеченные точки.

6.4.7 В комплект оборудования и оснастки лазерной измерительной системы для
определения положения тарелок в корпусе аппарата входят: лазерный визир, центра-
торы, устройство для поворота луча на угол 90°, мишень.

6.4.7.1 Лазерный визир предназначен для создания технологической базы для
проведения разметочных, сборочных и контрольных работ.

6.4.7.2 Центрато́ры предназначены для определения центра средней окружности
в базируемых сечениях корпуса и установки лазерного визира и мишени.

6.4.7.3 Устройство для поворота луча предназначено для определения поло-
жения поверхностей, перпендикулярных заданному направлению, материализуемому
лучом лазерного визира.

6.4.7.4 Мишень предназначена для выверки лазерного луча в требуемое по-
ложение.

6.5 Установка и приварка опорных элементов тарелок

6.5.1 Установку опорных элементов тарелок, привариваемых к корпусу, вы-
полнять по разметке в определенной последовательности (в зависимости от конст-
рукций тарелок), обеспечивающей перпендикулярность расположения базовых по-
верхностей к условной оси корпуса.

6.5.2 Приварку опорных элементов тарелок к корпусу аппарата следует вы-
полнять полуавтоматической сваркой в смесях защитных газов. Швы длиной более
250 мм выполняются обратно-ступенчатым способом участками по 150 – 200 мм.

6.6 Контроль точности положения опорных элементов тарелок

6.6.1 Контроль заключается в определении фактических отклонений базовых
плоскостей элементов тарелок от перпендикулярности к условной оси корпуса

6.6.2 В зависимости от состояния сборки аппарата (полностью или частично со-
бранныго) возможны два варианта осуществления контроля: измерительной ком-
парированной рулеткой от базовых кольцевых линий или определением отклонений
от контрольной световой плоскости, созданной устройством для поворота луча на угол 90°.
6.6.3 Контроль рулеткой необходимо выполнять при расположении контролируемых мест опорных элементов в нижнем положении, выдерживая размер между базовыми кольцевыми линиями, нанесенными вблизи торцевых сечений корпуса.

6.6.4 Контроль точности установки опорных элементов тарелок от базовой плоскости проводить с применением оборудования и оснастки, приведенной на рисунке 7. Определение текущих суммарных отклонений выполнять при помощи специальной линейки, опорная часть которой прикладывается к контролируемым местам элементов.

6.6.5 Результаты контроля должны быть зафиксированы в соответствующих документах (журналах, картах, формулярах контроля и др.).

6.6.6 При разметке (контроле) заготовок обечаек, сборке корпусов и их элементов, кроме традиционных рулеток, могут быть использованы, также, аттестованные оптические лазерные длинномеры (лазерные рулетки).

7. ВЫБОР СПОСОБОВ СВАРКИ

7.1 Выбор способа и технологии сварки производить с учетом требований нормативных документов по сварке, перечень которых представлен в разделе 2 настоящего документа.

7.2 Ручная дуговая сварка рекомендуется для широкого диапазона толщины, марок свариваемых сталей, применительно к приварке к корпусам аппаратов следующих изделий: люков, штуцеров, фланцев, деталей внутренних устройств, деталей арматуры и пр., а также для подварки корня шва с последующим заполнением разделки другими способами сварки.

7.2.1 Основным достоинством ручной дуговой сварки является: универсальность способа, низкая погонная энергия сварки, высокое качество сварных соединений.

7.3 Механизированная дуговая сварка в защитных газах применяется, главным образом, для сварки корневых швов и приварки внутренних и наружных устройств к корпусам аппаратов.

7.3.1 В качестве защитной среды используется углекислый газ, а для обеспечения более высокого качества и свойств сварных соединений рекомендуется применять смесь на основе аргона, с содержанием 15-20 % CO₂.
Сварка в смесах аргон + 20 % CO₂ характеризует струйным переносом электродного металла и плавным переходом выпуклости шва к основному металлу. Для сварки сосудов и аппаратов, эксплуатируемых при температуре минус 70 °С рекомендуется смесь аргона с 50 % содержанием CO₂.

7.3.3 Сварка в защитных газах производится короткой дугой. Высокая проплавляющая способность дуги и низкая погонная энергия позволяют рекомендовать этот способ для сварки толстостенных конструкций в узкую разделку на форсированных режимах (полупогруженной дугой).

7.4 Автоматическая сварка под флюсом рекомендуется для сварки продольных и кольцевых швов сосудов и аппаратов.

7.4.1 Автоматическая сварка под флюсом характеризуется высокой производительностью и качеством сварки. Высокая производительность достигается использованием форсированных режимов сварки, а свойства сварных соединений обеспечиваемся ограничением погонной энергии за счет снижения режимов сварки (уменьшения сечения валиков многопроходных швов).

7.4.2 При сварке конструкций с толщиной стенки выше 50 мм рекомендуется применять автоматическую сварку под флюсом в узкую разделку, позволяющую дополнительно повысить производительность сварки в 1,3-1,5 раза, снизить расход сварочных материалов, уровень напряжений в сварных конструкциях и повысить сопротивляемость швов хрупкому разрушению.

7.5 Аргонодуговую сварку неплавящимся электродом рекомендуется применять для сварки конструкций с толщиной стенки до 6 мм и при заварке корня шва односторонних сварных соединений.

7.5.1 Аргонодуговая сварка характеризуется высоким качеством сварных соединений и широко применяется для сварки изделий из высоколегированных сталей и сплавов.

7.6 Электрошлаковую сварку (ЭШС) рекомендуется применять при изготовлении изделий с толщиной стенки более 30 мм:

- при сварке продольных стыков обечаек;
7.6.1 При ЭШС существенно повышается качество сварных швов и производительность труда. В большинстве случаев отпадает необходимость в предварительном и сопутствующем подогреве, вырубке корня шва, кантовке изделий при сварке продольных швов.

7.6.2 ЭШС выполняется при температуре окружающего воздуха не ниже 0 °C.

7.6.3 Сварные изделия из низколегированных, марганцовистых и хромомолибденовых сталей, выполненных ЭШС, подлежат обязательной термической обработке.

7.6.4 Выбор технологии ЭШС и последующей термической обработки определяется условиями эксплуатации изделия и стойкостью стали и металла шва против хрупкого разрушения.

ЭШС может применяться в сочетании с ручной и автоматической сваркой.

7.7 Особенности сварки хладостойких низколегированных сталей обусловлены повышенной склонностью сварных соединений металлоконструкций к хрупкому разрушению в условиях низких температур.

7.7.1 При изготовлении изделий, эксплуатируемых при низких температурах, предъявляются повышенные требования к чистоте свариваемых и сварочных материалов, качественной подготовке их под сварку.

7.7.2 Технологические приемы сварки должны быть направлены на снижение уровня сварочных напряжений в изделии.

7.7.3 Выполняя сварочные работы, рекомендуется ограничивать разогрев металла шва и зоны термического влияния, применяя режимы, обеспечивающие минимальное тепловложение.

7.7.4 Для уменьшения деформации конструкций наиболее предпочтительной является X-образная разделка кромок и симметричное наложение слоев.

7.7.5 Необходимо стремиться к минимальной газонасыщенности металла шва, загрязненности его неметаллическими включениями, для чего сварку рекомендуется выполнять проволоками малого диаметра с использованием защитных сред с низкой окислительной способностью, короткой дугой.
7.7.6 Учитывая существенную зависимость работоспособности сварных соединений, эксплуатируемых при низких температурах, от наличия в них дефектов, необходимо принять меры по обеспечению качества сварки в строгом соответствии с требованиями ОСТ 26 291 и РД 26-8.

8. ТЕРМООБРАБОТКА

8.1 Для улучшения свойств металла шва и различных участков зон термического влияния, снижения уровня остаточных напряжений и повышения прочности сварных аппаратов должна проводиться их термическая обработка.

8.2 При проведении термической обработки необходимо руководствоваться требованиями нормативных документов: РТМ 26-44, РД 26-01-42 и РД 26-17-086.

8.3 Термообработка крупногабаритных изделий на месте монтажа и ремонта должна осуществляться с помощью специализированного оборудования для местной или внешней объемной термообработки нагревом изнутри аппарата конструкции ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратура» (приложение А.30-34) либо аналогичных термообрабатывающих установок зарубежных фирм ("KEMPI", "COOPENHEAT", "MANNINGS", "WELDOTHERM" и др.).

8.4 На рисунках 8, 9, 10, 11 представлены схемы установки нагревателей при местной термообработке сварных швов (термообработка кольцевых и продольных швов; сварных соединений «штуцер - корпус» и «штуцер – днище»). Схема стенда объемной термообработки представлена на рисунке 12.
1-стенка корпуса; 2-нагреватели; T1-T3-термопреобразователи
Рисунок 8 - Схема установки нагревателей при термообработке кольцевых и продольных сварных швов
1 - штуцер ( люк ); 2 - корпус аппарата; 3 - нагреватели; Т1-Т3-термопреобразователи

Рисунок 9 - Схема установки нагревателей при термообработке сварного шва приварки штуцера ( люка ) к корпусу аппарата
1-стенка корпуса; 2-нагреватели; 3-термообрабатываемый штуцер; 4-соседний штуцер; T1-T6-термопреобразователи.

Рисунок 10 - Схема установки нагревателей при совместной термообработке двух штуцеров
1 - верхнее днище; 2 - штуцер; 3 - нагреватели; T1 - T3 термопреобразователи

Рисунок 11 - Схема установки нагревателей при термообработке сварного шва при-варки штуцера к верхнему днищу
Рисунок 12 - Схема объемной термообработки корпуса аппарата

9. КОНТРОЛЬ

9.1 Неразрушающий контроль основного и сварочных материалов и сварных соединений корпусов сосудов и аппаратов производится методами, предусмотренными ГОСТ 3242, в соответствии с требованиями ПБ 10-115 и ОСТ 26 291.
9.2 Выбор методов неразрушающего контроля производится в зависимости от применяемых материалов, размеров и конструкций сварного соединения по ОСТ 26-2079 и РД 26-11-01 в процессе разработки рабочих чертежей и оформляется по форме, приведенной в приложении 3 РД 26-11-01.

