

А. А. ЛАЩИНСКИЙ и А. Р. ТОЛЧИНСКИЙ

ОСНОВЫ
КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА
ХИМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

СПРАВОЧНИК

Под редакцией
инж. Н. Н. Логинова



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

МОСКВА 1963 ЛЕНИНГРАД

Соединение стыков цилиндрических обечайек из медных и латунных листов кроме сварки осуществляется также пайкой как твердыми, так и мягкими припоями.

Свальцованные из листов цилиндрические обечайки после соединения стыка сваркой или пайкой проходят технологическую правку (калибровку). Обработка наружной и внутренней поверхностей обечайек на станке обычно не производится.

Цилиндрические обечайки из пластичных материалов (в основном стали) для аппаратов высокого давления (не менее 10 Мн/м^2) изготавливаются большей частью из поковок (цельных или составных) с соответствующей термообработкой и последующей обработкой внутренней и наружной поверхностей на станке. Кованые цилиндрические обечайки иногда выполняются заодно с днищем.

Наряду с цельными коваными конструкциями обечайек для аппаратов высокого давления применяются составные конструкции — многослойные, витые и др., которые, однако, в отечественном химическом аппаратостроении широкого распространения не получили.

Цилиндрические обечайки из хрупких материалов (чугуны, бронзы, кварцевое стекло и др.) для аппаратов с незначительным давлением среды в них (не более $0,8 \text{ Мн/м}^2$) изготавливаются литыми с последующей обработкой внутренней поверхности или без обработки. Литые обечайки обычно выполняются совместно с днищем.

В ряде случаев с помощью литья изготавливаются обечайки и из пластичных материалов (различные стали, цветные металлы и сплавы и др.).

При конструировании цилиндрических обечайек, независимо от материала и технологии их изготовления, преимущественно следует придерживаться внутренних базовых диаметров согласно табл. 15. 1.

Допускается изготовление цилиндрических обечайек из стальных труб с базовыми наружными диаметрами, приведенными в табл. 15. 2.

Таблица 15. 2

Наружные базовые диаметры D_n (в мм)
цилиндрических обечайек из стальных труб
(по ГОСТ 9617—61)

159	180	219	273	299	325
377	426	480	530	630	720

Соотношения между высотой H цилиндрического корпуса и его внутренним диаметром D_v для аппаратов вертикального исполнения, а также между длиной L цилиндрического корпуса и его внутренним диаметром D_v для аппаратов горизонтального исполнения определяются химико-технологическими требованиями и обычно бывают следующими: $\frac{H}{D_v} \leq 30$ и $\frac{L}{D_v} \leq 10$.

ОБЕЧАЙКИ ВАЛЬЦОВАННЫЕ, СВАРНЫЕ И ПАЯНЫЕ

Изготовление цилиндрических обечайек вальцеванием из листов является наиболее распространенной технологией изготовления химической аппаратуры низкого (не более $1,6 \text{ Мн/м}^2$) и среднего (более $1,6$ до $10,0 \text{ Мн/м}^2$) давлений.

При конструировании сварных и паяных цилиндрических обечайек, свальцованных из листов, надлежит руководствоваться следующими основными положениями:

а) общая длина швов должна быть возможно меньшей, поэтому листы желательно выбирать больших размеров, образуя с рациональным раскроем;

б) обечайки вальцуются как по длинной, так и по короткой стороне листа; при раскрое листов рекомендуется обеспечить минимальное количество продольных швов в обечайке;

в) сварка продольных и поперечных швов должна быть только стыковой;

г) продольные швы в отдельных смежных обечайках должны быть смещены по отношению друг к другу на величину свыше трехкратной толщины обечайки и не менее чем на 100 мм между осями швов;

д) все швы должны иметь доступ для осмотра и в случае надобности для подварки или подпайки;

е) расположение продольных швов в горизонтальных аппаратах не должно быть в нижней части обечайки, если последняя малодоступна для осмотра;

ж) отверстия для труб, лазов и т. п. по швам (особенно продольным) делать не рекомендуется.