9.3 К проведению контроля качества неразрушающими методами допускаются специалисты (ИТР и дефектоскописты), прошедшие обучение и аттестацию в соответствии с «Правилами аттестации специалистов неразрушающего контроля».

9.4 Лаборатории неразрушающего контроля должны быть сертифицированы на право проведения неразрушающего контроля сосудов и аппаратов в соответствии с требованиями положения Госстандарта" Аккредитация лабораторий неразрушающе- го контроля. Основные положения" или "Положения о порядке аттестации лабораторий неразрушающего контроля и диагностики" Госгортехнадзора России.

9.5 Радиационный контроль сварных соединений и основного металла сосудов и аппаратов проводится в соответствии с требованиями ГОСТ 7512 и ОСТ 26-11-03, а также для сосудов и аппаратов с толщиной стенки менее 40 мм по ГОСТ 27947 и ОСТ 26-11-10.

9.6 Ультразвуковой контроль качества сварных соединений производится в соответствии с требованиями ГОСТ 14782 и ОСТ 26-2044. Возможность и методика контроля сварных соединений из сталей аустенитного класса определяется по РД 26-01-128. Допускается проведение контроля в соответствии с требованиями РД 34.17.302 при наличии соответствующих требований в конструкторской документации.

9.7 Ультразвуковой контроль сплошности листового металла производится в соответствии с требованиями ПБ 10-115 и ГОСТ 22727.

9.8 Ультразвуковой контроль труб, применяемых для изготовления патрубков штуцеров производится при наличии соответствующих требований в ОСТ 26 291 и (или) в конструкторской документации по ГОСТ 17410 и РД 24.200.13.

9.9 Ультразвуковой контроль кованых фланцев и других поковок производится в соответствии с требованиями ОСТ 26 291, ГОСТ 24507 и ОСТ 26-11-09.
9.10 Цветной контроль качества сварных соединений и основного металла проводится при наличии соответствующих требований в конструкторской документации и, в случаях, предусмотренных РД 26-11 01, по ГОСТ 18442 и ОСТ 26-5.

9.11 Магнитопорошковый контроль качества сварных соединений и основного металла производится при наличии соответствующих требований в конструкторской документации по ГОСТ 21105 и ОСТ 26-01-84.


9.13 Контроль твердости основного материала и сварных соединений производится в соответствии с требованиями ПБ 10-115 и ОСТ 26 291 по ГОСТ 18661 и инструкциям по эксплуатации переносных приборов типа ПО 26ДИЦИ, ВПИ-2, ВП-3.


9.15 Механические испытания и металлографические исследования контрольных образцов производятся в соответствии с требованиями ПБ10-115 и ОСТ 26-291 по ГОСТ 6996 и РД 26-11-08 и по ГОСТ 5640 и РД 24.200.04, соответственно.

9.16 Гидроиспытание сосудов и аппаратов производится в соответствии с требованиями ПБ 10-115, а также, раздела 5.11. ОСТ 26 291 с соблюдением требований РД 24.200.11.

9.17 Визуальный и измерительный контроль производится в соответствии с требованиями РД 34.10.130.
Приложение A

(справочное)

ПЕРЕЧЕНЬ НЕСТАНДАРТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ И ОСНАСТКИ

А.1 Рольганг для подачи листов

Предназначен для подачи листов к гильотинным ножницам, листогибочным машинам и ориентации их по продольной кромке.

Состоит из сварной рамы 1, в верхней части которой установлены горизонтальные приводные ролики 2 и вертикальные холостые ролики 3. Вращение горизонтальных роликов осуществляется от электропривода 4. Ориентация листа производится подвижной балкой выравнивателя 5, перемещая лист по горизонтальным роликам до упора в вертикальные ролики с помощью цепных передач от электродвигателя 6.

Размеры транспортируемых листов, мм:
- длина: до 6000
- ширина: от 400 до 2500
- толщина: от 2 до 26

Габаритные размеры рольганга, мм: 6010x3280x930
Масса, кг: 4300

Чертеж № 2228
А. 2 Вальцы листогибочные четырехвалковые

Предназначены для подгибки кромок заготовок, гибки и калибровки цилиндрических и конических обечаек.

Состоят из рамы 1 с установленными на ней стойками правой и левой 4, главным приводом 8, верхнего валка 6, приводами 2 боковых валков 7 и гидроцилиндрами 3 поджима нижнего валка 5.

Размеры обечаек, мм:
диаметр........................................................................ не менее 250
длина........................................................................... не более 600

Толщина, мм
при подгибке кромок....................................................... 13
при гибке..................................................................... 27
при калибровке.............................................................. 20

Габаритные размеры вальцев, мм............................... 3390x1270x1040
Масса, кг ...................................................................... 4800

Чертеж № 21544
А. 3 Стенд для сборки и автоматической сварки продольных стыков обечаек

Состоит из корпуса 1, консоли 2 с упорами для установки обечаек, двух балок 3 с пневматическими клавишами 4 и сварочного автомата 5.

Позволяет производить сварку продольного стыка обечаек без прихваток.

Размеры свариваемых обечаек, мм:

- диаметр: от 150 до 600
- длина: от 100 до 1000
- толщина стенки: от 0,8 до 4,0

Габаритные размеры стенда, мм: 2330х94х1700

Масса, кг: 1000

Чертеж № 34299
А.4 Стенд для автоматической сварки продольных стыков обечаек

Предназначен для автоматической сварки в защитных газах продольных стыков обечаек односторонним швом на медной подкладке. Состоит из основания 1, колонны 2, корпуса 3, сварочного автомата 4, электропривода 5, верхней траверсы 6 с пневматическими клавишами 7 и нижней траверсы 8, на которую надевают собранную на прихватках обечайку, располагая стык посредине медной подкладки. В процессе сварки медная подкладка охлаждается водой.

Размеры свариваемых обечаек, мм:
диаметр..........................................................от 200 до 1500
длина..............................................................до 2400
толщина стенки..............................................от 2 до 5
Габаритные размеры стенда, мм ......................4260x700x3170
Масса, кг..........................................................2400

Чертеж № 34203
А. 5 Стенд для автоматической сварки продольных стыков обечаек

Предназначен для автоматической сварки под слоем флюса продольных стыков обечаек односторонним швом. Представляет собой сварную конструкцию портального типа, внутри которой размещена поворотная консоль 1 с флюсовой подушкой 2. Под действием пневмоцилиндров 3 консоль может подниматься, поджимая кромки свариваемого стыка к продольным планкам верхних балок 4, или опускаться для поворота и снятия обеяйки.

Размеры свариваемых обечаек, мм:
диаметр .......................................................... от 325 до 1000
длина .............................................................. от 100 до 2000
толщина стенки ................................................ от 8 до 26
Габаритные размеры стенда, мм: ...................... 3650х600х1850
Масса, кг .......................................................... 108

Чертеж № 3352
А.6 Установка для автоматической сварки внутренних и наружных продольных швов обечаек

Предназначена для автоматической сварки под слоем флюса продольных швов обечаек.
Состоит из сварочной головки 9, передающей камеры 10, консоли 6, каретки 8, колонны 7, кассеты 1, флюсоаппарата 2, бункера 4, механизма подачи флюса 3, стойки 5 и пульта управления 11.
Размеры обечаек, мм:
диаметр............................................................................................................от 400 до 1600
длина....................................................................................................................2500
толщина стенки ..................................................................................................от 4 до 40
Материал ................................................................................................................Углеродистая и легированные стали
Габаритные размеры, мм......................................................................................8520x1850x4400
Масса, кг ...............................................................................................................5130

Чертеж № У6150
А.7 Стенд для сварки внутренних и наружных продольных стыков обечаек

Стенд состоит из портала 1, несущего вертикально перемещающийся балкон; сварочного аппарата 2; роликового стенда 3; флюсовой подушки 4 и сварочного трактора 5. Внутренний шов сваривается трактором ТС-17М, наружный - аппаратом АБСК, расположенным на балконе.

Размеры свариваемых обечаек, мм:

диаметр..................................................от 1600 до 5000
длина .......................................................от 2500 до 6000
толщина стенки........................................от 16 до 40

Грузоподъемность балкона, кг..............................1000
Габаритные размеры стенда, мм........................12000х4824х10200

Чертеж № 32646
А.8 Стенд для электрошлаковой сварки продольных швов обечаек

Состоит из установки для ЭШС 1 со сварочным автоматом А-535, стола 2 для установки и крепления обечаек и подвесной газовой горелки 3 для предварительного подогрева зоны сварки.

Размеры свариваемых обечаек, мм:

- внутренний диаметр......................от 1600 до 5000
- длина.........................................................3500
- толщина стенки..........................от 30 до 160

Габаритные размеры стенда, мм:.............13000×5500×8500

Чертеж № 34310
А. 9 Установка для сборки корпусов

Предназначена для совмещения кромок стыкуемых обечаек с последующей их прихваткой электросваркой.

Состоит из скобы 3, размещённой на подвижной тележке 5, гидроцилиндров 4 и 2, упора 6 для сдвига обечайки в осевом направлении, гидроцилиндра 1 для совмещения кромок. Установка работает в комплекте с роликовыми опорами.

Размеры обечайки, мм:

диаметр .........................от 1200 до 3200 от 1400 до 5000
длина ......................................... до 2000 до 2500
толщина стенки ...................... от 6 до 26 от 6 до 70

Габаритные размеры скобы, мм .......5300х1150х1950 6620х1340х2390
Масса, кг ..............................................13500 19300

Чертеж № 33170 Чертеж № 32689
А.10 Стенд для сборки корпусов

Предназначен для горизонтальной сборки корпусов аппаратов из обечаек. Состоит из рамы 1 с размещенными на ней приводными и неприводными роликопорами 2 и 3, между которыми по рельсовому пути перемещается устройство 4 для совмещения кромок стыкуемых обечаек. Для удобства обслуживания вдоль стенда с одной стороны смонтирована площадка 5.

Размеры обечайки, мм:
диаметр..........................................................от 1600 до 5000
длина.................................................................2000
Максимальная длина собираемого корпуса, мм.........................12000
Габаритные размеры стенда, мм.....................................18600x4300x1920
Масса, кг.............................................................30700

Чертеж № 32608
Предназначена для автоматической сварки под слоем флюса внутренних кольцевых швов корпусов аппаратов. Консоль оборудована промышленной телевизионной установкой. Наблюдение за процессом сварки ведется по экрану видеоконтрольного устройства, встроенного в пульт управления.

Размеры изделия, мм:
диаметр..................400 и более
длина..........................до 6000
толщина стенки..................от 4 до 40

Габаритные размеры установки, мм..................11827х2700х4400

Чертеж № 33541
А.12 Портальная установка

Предназначена для автоматической сварки наружных продольных швов обечаек и кольцевых швов корпусов с помощью сварочной головки АБС.

Установка состоит из П-образной опорной конструкции 1, двух приводов 3, обеспечивающих перемещение установки по рельсовому пути и привода 4 для подъема и опускания балкона 2, который снабжен специальной подвеской для крепления сварочной головки АБС.

Размеры обечаек, мм:
диаметр .................................................................от 800 до 4000
длина ........................................................................до 2500
толщина стенки .....................................................от 16 до 40
Грузоподъемность балкона, кг ........................................... 500
Габаритные размеры установки, мм:.................................5844х5730х7850
Масса, кг ......................................................................16800

Чертеж №32598
А.13 Велотележка с балконом

Предназначена для сварки наружных кольцевых швов корпусов и вырезки отверстий под люки и штуцера в обечайках и корпусах. Состоит из приводной тележки 1 с направляющими для вертикального перемещения балкона 2. Балкон имеет люк под установку сварочного аппарата или устройства для вырезки отверстий.

Диаметр свариваемых обечаек, мм ......................от 800 до 5000
Грузоподъемность балкона, кг........................................500
Габариты велотележки, мм: ......................... 5170х4350х11230

Чертеж № 32814
А.14 Стенд для электрошлаковой сварки кольцевых швов корпусов с сопутствующей нормализацией

Предназначен для ЭШС кольцевых швов толстостенных корпусов с сопутствующей нормализацией индукционным методом с помощью нагревателей, работающих на токах промышленной частоты.

Состоит из установки для ЭШС 1, приводной и неприводной роликопор 2 и 3, упорного ролика 4 для предотвращения продольного перемещения корпуса в процессе сварки, установки зональной нормализации 5 для нагрева сварного шва.

Размеры свариваемых корпусов, мм:
диаметр..............................................................от 1600 до 5000
толщина стенки..............................................................от 40 до 75
Грузоподъемность роликовых опор, т..........................100
Габаритные размеры стенда, мм.................................25000x6530x4900
Масса, кг.................................................................31600.

Чертеж № 34283
А.15 Стенд для сборки и сварки корпусов аппаратов из обечаек

Предназначен для сборки без прихваток и автоматической двухсторонней сварки колеблющимся электродом корпусов аппаратов и трубных сборок в среде защитных газов и под слоем флюса.

Состоит из вращателя 1, сварочной головки 2, сварочной консоли 3, двух рольгангов 4, ручного привода 5 для перемещения консоли и привода 6 для перемещения стойки 7.

Размеры обечаек, мм:
- диаметр ..............................................................от 159 до 630
- длина ...............................................................от 700 до 2000

Длина корпусов, мм..............................................до 6000

Диаметр электродной проволоки, мм .......................от 1,2 до 2,0

Габаритные размеры стенда, мм:............................13680х160-х2540

Масса, кг ..............................................................4375

Чертеж № 34447
А.16 Консоль сварочная

Консоль сварочная предназначена для автоматической сварки внутренних кольцевых швов корпусов из обечаек под слоем флюса или в среде защитных газов колеблющимся электродом.

Состоит из корпуса горелки 1, консоли 2, механизма 3 подачи сварочной проволоки, редуктора 4, кассеты 5 для сварочной проволоки, бункера 6 для флюса, механизма 7 колебания электрода, механизма 8 для вертикального перемещения консоли, стойки 9.

Размеры обечаек корпусов, мм:
диаметр ..........................................................более 159
длина ..........................................................до 2000
Диаметр сварочной проволоки, мм ......................от 1,2 до 2,0
Габаритные размеры, мм: ........................................2825x380x1410
Масса, кг ..........................................................240

Чертеж № 34445
A.17 Консольная установка с ПТУ для сварки с подогревом

Предназначена для автоматической сварки внутренних и наружных кольцевых швов и наплавки цилиндрических и сферических поверхностей под слоем флюса в условиях подогрева до 350 °C. Сварочная головка 1 закреплена на консоли 2. На хвостовике консоли смонтированы приводы подачи электрода и флюса, бункер 3, флюсоотсос 4. Консоль устанавливается в каретке 5 и перемещается по вертикальной колонне 6, закрепленной на тележке 7. Все операции по сварке и корректировке положения электрода сварщик — оператор выполняет с пульта управления 10 с помощью промышленной телевизионной установки (ПТУ).

Внутренний диаметр изделия при сварке и наплавке, мм:……от 1000 до 5000
Диаметр изделия при сварке наружных швов, мм ………от 1000 до 2500
Длина, мм ………………………………………………………………5000
Наибольшая толщина стенки, мм………………………………………160
Диаметр электродной проволоки, мм ………………………………от 3 до 5
Размеры ленточного электрода. мм:
 толщина ………………………………………………………………от 0,2 до 2,0
 ширина ………………………………………………………………от 20 до 65
Габаритные размеры, мм……………………………………….9290х3100х5670
Масса, кг ………………………………………………………………9500

Чертеж № 34390
А.18 Консольная установка для наплавки

Предназначена для наплавки под флюсом ленточным электродом внутренних поверхностей цилиндрических поверхностей корпусов. Позволяет выполнять наплавку кольцевым валиком с визуальным контролем шага наплавки и автоматическим смещением на величину шага при непрерывной наплавке ленточным электродом шириной 65 мм, с предварительным или сопутствующим подогревом.

Наплавочная головка 1 имеет кассету для ленты 2 и бункер с флюсом 3. Привод вращения роликов головки осуществляется от мотор-редуктора, расположенного в хвостовике 4 консоли 5. Каретка 6 перемещается по вертикальной стойке 7 мотор-редуктором 8. Тележка 9 перемещается по рельсовому пути. Установка может быть оснащена сварочной головкой, позволяющей производить сварку внутренних и наружных кольцевых стыков корпуса.

Внутренний диаметр наплавляемых корпусов, мм ............... 800 и более
Перемещение консоли, мм:
  вертикальное ................................................................. 4500
  горизонтальное ............................................................... 5000
Поперечное перемещение наплавочной головки, мм ................ ± 50
Габаритные размеры установки, мм .............................. 7699х2510х6860
Масса, кг ................................................................. 5300

Чертеж № 33299
А.19 Установка для газовой подрезки и наплавки торцев обечаек

Состоит из планшайбы 1 с приводом; поворотных колонн 2 с навешанными на них консолями, несущими рабочий инструмент - наплавочную головку 3 и кронштейн газорезательного резака 4. Управление установкой осуществляется как с выносного пульта, так и с пультов, расположенных на колоннах и подъемной площадке 5.

Размеры обрабатываемых обечаек, мм:
диаметр ............................................................................от 1600 до 5000
длина ..................................................................................от 1000 до 3500
толщина стенки .................................................................от 30 до 250

Грузоподъемность планшайбы, т..................................................105
Наплавка электродной проволокой диаметром от 3 до 5 мм под слоем флюса
Габаритные размеры установки, мм ........................................9000х8200х6075
Масса, кг ............................................................................9500

Чертеж № 21270
А.20 Кантователь обечаек

Предназначен для переворачивания обечаек из горизонтального положения в вертикальное и наоборот.

Состоит из сварной Г-образной платформы 1, на опорную поверхность 2 которой или на призмы устанавливается обечайка 4, двух колец 5, привода 6 и роликопор 7,8. На платформе предусмотрено устройство для фиксации обечаек.

Грузоподъемность, т ................................................................. 50
Угол поворота, град ............................................................... 90

Размеры обечаек, мм:
диаметр ................................................................. от 1600 до 3200
длина ................................................................. от 1000 до 2500

Габаритные размеры кантователя, мм .................. 9900х2000х6080
Масса, кг ................................................................. 59000

Чертеж № 321061
А.21 Установка для зачистки кромок и торцев обечайек

Предназначена для зачистки иглофрезами кромок и торцев обечаек под сварку и ультразвуковую дефектоскопию (УЗД)

Состоит из приводной роликоопоры 3, кареток 1, на которых установлены иглофрезерные блоки 2,4. Блок 4 производит очистку кромок с внутренней и наружной поверхностей обечайки, блок 2 – очистку торца обечайки. Продукты очистки отсасываются пылеотсасывающими устройствами 5 типа ЗИЛ-900

Размеры обечаек, мм:  
Чертеж № 1703, Чертеж № 1704  
диаметр......................................................от 1000 до 3800 от 1600 до 5000  
dлина.......................................................от 800 до 2500  
толщина стенки.................................от 10 до 40 от 20 до 120  

Материал........................................... Конструкционная и легированная сталь  
Ширина зачищаемой полосы, мм..............от 50 до 100 от 100 до 200  
Габаритные размеры установки, мм ............8000х5000х1900 8200х6120х2150  
Масса, кг.................................................14800 21300
А.22 Установка для снятия усилий сварных швов в обечайках и корпусах аппаратов

Предназначена для снятия усилий продольных и кольцевых сварных швов в обечайках и корпусах аппаратов. Снятие усилий шва производится твердосплавной торцевой фрезой, которая копирует обрабатываемую поверхность опорным роликом.

Состоит из роликоопор 1 и 2, тележки 3 для перемещения опоры неприводной, фрезерного трактора 4. Снятие усилий шва производится твердосплавной фрезой 6, которая копирует обрабатываемую поверхность опорным роликом 5.

Размеры обечаек и корпусов, мм:

диаметр ..................................................от 1200 до 1400
длина ...........................................................от 600 до 9000

Материалы ...............Конструкционная, легированная и нержавеющая стали
Габаритные размеры установки, мм ..................................2400х2450х2100
Масса, кг ..........................................................11250

Чертеж № 1701
А.23 Установка для сборки и калибровки корпусов

Предназначена для сборки обечаек в корпус с одновременной их калибровкой и прихваткой, а также для калибровки корпусов теплообменных аппаратов.