Развернутая длина обечайек определяется по среднему диаметру $D_{cp} = 0,5(D_n + D_v)$.

Для обогрева и охлаждения аппаратов часто применяются рубашки, которые обычно располагаются снаружи корпуса и бывают неразъемные и отъемные.

Конструкции неразъемных рубашек для цилиндрической стальной сварной аппаратуры нормализованы: цилиндрические с эллиптическим отбортованным днищем на давление до $1,6 \text{ Мн/м}^2$ по МН 3391—62, цилиндрические с коническим отбортованным днищем на давление до $0,6 \text{ Мн/м}^2$ по МН 3392—62, цилиндрические с эллиптическим отбортованным днищем с вмятинами на них на давление до $6,4 \text{ Мн/м}^2$ по МН 3393—62 и из полутрубы, навинтой на цилиндрическую обечайку и с вмятинами на эллиптическом днище на давление до $6,4 \text{ Мн/м}^2$ по МН 3394—62 [84].

РАСЧЕТ ОБЕЧАЕК, РАБОТАЮЩИХ ПОД ВНУТРЕННИМ ДАВЛЕНИЕМ

Расчетная толщина цилиндрической стенки s' , подверженной внутреннему давлению p , определяется по формулам [71]:

при заданном внутреннем диаметре *

$$s' = \frac{D_v p}{2\sigma_{\partial\phi} - p} + C \text{ м}, \quad (15.1)$$

при заданном наружном диаметре *

$$s' = \frac{D_n p}{2\sigma_{\partial\phi} + p} + C \text{ м}, \quad (15.2)$$

где ϕ — коэффициент прочности цилиндрической стенки в продольном направлении;

C — прибавка на коррозию, эрозию с учетом срока службы аппарата и минусовый допуск по толщине листа, м .

Величина расчетного давления p принимается: для аппаратов, в которых рабочая среда газ (пар),

$$p = p_c \text{ н/м}^2, \quad (15.3)$$

для аппаратов, в которых рабочая среда жидкость — газ (пар),

$$p = p_c + p_{жс} \text{ н/м}^2. \quad (15.4)$$

* При $\frac{\sigma_{\partial}}{p} \geq 50$ величиной p в знаменателе можно пренебречь.

Таблица 15.3

Значения коэффициента прочности сварных и паяных швов для цилиндрических вальцованных обечайек

Вид соединения	Область применения шва		Тип шва	Коэффициент прочности шва $\varphi_{ш}$				
	материал	$D_в$, мм		стали углеродистые, легированные и двухслойные	медь, латуни	алюминий и его сплавы	никель	титан и его сплавы
Ручная электродуговая сварка	Стали углеродистые, легированные и двухслойные, цветные металлы и их сплавы	≥ 700	Стыковой двусторонний шов	0,95	0,85	0,8	0,75	0,9
		≤ 650 , если возможно применение подкладки ≥ 700 , если невозможна подварка	Стыковой односторонний шов с подкладкой по всему периметру	0,9	0,8	0,75	0,7	0,85
		≤ 650 , если невозможно применение подкладки	Стыковой односторонний шов	0,7	0,65	0,6	0,55	0,65
Автоматическая сварка под слоем флюса	Стали углеродистые, легированные и двухслойные, цветные металлы и их сплавы	≥ 500	Стыковой двусторонний шов	1,0	0,9	0,85	0,8	0,95
		< 500	Стыковой односторонний шов	0,8	—	0,7	—	—
Пайка твердыми припоями	Медь	Не регламентируется	Шов в зубец или с косым стыком	—	—	—	—	—
Пайка мягкими припоями	Медь, латунь		Шов внахлестку прямолинейный и кольцевой и шов в паз	—	1,0	—	—	—

Примечание. Значения $\varphi_{ш}$ при сварке винипласта указаны в табл. 11.1 и 11.2.