Состоит из тележки 7, служащей для установки и перемещения обечаек относительно инструмента, стойки 1 с закрепленным на ней стеблем 5, несущим калибрующий инструмент 6 и приводимый в действие штангой 4 от гидроцилиндров 2.

Размеры калируемых обечаек, мм:

диаметр .......................................................... 400, 600, 800
длина ............................................................... от 4000 до 2000
толщина стенки .................................................. от 6 до 16

Длина собираемого и калируемого корпуса, мм ....................... до 6000
Габаритные размеры установки, мм ............................. 17550×1540×1550
Масса, кг ............................................................. 13890

Чертеж № 33623
А.24 Установка для вытяжки горловин

Предназначена для вытяжки горловин в цилиндрических обчайках.

Состоит из устройства индукционного нагрева 1 зоны вытяжки горловины, установки силовой 2, устройства для формирования горловин 3, тележек механизированных 4 и 5.

Размеры обчайек, мм:

диаметр..................................................................................от 400 до 800
толщина стенки.......................................................................от 8 до 16

Диаметр горловин, мм..........................................................от 108 до 426
Температура нагрева, °C......................................................от 950 до 1000
Габаритные размеры установки, мм.................................9000х3500х2750
Масса, кг...............................................................................59000

Чертеж № 321060
А.25 Стенд для сборки и сварки листов

Предназначен для сборки и сварки листов до длины развернутой окружности обечаек.

Состоит из самоходного портала 1, кантователя вилочного типа 2, и стола 3. На портале установлены два ряда гидроцилиндров 4 для прижима кромок листов и сварочная головка 5. Стол представляет собой рольганг, состоящий из отдельных секций, между которыми расположены подвижные тележки 6 кантователя и две станины 7, в которых размещены флюсовые подушки. Стенд отличается компактностью за счет размещения кантователя в рабочей зоне стола.

Габаритные размеры собираемого листа, мм:

dлина .................................................................11000

ширина ...............................................................2500

Габаритные размеры стенда, мм .........................18500х5750х3100

Чертеж № 33202
А.26 Флюсовая подушка для сварки продольных швов

Предназначена для предотвращения протекания расплавленного металла и формирования обратной стороны шва при электродуговой автоматической сварке.

Представляет собой лоток, установленный на рычагах, образующих параллелограмм, что позволяет перемещать лоток параллельно образующей обечайки, обеспечивая равномерное распределение флюса вдоль стыка.

Вертикальный ход подушки, мм ..............................................420
Длина лотка, мм.................................................................2500
Объем лотка, м³.................................................................0,027
Привод объема лотка – пневматический
Габариты, мм .................................................................3300х350 х1220
Масса, кг .................................................................280

Чертеж № У615
А.27 Флюсовая подушка для сварки кольцевых швов

Предназначена для формирования обратной стороны шва при электродуговой автоматической сварке.

Флюсовая подушка смонтирована на тележке 1, перемещаемой цепной передачей 2. Представляет собой тарелку 3, смонтированную на штоке пневмоцилиндра 4, снабженного винтовой системой 5, которая устанавливает исходную высоту тарелки.

Диаметр тарелки, мм .......................................................... 420
Угол наклона тарелки, град.................................................. 3
Максимальный ход тарелки, мм ...................................... 10
Габариты, мм ................................................................. 900х540х930
Масса, кг .......................................................................... 30

Чертеж № У616
А.28 Наплавочная головка

Предназначена для наплавки под флюсом ленточным электродом внутренних поверхностей корпусов и днищ. Головка не имеет собственного привода подачи ленты, крепится к наплавочной установке и может применяться при наплавке с предварительным или сопутствующим подогревом. Флюс из бункера подается по обе стороны ленты.

На головке размещена кассета 1, бункер для флюса 2, токоподводящие пластины 3, которые направляют ленту. Электромагнит управления заслонками 4 бункера вынесен из зоны сварки на консоль наплавочной установки.

Наименьший внутренний диаметр изделия, мм ........................................800

Скорость подачи ленточного электрода, м/час .......................от 26 до 213

Толщина ленточного электрода, мм ........................................ от 0,2 до 1

Ширина ленточного электрода, мм ........................................ 40 и 65

Вес ленточного электрода в кассете, кг ..................................21 и 33

Объем бункера для флюса, л ................................................. 30

Сварочный ток, а ............................................................... до 1000

Вес головки, кг .................................................................. 51,5

Чертеж № 33296
А.29 Стенд для сборки и сварки листов с подогревом ТПЧ и кантования листов при двусторонней сварке стыка.

Предназначен для сборки и автоматической сварки встык листов с подогревом ТПЧ и кантования листов при двусторонней сварке стыка. Состоит из стола 1, балки поворотной 2, флюсовой подушки 4, кантователя 3. По направляющим балки перемещается со сварочной скоростью каретка 5 с универсальным сварочным аппаратом 6 и прижимными роликами 7. Подогрев стыка листов перед сваркой производится индукторами, размещенными на подвеске 10. Продольное перемещение листов производится шлеперными устройствами 8.

Размеры собираемых листов, мм:

- длина .................................................. 16000
- ширина .................................................. 3200
- толщина ................................................. до 40

Температура нагрева стыка, °C .......................... 350

Габаритные размеры стенда, мм ....................... 1860х7500х6950

Чертеж № 33286
А.30 Газовая установка для местного нагрева

Предназначена для подогрева перед сваркой и последующей термообработки зоны приварки штуцеров, люков, лазов к корпусу аппарата.

Установка включает в себя три нагревателя, обеспечивающие нагрев металла привариваемых узлов и корпуса с двух сторон по толщине аппарата. В зависимости от вида нагрева (подогрев перед сваркой, термообработка), размеров привариваемых изделий и толщины металла нагреватели могут работать одновременно все на одном шве или по отдельности каждый. При сборке установки на штуцере верхний кольцевой нагреватель 2 своими стойками 3 опирается на корпус 1, внутренний 4 подвешен и опирается через стержни 6 на штуцер, нижний 5 устанавливается изнутри.

Температура нагрева, °С:

при подогреве перед сваркой .......................от 100 до 400
при термообработке .................................от 500 до 730

Вес комплекта установки при различных диаметрах, кг:

<table>
<thead>
<tr>
<th>Ду, мм</th>
<th>Вес, кг</th>
<th>Чертеж №</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>≤ 100</td>
<td>142,0</td>
<td>3897</td>
</tr>
<tr>
<td>≤ 300</td>
<td>352,3</td>
<td>3898</td>
</tr>
<tr>
<td>≤ 500</td>
<td>435,0</td>
<td>3891</td>
</tr>
<tr>
<td>≤ 600</td>
<td>480,5</td>
<td>3895</td>
</tr>
<tr>
<td>≤ 800</td>
<td>663,4</td>
<td>3896</td>
</tr>
</tbody>
</table>
А.31 Газовая установка для нагрева аппаратов изнутри

Предназначена для сушки аппаратов после гидроиспытаний, антикоррозионного покрытия и для термической обработки, как в цеховых условиях, так и на монтажной площадке.

Установка состоит из теплогенератора 1, пульта управления 2, вентилятора 3 и передвижной платформы 4.

Температура выходящих газов, град. ..................................................от 300 до 800
Габаритные размеры, мм ..................................................4500 x 1200 x 1160
Масса, кг ..........................................................400

Чертеж № 38241, 38242
А.32 Установка для местного нагрева сварных стыков

Предназначена для местной термообработки (зональной нормализации) швов корпусных фланцев из углеродистых и низколегированных сталей, выполненных электрошлаковой сваркой.

Состоит из боковых опор 1, стола 2 с роликопорами 3, индукционного нагревателя 4, комплекта электрооборудования с батареей конденсаторов 5, трансформаторного блока 6, машинного преобразователя частоты 7, шкафа управления 8, пульта управления 9. Для охлаждения предусмотрена система оборотного водоснабжения 10.

Диаметр нагреваемых фланцев, мм ..............................................от 800 до 2400
Температура нагрева, град..........................................................от 900 до 950
Мощность, квт ..............................................................................142

Чертеж № 38614
А.33 Установка для местного нагрева горловин

Предназначена для нагрева зоны вытяжки горловин в обечайках перед отборовкой.

Состоит из комплекта сменных индукторов 1, устройства для перемещения индукторов 2, пульта управления 3, шкафа управления 4, трансформаторного блока 5 и машинного преобразователя частоты.

Диаметр нагреваемых горловин, мм ........................................... от 159 до 450
Температура нагрева, град ......................................................... от 1000 до 1100
Мощность, кВт ................................................................. 138
Масса, кг ................................................................. 3500

Чертеж № 38457
А.34 Оборудование для внешней термообработки аппаратов

Предназначен для высокого отпуска газопламенным нагревом изнутри цилиндрических аппаратов из низколегированной стали после выполнения сварочных работ.

Состоит из трех теплогенераторов 12, теплоизоляции изделия 1, трех вентиляторов 9, газопровода со шкафом управления 3, газорегуляторной установки 4, трубопроводов 8 и 10, запорной и регулирующей арматуры 2 и 5, контрольно-измерительной 6 и пусковой 7 аппаратуры, преобразователя потока 11.

Размеры нагреваемых аппаратов, мм:
диаметр..............................................................до 5500
длина..............................................................до 27000
толщина стенки..................................................до 56

Температура нагрева, град...................... от 550 до 625
Расход газа, м³/час..............................................280
Мощность, кВт .................................................135
Масса, кг ..........................................................5000

Чертеж № 38425
А.35 Установка для калибровки концов труб УКТ-300, УКТ-600

Предназначена для калибровки концов труб и деталей трубопроводов методом обжима наружной поверхности с последующей раздачей (калибровкой) по внутреннему диаметру.

Состоит из корпуса 4, в пазах которого радиально перемещаются кулачки 1 с сменными вставками, конусного двенадцатигранного штока 3, гидравлического цилиндра 7, траверсы 6, конусных башмаков 2 и обоймы 5.

<table>
<thead>
<tr>
<th>УКТ300</th>
<th>УКТ600</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Размеры труб, мм</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>диаметр</td>
<td>от 50 до 300</td>
</tr>
<tr>
<td>толщина стенки</td>
<td>до 25</td>
</tr>
<tr>
<td>Давление в гидросистеме, Мпа</td>
<td>32</td>
</tr>
<tr>
<td>Габаритные размеры, мм</td>
<td>1600 x 1800 x 1400</td>
</tr>
<tr>
<td>Масса, кг</td>
<td>3500</td>
</tr>
<tr>
<td>Чертеж № 2704</td>
<td>Чертеж № 2659</td>
</tr>
</tbody>
</table>
А.36 Станок для зачистки листовых заготовок

Предназначен для зачистки листовых заготовок от окалины и ржавчины иглофрезой.

Состоит из основания 1, стола 6 с закрепленной на нем заготовкой, направляющих 5, привода 7, реечной передачи 8. Иглофрезерная головка 3, установленная на раме 4, перемещается по направляющим 2 на ширину иглофрезы после каждого прохода стола.

Размеры заготовок, мм:
длина ................................................................. от 1200 до 2000
ширина ................................................................. от 300 до 700
tолщина ............................................................... от 16 до 120

Размеры иглофрезы, мм:
диаметр ................................................................. 300
ширина рабочей части ............................................. 100
скорость резания, м/с ............................................ 2,2

Мощность, кВт ....................................................... 4,7
Габаритные размеры, мм ....................................... 4900 x 2020 x 2300
Масса, кг .............................................................. 5200

Чертеж № 32935
А.37 Установка для иглофрезерной зачистки околошовной зоны

Предназначена для иглофрезерной очистки околошовной зоны под УЗД.
Состоит из тележки 2, перемещающейся по рельсовому пути 1 вдоль обрабатываемого изделия 4, иглофрезерной головки 5 маятникового типа, пылеотсасывающего устройства 6 типа ЗИЛ-900 и пульта управления.

Размеры корпусов, мм:
диаметр..................................................от 1200 до 2400
длина ..................................................от 4000 до 27000

Материал .................. Конструкционная и легированные стали
Чистота обработанной поверхности , мкм ...................... до 6,3

Размеры иглофрезы, мм:
диаметр.................................................. 300
ширина рабочей части .................................. 100

Скорость перемещения тележки, м/мин .......................... 15
Скорость вращения обечайки, м/мин .......................... от 1 до 2
Усилие прижима иглофрезы, кН ............................... 9
Мощность, кВт ........................................... 15,5
Габаритные размеры, мм .................................. 3200х2400х2400
Масса,кг .................................................. 3890

Чертеж 1231
А.38 Установка для зачистки кромок обечаек

Предназначена для зачистки кромок обечаек 9 под сварку и УЗД.
Состоит из приводных роликоопор 8 и 10, платформы 3 и тележки 1, на которых установлены иглофрезерные блоки 5, перемещающиеся вертикально по колонне 6 и горизонтально по направляющим 4. Очистка обечаек производится иглофрезами 7. Продукты очистки отсасываются пылеотсасывающими устройствами ЗИЛ-900.

Размеры обечаек, мм:
диаметр .................................................................от 400 до 1400
ширина .................................................................от 600 до 2500
tолщина стенки ..............................................................от 6 до 30
Ширина зачищаемой полосы, мм........................................от 50 до 100
Материал .............................................конструкционная и легированнные стали
Линейная скорость вращения обечайки, мм/мин .......................0,9; 1; 2; 1,5
Грузоподъемность роликоопор, т...........................................2
Размеры иглофрезы, мм:
диаметр.................................................................200
ширина рабочей части......................................................50
Количество.................................................................4
Мощность, кВт...............................................................28,3
Габаритные размеры, мм..................................................7500х2500х2100
Масса, кг ..................................................................18000

Чертеж № 1702
Предназначен для сборки и сварки карт из листов-заготовок толщиной 4,5 мм.

Состоит из приемного стола 1, приемного рольганга 2, промежуточного стола 3, промежуточного 4 и конечного 5 рольгангов, электроприводов рольгангов 6 и 9, портала 7, газорезательного аппарата 8, сварочного аппарата 10 и электропривода 11 продольных толкателей.

Размеры карт, мм:

длина .............................................................. от 6100 до 12000
ширлина ............................................................ 6500, 7000
Мощность, квт ......................................................... 4,5
Габаритные размеры, мм ..................................19650x10520x1800

Чертеж № 34530
А.40 Устройство поддерживающее

Предназначено для придания технологической жесткости обечайкам с относительным радиусом \( R > 100 \) толщин в процессе их вальцовки, сборки, сварки и транспортировки.

Стенд состоит из стоек 1, кареток 2, балок 3, гидропривода 4 и электропривода 5. Заготовка укладывается на рольганг 9 к листогибочной машине и в процессе вальцовки поддерживается последовательно прикрепляемым к ней комплектом формирующих устройств 6, 7, 8 и 10.

Размеры обечайки, мм:
- диаметр ..............................................................от 4000 до 8000
- толщина стенки.......................................................от 8 до 36
Мощность, кВт.................................................................10
Габаритные размеры, мм..........................9130 x 11540 x 10345

Чертеж № 32806
А.41 Стенд для сварки продольных и кольцевых стыков обечаек

Предназначена для автоматической сварки с подогревом продольных и кольцевых швов обечаек и корпусов диаметром от 300 до 1000 мм.

Состоит из сварочной консоли 1, роликоопор для сварки продольных 3 и кольцевых 5 швов, флюсовой подушки 2 и флюстоподающего устройства 4.

Размеры обечаек и корпусов, мм:
- длина ..........................................................от 80 до 2000
- толщина ............................................................... от 6 до 16
- Габаритные размеры, мм.............................14000x4500x3500
- Масса, кг .............................................................. 6950

Чертеж № 34529
А.42 Стенд для сварки в узкий зазор

Предназначен для сварки кольцевых и продольных стыков толстостенной аппаратуры в узкий зазор в среде защитных газов.

Состоит из манипулятора 1 для вращения обечаек со сварочной скоростью, сварочной приставки 2, стола 3 для установки плоских заготовок, портала 4 для установки и перемещения сварочной приставки, роликовых опор 5 для установки и вращения обечаек, рамы 6 и стойки 7 для баллонов с защитным газом.

Размеры обечаек, мм:
длина ......................................................от 800 до 1200
диаметр ......................................................от 800 до 1200
толщина стенки ..............................................от 36 до 80

Размеры плоских образцов, мм:
ширина ......................................................от 300 до 500
длина ......................................................от 500 до 1000
толщина ......................................................36-100

Габаритные размеры, мм ..................................4130х3340х3230
Масса, кг ......................................................4760

Чертеж № 34453
А.43 Установка для автоматической сварки

Предназначена для автоматической сварки под флюсом без подогрева внутренних и наружных кольцевых стыков корпусов и секций корпуса. Установка снабжена системой промышленного телевидения.

Состоит из сварочной головки 1, передающей телевизионной камеры 2, консоли 3 с кареткой 4, колонны 5, кассеты 6, флюсоотсоса 7, бункера 8, механизма подачи флюса 9, стойки 10, пульта управления 11.

Длина корпуса, мм .............................................. до 6000
Наименьший внутренний диаметр корпуса
при сварке внутренних стыков, мм .............................................. 400
Наибольший внутренний диаметр корпус
при сварке наружных стыков, мм .............................................. 1400
Толщина корпуса, мм .............................................. 4-40
Габаритные размеры, мм .............................................. 11760x2700x4400
Масса, кг ................................................................. 4650

Чертеж № 33401
А.44 Установка для вырезки отверстий в корпусах аппаратов

Предназначена для автоматической газовой вырезки отверстий под штуцера, люки, лазы в обечаиках и корпусах аппаратов.

Состоит из шпиндельной головки 1, штанги 2, приводов вращения 3 и вертикального перемещения 4, пульта управления 5, опоры 6. Расстояние между газовым резаком 7 и поверхностью изделия поддерживается автоматически емкостным датчиком 8. Для ориентации механизма относительно размеченного центра отверстия служит центроискатель 9.

Диаметр вырезаемого отверстия, мм .................. от 60 до 600
Толщина стенки, мм ............................................. до 100
Мощность, кВТ .................................................. 0,18
Габаритные размеры, мм ..................................... 1900х550х970
Масса, кг .......................................................... 53

Чертеж № 33588
А.45 Приспособление для установки штуцеров на корпус аппарата

Предназначено для закрепления, транспортировки и установки в необходимое положение радиальных штуцеров на корпуса цилиндрических аппаратов.

Состоит из направляющей 1, зажимных призм 2, перемещаемых винтом 3, опор с линейками 4, обеспечивающими необходимый вылет штуцера. Жестко связанные между собой опоры 6 перемещаются винтом 7. Кольцо 8 служит для транспортировки приспособления.

Типоразмер штуцеров ...........................................\(Du=100-250\) 200-500
Минимальный диаметр корпуса, мм ................. 300 700
Масса, кг ............................................................16 57

Чертеж №. 32523а 32671
А.46 Приспособление для расточки фасок в отверстиях под штуцера в цилиндрических корпусах толстостенных аппаратов

Устанавливается на планшайбу горизонтально-расточного станка.
Максимальная толщина стенки корпуса, мм ........................................100
Диаметр отверстий, мм ..................................................................от 400 до 800
Ход ползуна, мм .............................................................................50
Вес, кг .........................................................................................170

Чертеж № 39101
А.47 Устройство для выравнивания кромок обечаек под ЭШС

Предназначено для устранения смещения кромок по торцу при сборке продольных стыков обечаек под электрошлаковую сварку.

Состоит из струбцины 1, рычага 2, двух серег 5, вкладыша 3 и клина 4.

Вкладыш вводится в зазор, образованный кромками обечайки и серьгами, замыкается рычагом. Клином создают предварительный натяг, а вращением винта производят выравнивание торцев обечайки.