Гидростатическое давление $p_{жж}$ определяется по формуле

$$p_{жж} \approx 10 Q_{жж} H_{жж} \text{ н/м}^2 * \quad (15.5)$$

где $Q_{жж}$ — плотность жидкости, кг/м^3 ;

$H_{жж}$ — высота (максимальная) столба жидкости, м.

Допускается не учитывать гидростатическое давление жидкости, если оно не превышает 2,5% от величины рабочего давления (избыточного) газовой (паровой) среды в аппарате.

Данные по выбору расчетной величины допускаемого напряжения указаны в гл. 14.

Расчетная температура стенки обечайки $t_{см}$ [4] принимается в зависимости от температуры внутренней среды t_c , изоляции обечайки и условий обогрева или охлаждения ее:

для необогреваемых и изолированных снаружи обечайек

$$t_{см} = t_c \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (15.6)$$

для необогреваемых обечайек, имеющих внутреннюю изоляцию или охлаждаемых снаружи,

* Принято значение $g \approx 10 \text{ м/сек}^2$.

$$t_{см} = 0,5 (t_{см}^н + t_{см}^с) \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (15.7)$$

при наружном газовом или электрическом обогреве обечайек — по формуле (15.7), но не менее

$$t_c + 100 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (15.8)$$

при обогреве обечайек паром

$$t_{см} = t_n \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (15.9)$$

где t_n — температура насыщения греющего пара при давлении p , $^\circ\text{C}$;

при обогреве или охлаждении обечайек протекающей в них средой расчетная температура стенки $t_{см}$ принимается равной наибольшей температуре греющей или наименьшей охлаждающей среды t_c .

Ослабление цилиндрических обечайек, свальцованных из листов в продольном и поперечном направлениях, может быть за счет сварного или паяного шва и, кроме того, за счет неукрепленных отверстий (см. гл. 17).

Значения коэффициента прочности сварных и паяных швов $\varphi_{ш}$ в зависимости от вида соединения, конструкции шва и материала обечайки приведены в табл. 15.3 [4].

Продолжение

Наименование величины	Обозначение	Единица измерения
Наружный диаметр	D_n, d_n	м
Диаметр вала, отверстия	d	
Диаметр болта, шпильки	d_b	
Диаметр болтовой окружности	D_b	
Размер резьбы	d_0	
Внутренний диаметр резьбы	d_1	
Радиус	R, r	
Межосевое и межцентровое расстояние	A	
Шаг между болтами, трубами, шаг прерывистого сварного шва	t	
Эксцентриситет	e	
Катет сварного шва	K	
Размер фаски	c	
Размер под ключ	S	
Прибавка к номинальному расчетному размеру	C	
Площадь поперечного сечения, поверхность	F	м ²
Площадь поперечного сечения болта (шпильки) по внутреннему диаметру резьбы	F_b	
Момент сопротивления поперечного сечения	W	м ³
Момент инерции поперечного сечения	J	м ⁴
Угол (плоский), половина плоского угла при вершине конуса	α	°(градус)
Угол трения	ϱ_T	

Продолжение

Наименование величины	Обозначение	Единица измерения
Объем, емкость	V	м ³
Масса	m	кг
Сила, нагрузка (кроме силы тяжести)	P	н
Сила тяжести	G	
Изгибающий момент	M	н·м
Крутящий момент	M_k	
Давление:		н/м ²
условное	P_y	
расчетное внутреннее	p	
расчетное наружное	P_n	
гидростатическое	$P_{жс}$	
пробное гидравлическое	P_g	
расчетное внутреннее испытательное	$P_{и}$	
расчетное наружное испытательное	$P_{ни}$	
рабочее внутренней среды	P_c	
рабочее наружной среды	$P_{кс}$	
допускаемое	P_d	
расчетное в трубном пространстве	P_T	
расчетное в межтрубном пространстве	P_M	
расчетное фиктивное в трубном пространстве	$P_{Тф}$	