Развиваемое усилие, кН ........................................200
Величина смещения торцов, мм ....................................30
Усилие на рукоятке длиной 1000 мм, Н .............................100
Габаритные размеры, мм ..............................................605х230х260
Масса, кг: струбцины ..................................................7,1
рычага.................................................................17

Чертеж № 321105
А.48 Устройство для выравнивания кромок под ЭШС (Р=250 кН)

Предназначено для обеспечения требуемого смещения кромок продольного стыка по всей длине обечайки под электрошлаковую сварку.

Состоит из корпуса 1, съемного стяжного сапожка 2, винтов силового 3 и поджимного 4, щитка 5.

Усилие на нажимном винте, кН .................................................. 250
Толщина собираемых обечаек, мм ........................................ от 70 до 120
Габаритные размеры, мм ..................................................... 340×220×550

( без сапожка)

Масса, кг: корпуса .............................................................. 20
сапожка ............................................................................. 8,9

Чертеж № 321077
Устройство для выравнивания кромок под ЭШС (Р=120 кН)

Предназначено для обеспечения требуемого смещения кромок продольного стыка по всей длине обечайки под ЭШС.

Состоит из корпуса 2. съемного сапожка 1. В корпусе смонтирован привод выдвижного винта 3. При вращении привода с помощью рукоятки 4 винт, выдвигаясь, выбирает зазор между сапожком и кромкой обечайки. Дальнейшее перемещение винта создает давление на кромки и производит их совмещение.

Толщина собираемых обечаек, мм .............................. от 30 до 70
Усилие на нажимном винте, кН .................................. 120
Габаритные размеры, мм ......................................... 635х270х450
Масса, кг: устройства (без сапожка) .......................... 31
сапожка ..................................................................... 6,7

Чертеж № 321076
A.50 Стенд для ЭШС продольных швов обечаек

Состоит из установки для электрощелаковой сварки 1 со сварочным автоматом А-535, стола 2 для установки и креплении обечаек, подвесной газовой горелки 3 для предварительного нагрева зоны сварки.

Размеры обечаек, мм:
- диаметр ........................................1000 - 3400
- длина .............................................800 - 2500
- толщина стенки .................................30 - 120

Габаритные размеры, мм .........................10000x6600x7300

Чертеж № 34430
A.51 Стенды роликовые с антидрейфом

Предназначены для вращения цилиндрических изделий со скоростью автоматической и электрошлаковой сварки.

Состоит из ряда самостоятельных узлов: приводного 1, подъемного 2 и компенсатора дрейфа 3, исключающего продольное перемещение изделий при их вращении.

<table>
<thead>
<tr>
<th>Диаметры изделий, мм</th>
<th>от 1600 до 8000</th>
<th>от 1200 до 5000</th>
<th>от 800 до 4000</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Грузоподъемность стенда, т</td>
<td>630</td>
<td>200</td>
<td>126</td>
</tr>
<tr>
<td>Габаритные размеры, мм: длина</td>
<td>определяется габаритом изделия</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>ширина</td>
<td>8000</td>
<td>5510</td>
<td>4700</td>
</tr>
<tr>
<td>высота</td>
<td>3410</td>
<td>1770</td>
<td>1530</td>
</tr>
<tr>
<td>Масса, кг</td>
<td>76000</td>
<td>17300</td>
<td>13200</td>
</tr>
</tbody>
</table>

Чертеж № 321085  № 321099  № 321074
А.52 Комплекс специального лазерного оборудования и оснастки для установки штуцеров

Позволяет обеспечить требуемое положение штуцера как от условной оси, так и от наружной поверхности аппарата.

В комплект оборудования входят: лазерный визир, центратоны диаметром 1676 мм и 2286 мм, мишень, приспособления для установки штуцеров с диапазонами диаметров фланцев 140 - 190 мм и 150 - 450 мм, приспособления для контроля положения штуцеров с диаметрами фланцев 156, 165, 318, 381 и 444 мм, специальная линейка для выверки и контроля положения штуцеров от условной оси корпуса и стенда линейных измерений.

Чертеж № 33675, 33676

А.53 Лазерная технологическая установка ЛТС-1

Предназначена для выполнения разметочных и сборочных работ, контроля геометрических параметров при изготовлении крупногабаритных сосудов и др. сварных конструкций. Позволяет производить измерения линейных размеров, отклонений формы цилиндрических и плоских поверхностей, расположения деталей и сварных частей изделия. В ЛТС входят: стенд линейных измерений, состоящий из лазерного визира 1, с мишенью 2, оптико-механические устройства для поворота луча 3, 7, компарированная рулетка 4 со стойками и механизмами
натяжения 6; комплекс координатно-установочной оснастки, который в процессе эксплуатации компануется в координатные системы.

Чертежи № 391176, 391296, 321288, 391197, 21700

Держателем подлинников документации на средства технологического оснащения, представленной в приложении А, является ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры», 400005, г. Волгоград, Проспект Ленина, 90 б
ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(рекомендуемое)

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО БАНДАЖНОГО КОЛЬЦА

При установке нежестких крупногабаритных цилиндрических корпусов (секций) на роликовый стенд под действием собственного веса в зоне контакта с роликами возникают радиальные перемещения и изгибающие моменты. При вращении корпуса на роликоопорах в месте контакта с ними возникают пластические деформации, ухудшающие прочностные свойства корпуса в целом. Для исключения этого явления, а также придания точности формы корпусу устанавливают технологические бандажные кольца соответствующего сечения (рисунок Б.2).

Для принятия решения об установке на корпус технологических колец по графику (рисунку Б.3.) находитися допускаемая нагрузка на одну роликоопору с углом охвата 2a без установки на корпус бандажных колец. Если заданная нагрузка больше допустимой, то необходимо установить бандажные кольца с двумя кольцами толщиной h. Момент сечения колец определяется по формуле:

\[
W = \frac{1}{\gamma_c} \left[ \frac{b_1 h_1^3}{12} + b_1 h \left( Y_c - \frac{h_1}{2} \right)^2 \right] + \frac{h}{12} \left( H - h_1 - h_2 \right)^3 + h \left( H - h_1 - h_2 \right).
\]

\[
\left( Y_c - \frac{H - h_1 - h_2 - h_1}{2} \right)^2 + \frac{b_1 h_2^3}{12} + b_2 h \left( Y_c - \frac{h_2}{2} \right)^2 \right] \right) (Б.1)
\]

где,
\[
Y_c = \frac{b_1 h \frac{h_1}{2} + nh \left( H - h_1 - h_2 \right) \left( \frac{H - h_1 - h_2 + h_1}{2} \right) + b_2 h_2 \left( H - \frac{h_1}{2} \right)}{b_1 h + nh \left( H - h_1 - h_2 \right) + b_2 h_2} (Б.2)
\]

По уравнению
\[
W = QR \frac{Q_{BR}}{\sigma} \cdot K
\]

где, \( k \)- коэффициент для данных роликоопор, берется по графику (рисунок Б.4);
[σ] - допустимое значение предела прочности материала.

Задаваясь размерами поперечного сечения кольца, определяется по формуле (Б.2) значение \( Y_c \), а затем, по формуле (Б.1) значение \( W \). Если \( W > W_0 \), то подобранные сечение кольца обеспечивает условие его изгибной прочности.

Пример определения размеров сечения бандажного кольца.

Дано: диаметр корпуса аппарата \( D = 10000 \text{ мм} \), вес аппарата \( Q = 500000 \text{ кгс} \), толщина стенки 16 мм. Аппарат устанавливается на две самоустанавливающиеся роликоопоры, т.е. нагрузка на одну роликоопору 250000 кгс. Материал бандажного кольца сталь Ст.3 с допустимым напряжением [σ]=3100 кгс/см\(^2\). Углы охвата роликоопор \( \mu_0 = 30^\circ \) и \( \mu_1 = 8^\circ \).

По графику (рисунок Б.4) отыскиваем для заданных углов значение коэффициента \( K = 0,062 \) и \( K = 0,05 \); выбираем большее значение. Тогда, момент сопротивления сечения бандажного кольца определяем по формуле:

\[
W = \frac{QRK}{[\sigma]} = \frac{250 \cdot 10^3 (500 + 15) \cdot 0,062}{2100} = 3802 \text{ см}^3
\]

Задаваясь размерами сечения (см. рис.Б.2.) \( b_1 = 450 \text{ мм} \), \( b_2 = 550 \text{ мм} \), \( H = 305 \text{ мм} \), \( h_1 = 30 \text{ мм} \), \( h_2 = 20 \text{ мм} \), вычислим \( W \) для принятого сечения. Для этого определим координату центра тяжести сечения бандажного кольца по формуле (Б.2).

\[
Y_c = \frac{45 \cdot 3 \cdot 1,5 + 3 \cdot 2 \cdot 24,5 \cdot 15,25 + 55 \cdot 3 \cdot 29}{45 \cdot 3 + 3 \cdot 2 \cdot 24,5 + 55 \cdot 3} = 1617 \frac{\text{см}}{}\]

Момент сопротивления поперечного сечения определим по формуле (Б.1)

\[
W = \frac{1}{1617} \left[ \frac{45 \cdot 3^3}{12} + 45 \cdot 3 (16,17 - 1,5)^2 + 3 \left( \frac{2 \cdot 24,5^3}{12} \right) + 2 \cdot 24,5 (16,17 - 15,25)^2 + \frac{55 \cdot 3^3}{12} + 55 \cdot 3 (29 - 16,17)^2 \right] = 3953 \text{ см}^3
\]

Так как, \( W > W_0 \), то выбранное сечение бандажного сечения кольца обеспечивает условие изгибной прочности.

Подбор сечения технологического бандажного кольца осуществлен правильно, если выполняется условие \( I < I_{ dop} \), где \( I \) — вертикальное перемещение (осадка) корпуса (секции) при установке на самоустанавливающуюся роликоопору.

В случае сборки корпуса из секций, по концам которых установлены бандаж-
ные кольца, это условие можно записать: \( I_{don} \leq \frac{1}{3} \delta_{cm} \),

где \( \delta_{cm} \) — допуск на смещение кромок в кольцевом стыке корпуса.

Расчетная схема показана на рисунке Б.1

Величину радиального перемещения можно определить по формуле Б.3,

где, \( Q_o = \) нагрузка, приходящаяся на один блок роликоопор;

\[
I = 8,28 \cdot 10^{-7} \frac{Q_o}{b_1} \left( \frac{R_{SK}}{H} \right)^3 \frac{K_3}{\cos \mu_0 \cdot \cos \mu} \text{ (см)}
\]  (Б.3)

К = коэффициент (рисунок Б.4), зависящий от геометрических параметров роликоопоры, определяется на участке контура кольца \( \beta_1 \leq \varphi \leq \beta_2 \) и равен:

\[
K = \frac{1}{4\pi} \left[ 1 - \frac{(\pi - \beta_1) \cdot \sin \beta_1 + (\pi - \beta_2) \cdot \sin \beta_2 - \cos \beta_1 - \cos \beta_2 - 2}{\cos \mu_0 \cdot \cos \mu} \right] + \frac{1}{4\pi} x
\]

\[
x = \left. \left[ \frac{(\pi - \beta_1) \cdot \sin \beta_1 + (\pi - \beta_2) \cdot \sin \beta_2 - 1}{\cos \mu_0 \cdot \cos \mu} \right] \right|_{1 - \cos \varphi} - \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{\varphi \cdot \sin \varphi + \cos \varphi - 1}{4 \cos \mu_0 \cdot \cos \mu} \right]
\]  (Б.4)

Изогнутость образующей от собственного веса корпуса (секции), установленного на два бандажные кольца зависит от диаметра и не зависит от толщины стенки. Рекомендуемые расстояния между кольцами и величина изогнутости приведены в таблице Б.1.

Для упрощения практического применения методики подбора геометрических параметров бандажного кольца определены допустимые моменты сопротивления кольца (таблица Б.2) в зависимости от весовой нагрузки на одну опору и геометрических параметров балансирующих роликоопор и корпуса секции аппарата.

Рисунок Б.1 - Расчетная схема
### Таблица Б.1 - Изогнутость образующей корпуса

<table>
<thead>
<tr>
<th>Изогнутость</th>
<th>Расстояние между кольцами, м</th>
<th>Диаметр корпуса (секции), Д в</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td>Св.4000 до 7000</td>
</tr>
<tr>
<td>$f$</td>
<td>$Lc = 40$</td>
<td>$\leq 5$</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>$Lc = 20$</td>
<td>$\leq 3$</td>
</tr>
</tbody>
</table>

В таблице Б.3 указаны геометрические параметры бандажного кольца для требуемого момента сопротивления.

### Таблица Б.2 - Допустимые моменты сопротивления кольца в зависимости от весовой нагрузки на одну опору и диаметра корпуса аппарата

<table>
<thead>
<tr>
<th>Нагрузка на один блок р/опор Q, тн</th>
<th>Диаметр корпусов, мм</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td></td>
<td>4000</td>
</tr>
<tr>
<td>50</td>
<td>317,38</td>
</tr>
<tr>
<td>100</td>
<td>634,8</td>
</tr>
<tr>
<td>150</td>
<td>952,1</td>
</tr>
<tr>
<td>200</td>
<td>1269,5</td>
</tr>
<tr>
<td>250</td>
<td>1586,9</td>
</tr>
<tr>
<td>300</td>
<td>1904,3</td>
</tr>
<tr>
<td>350</td>
<td>2221,7</td>
</tr>
<tr>
<td>400</td>
<td>2539,0</td>
</tr>
<tr>
<td>450</td>
<td>2856,4</td>
</tr>
<tr>
<td>550</td>
<td>3174,0</td>
</tr>
</tbody>
</table>

Wo - Допустимый момент сопротивления бандажного кольца, см²
Таблица Б.3 - Геометрические параметры технологического бандажного кольца

<table>
<thead>
<tr>
<th>$W_1$, см</th>
<th>значения геометрических элементов кольца, мм</th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
<th></th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td></td>
<td>Hb</td>
<td>b1</td>
<td>B2</td>
<td>h</td>
<td>h1</td>
<td>h2</td>
<td>n</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>1</td>
<td>2</td>
<td>3</td>
<td>4</td>
<td>5</td>
<td>6</td>
<td>7</td>
<td>8</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>До 300</td>
<td>150</td>
<td>300</td>
<td>350</td>
<td>6</td>
<td>6</td>
<td>6</td>
<td>1</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>500</td>
<td>150</td>
<td>300</td>
<td>350</td>
<td>6</td>
<td>10</td>
<td>10</td>
<td>1</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>600</td>
<td>305</td>
<td>300</td>
<td>350</td>
<td>6</td>
<td>6</td>
<td>6</td>
<td>1</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>700</td>
<td>305</td>
<td>300</td>
<td>350</td>
<td>6</td>
<td>6</td>
<td>6</td>
<td>2</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>1000</td>
<td>305</td>
<td>300</td>
<td>350</td>
<td>6</td>
<td>10</td>
<td>10</td>
<td>1</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>1500</td>
<td>305</td>
<td>450</td>
<td>550</td>
<td>10</td>
<td>10</td>
<td>10</td>
<td>1</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>2000</td>
<td>305</td>
<td>450</td>
<td>550</td>
<td>30</td>
<td>10</td>
<td>10</td>
<td>2</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>2500</td>
<td>305</td>
<td>450</td>
<td>550</td>
<td>40</td>
<td>10</td>
<td>10</td>
<td>2</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>3000</td>
<td>305</td>
<td>450</td>
<td>550</td>
<td>10</td>
<td>20</td>
<td>20</td>
<td>2</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>3500</td>
<td>305</td>
<td>450</td>
<td>550</td>
<td>30</td>
<td>20</td>
<td>20</td>
<td>2</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>4500</td>
<td>305</td>
<td>450</td>
<td>550</td>
<td>16</td>
<td>30</td>
<td>30</td>
<td>2</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>5500</td>
<td>305</td>
<td>450</td>
<td>550</td>
<td>10</td>
<td>40</td>
<td>40</td>
<td>2</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>6500</td>
<td>305</td>
<td>450</td>
<td>550</td>
<td>40</td>
<td>42</td>
<td>42</td>
<td>2</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>7500</td>
<td>305</td>
<td>450</td>
<td>550</td>
<td>20</td>
<td>50</td>
<td>50</td>
<td>2</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>8500</td>
<td>305</td>
<td>450</td>
<td>550</td>
<td>20</td>
<td>55</td>
<td>55</td>
<td>2</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>9500</td>
<td>305</td>
<td>450</td>
<td>550</td>
<td>50</td>
<td>60</td>
<td>60</td>
<td>2</td>
<td></td>
</tr>
</tbody>
</table>

Если корпус (секция) с бандажными кольцами устанавливается на одинаковые роликопоры, то необходимо табличные значения допустимого момента сопротивления ($Wo$) бандажного кольца умножить на коэффициент $Kn = 0,082/K$ (таблица Б.4).

Таблица Б.4

<table>
<thead>
<tr>
<th>$D_b$</th>
<th>4000</th>
<th>4500</th>
<th>5000</th>
<th>5500</th>
<th>6000</th>
<th>6300</th>
<th>7000</th>
<th>8000</th>
<th>9000</th>
<th>10000</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>$K$</td>
<td>0,062</td>
<td>0,04</td>
<td>0,036</td>
<td>0,036</td>
<td>0,04</td>
<td>0,045</td>
<td>0,06</td>
<td>0,068</td>
<td>0,08</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>$Kn$</td>
<td>1,32</td>
<td>1,37</td>
<td>2,05</td>
<td>2,28</td>
<td>2,28</td>
<td>2,05</td>
<td>1,82</td>
<td>1,37</td>
<td>1,21</td>
<td>1,03</td>
</tr>
</tbody>
</table>
1 - аппарат; 2 - бандажное кольцо; 3 - ролик роликопоры

Рисунок Б.2 - Схема установки корпуса аппарата с бандажным кольцом на ролике роликопоры
Рисунок Б.3. Зависимость допускаемой нагрузки на опору при \( \alpha = 30^\circ - 40^\circ \) от диаметра и толщины корпуса, без бандажных колец
1- установка бандажного кольца на два ролика; 2-9 – установка бандажного кольца на четыре ролика (2-5 - внутренние опоры, 6-9 - внешние опоры);

Рисунок Б.4 - Зависимость коэффициента $K$ от угла охвата $\mu_o$ и угла $\mu_1$
ПРИЛОЖЕНИЕ В
(рекомендуемое)

СПОСОБ СБОРКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КОРПУСОВ
ТОЛСТОСТЕННЫХ АППАРАТОВ

Существующие способы сборки под сварку кольцевых стыков корпусов аппаратов из тонколистового проката предусматривают выравнивание кромок обечаек до допустимого предела с помощью технологических устройств и приспособлений. При этом, как правило, происходит местное деформирование поверхностей. Обеспечить допустимое смещение кромок при сборке аппаратов из толстостенных обечаек этими способами практически невозможно. Поставленную цель можно достигнуть только подбором и взаимным расположением обечаек относительно друг друга, при котором будет обеспечиваться минимально возможное смещение кромок при фактических размерах и формах торцевых сечений обечаек. Схема выполнения сборки цилиндрического корпуса из жестких обечаек показана на рисунке В.1, где а - набор собираемых обечаек, б - попарная сборка секции из обечаек, в - сборка блоков из секций.

На рисунке В.2 изображены собираемые обечаики, вид сбоку (торцевая сторона), где а - неподвижная обечайка, б - поворачиваемая обечайка.

На рисунке В.3 - схема моделирования взаимно-пространственного положения торцов обечаек путем дискретного поворота одной из них относительно другой с заданным шагом.

Сборка аппарата осуществляется следующим образом.

На торцы s, t маркированных обечаек 1,2...M наносят точки 1,2...L с заданным шагом. Производят измерение диаметров D между противолежащими точками на каждом торце обечаек и периметров каждого торца Р. Для повышения точности замеров и производительности, желательно использование оптического лазерного длинометра.

Моделируя на ЭВМ взаимно пространственное положение обечаек путем объединения их попарно по минимальной разности периметров торцов
и дискретного поворота на угол, равный шагу разметки, в каждой паре обечайки
q (торец s с точками 1', 2', 3'... L') относительно обечайки P (торец t с точками
1,2,3... L), определяют то положение собираемых торцов обечаек, при котором
максимальная разница диаметров Δ макс собираемых торцов наименьшая. Описан-
nую последовательность действий можно представить в следующем виде:

Пусть:

\[ i = 1, M/2 \] — номер стыкуемой пары обечаек;

\[ j = p, q \] — номер обечайки в паре;

\[ k = t, s \] — номер торца в обечайке;

\[ l = 1, N \] — номер измерения на торце обечайки;

\[ N = L/2 \] — количество измерений,

\[ m = D, N \] — дискретный поворот обечайки,

\[ D_{jkl}, D_{kls} \] — численные значения измеренного диаметра обечаек,

\[ n = (l + m) \left\lfloor \frac{l + m}{10} \cdot 10 \right\rfloor \] (B.1)

где выражение в квадратных скобках означает выделение целого от частного

\[ \frac{l + m}{10} \]

Тогда максимальное смещение кромок в измеренных точках при повороте
одной обечайки относительно другой будет равно:

\[ \Delta D_{\text{max}} = \max_{l=1, N} \left( D_{\text{min}} - D_{\text{max}} / \right) \] (B.2)

Затем из всех максимальных значений необходимо выбрать минимальное.
Это условие и определит целевую функцию:

\[ F_1 = \min_{m = 0, N - 1} \Delta D_{i,n} \] (B.3)

Подставив выражение (B.2) в (B.3) получим:

\[ F_1 = \min_m \max_i \left( D_{\text{min}} - D_{\text{max}} / \right) \] (B.4)
Вычисления осуществляются для каждой пары обечаек с индексами $g_{st}$ определенной в процессе ранжирования по периметру.

Таким образом, в результате моделирования определяются номера стыкуемых обечаек, торцов и точек, сочетание и взаимная ориентация которых обеспечивают минимальное смещение кромок. Ориентацию осуществляют, совмещая торцы поворотом одной обечайки вокруг центральной оси до указанного положения, фиксируют и производят сварку. В дальнейшем сборка корпуса происходит аналогично, считая собранную секцию, а затем блок за обечайку.

Для фиксации кольцевых стыков толстостенных обечаек с рюмкообразной разделкой может быть рекомендован метод, основанный на применении привариваемых к кромкам разделки цилиндрических сухарей. Схема сборки представлена на рисунке В.4.

Главное преимущество метода - обеспечение контролируемого и регулируемого процесса сборки по сравнению с применяющейся технологии сварки на технологических планках.

Сущность этого метода заключается в том, что по результатам замеров величины раскрытия разделки собираемого стыка в намеченных местах (через $120^0$) устанавливаются и привариваются к кромке разделки одной из обечаек (секции) три базовых сухаря. Диаметр сухаря подгоняется по фактическому раскрытию разделки с учетом требуемой величины сварочного зазора в притуплении рюмкообразной разделки. После того, как вторая обечайка (секция) подана в осевом направлении до упора в базовые сухари и выполнен контроль геометрических параметров собираемого кольцевого стыка осуществляется приварка базовых сухарей к кромкам второй обечайки (секции). Затем для надежного скрепления собранного стыка устанавливаются и привариваются к кромкам необходимое количество силовых сухарей.

а — набор собираемых обечаек; б - попарная сборка секций из обечаек; в - попарная сборка блоков из секций

Рисунок В.1

Рисунок В.2
Рисунок В.3

1 - базовые сухари; 2 - силовые сухари; 3 - кромка разделки

Рисунок В.4 - Схема сборки кольцевых стыков на сухарях
ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(рекомендуемое)
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЛАНОК ДЛЯ СБОРКИ МОНТАЖНЫХ КОЛЬЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ КОРПУСОВ

При сборке цилиндрических корпусов негабаритной корпусной аппаратуры на заводах отрасли нефтехимического и газового машиностроения закрепление кольцевых стыков в большинстве случаев выполняется на технологических планках, которые привариваются к поверхностям собираемых элементов. Скрепленный с помощью планок кольцевой стык корпуса аппарата, при прохождении технологического процесса, испытывает изгибающий момент, возникающий в результате действия собственного веса корпуса. В результате технологические планки нагружаются растягивающими и сжимающими усилиями.

Максимальный изгибающий момент \((M_{изг\, max})\) будет действовать на кольцевой стык, расположенный посередине длины корпуса аппарата и будет равен

\[
M_{изг\, max} = 0,0247S(D\theta+S) \cdot (2000 \cdot m^2) \cdot 8 = 123,5 m^2 \cdot S(D\theta + S) \text{ кгсм} \quad \text{(Г.1)}
\]

где \(m\) - количество обечаек длиной 2000 мм, собираемых в корпус.

Планки, лежащие выше горизонтальной оси корпуса, будут сжиматься, а ниже растягиваться. Величина усилия, воспринимаемого одной планкой, будет зависеть от общего количества планок и их размеров, а также от их расположения относительно горизонтальной оси корпуса аппарата.

Для расчета принимаем, что четное количество планок \((n)\) шириной \(a = 1,5 \cdot S\), толщиной \(b = 0,5 \cdot S\), длиной \(\ell = 150\) мм равномерно располагается по контуру кольцевого стыка.

В общем виде усилие, действующее на планку, равно

\[
P_{пл} = \frac{M_{изг.}}{\mu \cdot D\theta} \quad \text{(Г.2)}
\]

где \(\mu\) - коэффициент, численное значение которого зависит от количества планок в кольцевом стыке аппарата. Значения коэффициента \(\mu\) приведены в таблице Г1.
Таблица Г1 - Значения коэффициента μ

<table>
<thead>
<tr>
<th>N</th>
<th>8</th>
<th>10</th>
<th>12</th>
<th>14</th>
<th>16</th>
<th>18</th>
<th>20</th>
<th>22</th>
<th>24</th>
<th>26</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>μ</td>
<td>2,0</td>
<td>2,6</td>
<td>3,0</td>
<td>3,5</td>
<td>4,0</td>
<td>4,5</td>
<td>5,0</td>
<td>6,0</td>
<td>6,5</td>
<td>7,0</td>
</tr>
<tr>
<td>n</td>
<td>22</td>
<td>24</td>
<td>26</td>
<td>28</td>
<td>30</td>
<td>32</td>
<td>34</td>
<td>36</td>
<td>38</td>
<td>40</td>
</tr>
<tr>
<td>μ</td>
<td>5,5</td>
<td>6,0</td>
<td>6,5</td>
<td>7,0</td>
<td>7,5</td>
<td>8,0</td>
<td>8,5</td>
<td>9,0</td>
<td>9,5</td>
<td>10,0</td>
</tr>
<tr>
<td>n</td>
<td>42</td>
<td>44</td>
<td>46</td>
<td>48</td>
<td>50</td>
<td>52</td>
<td>54</td>
<td>56</td>
<td>58</td>
<td>60</td>
</tr>
<tr>
<td>μ</td>
<td>10,5</td>
<td>11,0</td>
<td>11,5</td>
<td>12,0</td>
<td>12,5</td>
<td>13,0</td>
<td>13,5</td>
<td>14,0</td>
<td>14,5</td>
<td>15,0</td>
</tr>
<tr>
<td>n</td>
<td>62</td>
<td>64</td>
<td>66</td>
<td>68</td>
<td>70</td>
<td>72</td>
<td>74</td>
<td>76</td>
<td>78</td>
<td>80</td>
</tr>
<tr>
<td>μ</td>
<td>15,5</td>
<td>16,0</td>
<td>16,5</td>
<td>17,0</td>
<td>17,5</td>
<td>18,0</td>
<td>18,5</td>
<td>19,0</td>
<td>19,5</td>
<td>20,0</td>
</tr>
</tbody>
</table>

Допускаемое усилие \( P \) на планку из стали марки ст.3 (\( \sigma_{доп} = 1400 \text{ кг/см}^2 \)) равно:

\[
P = \sigma_{доп} \cdot a \cdot b = \sigma_{доп} \cdot 0,75 \cdot S^2 = 1050 \cdot S^2 \quad (\Gamma.3)
\]

Допустимое усилие на планку можно увеличить за счет использования планок большего сечения по ширине и толщине.

Длину сварного шва приварки планки катетом \( (K = b = 0,5 \cdot S) \) можно определить

\[
\ell \mu = M_{изг/588} \cdot \mu \cdot D_{б} \cdot S \quad (\Gamma.4)
\]

Пример - Подобрать количество технологических планок для скрепления кольцевого стыка, расположенного посередине длины корпуса \( (L_к = 40000 \text{ мм}) \) аппарата с \( D_{б} = 4000 \text{ мм}, \ S = b 40 \text{ мм}, \ m = 20 \). По формуле \( \Gamma.1 \) определяем величину \( M_{изг. max} \)

\[
M_{изг. Max} = 123,5 \cdot 20^2 \cdot 4 \cdot (400+4) = 7983 \cdot 10^4 \text{ кг/см}
\]

Зададимся числом планок \( n = 50 \). По таблице \( \Gamma.1 \) определяем значение \( \mu = 12,5 \). По формуле \( \Gamma.2 \) определяем максимальное усилие, действующее на планку.

Отсюда, \( P_{изг. max} < P_{доп} \), т.е. условие прочности выполнено. Длина сварного шва (с учетом приварки планок к корпусу с двух сторон) определяется по формуле \( \Gamma.4 \)

\[ P_{\text{пл. max}} = \frac{M_{\text{изг.}}}{\mu \cdot D_a} = \frac{7983 \cdot 10^4}{12,5 \cdot 400} = 15970(кг) \]

\[ P_{\text{дон}} = 1050 \cdot S^2 = 1050 \cdot 16 = 16800(кг) \]

\[ l_{шшв} = \frac{M_{\text{изг.}}}{588 \cdot 12,5 \cdot 400 \cdot 4} = \frac{7983 \cdot 10^4}{1176 \cdot 10^4} = 6,8(см) \]

Общая длина планки будет: \( l_{шшв} + 150 = 68 + 150 = 218 \) (мм).
Ключевые слова: корпуса цилиндрических аппаратов, сборка, сварка, термообработка, контроль, технология изготовления, методы обеспечения качества, оборудование, лазерная оснастка