

Конструкции, материал деталей и расчёт цилиндров.

В прессовании применяют цилиндры с опорой на дно и на опорный фланец. Опора цилиндра на дно является рациональной с точки зрения прочности, так как в этом случае исключаются напряжения, вызванные изгибом стенок от опорных реакций на фланце. Кроме того, стенки цилиндра не подвергаются осевым растягивающим напряжениям. Однако, при опоре цилиндра на дно усложняется конструкция пресса, увеличивается его масса и габаритные размеры. Поэтому наибольшее распространение в прессостроении получили цилиндры с опорой на фланец (см. рис.).

Цилиндр состоит из днища (I), цилиндрической части (II) и опорного фланца (III). Для направления плунжера в нижней части цилиндра имеется бронзовая втулка. Герметичность между плунжером и цилиндром достигается установкой уплотнений за бронзовой втулкой, которые удерживаются при помощи нажимного кольца. В верхней части цилиндра имеется опорная площадка для плунжера, отверстие для подвода рабочей жидкости и присоединительное место для трубопровода.

Изготавливают цилиндры обычно кованными из стали марки 20, 30, 35, 45, 40Х, 40ХН, 40Н. В отдельных случаях при давлениях до $200 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$ применяют цилиндры из стального литья (сталь 25Л и 35Л).

По особенностям напряжённого состояния цилиндр можно условно разбить на три зоны: цилиндрическая, днище, опорный фланец.

Цилиндрическую зону, достаточно удалённую от днища и опорного фланца, допустимо рассматривать как толстостенную трубу и рассчитывать по формуле Ляне:

- радиальные напряжения:

$$\delta_r = \frac{p \cdot r_B^2}{r_H^2 - r_B^2} \cdot \left(1 - \frac{r_H^2}{r^2} \right);$$

- тангенциальное напряжение:

$$\delta_t = \frac{p \cdot r_B^2}{r_H^2 - r_B^2} \cdot \left(1 + \frac{r_H^2}{r^2} \right);$$

- осевое напряжение (при опоре на фланец):

$$\delta_z = \frac{p \cdot r_B^2}{r_H^2 - r_B^2},$$

где p – давление рабочей жидкости;

r_H и r_B – соответственно наружный и внутренний диаметры цилиндра.

Наибольшее напряжения δ_r и δ_t возникают на внутренней поверхности цилиндра при $r = r_B$ (см. рис.).

$$\delta_t \succ \delta_z \succ \delta_r$$

Максимальное эквивалентное напряжение на внутренней стенке будет равно:

$$\delta_{\text{ЭМАКС}} = \frac{\sqrt{3} \cdot r_H^2}{r_H^2 - r_B^2} \cdot p \leq [\delta],$$

где $[\delta]$ - допускаемое напряжение (для кованных цилиндров из углеродистой стали
 $[\delta] = 1100 - 1500 \text{ кгс/см}^2$,

из малолегированной стали $[\delta] = 1500 - 1800 \text{ кгс/см}^2$,

из литых цилиндров $[\delta] = 800 - 1000 \text{ кгс/см}^2$.

$$r_H \geq r_B \sqrt{\frac{[\delta]}{[\delta] - \sqrt{3} \cdot p}}$$

Радиальная деформация цилиндра в произвольной точке с координатой r равна:

$$\Delta r = \frac{1}{E} \cdot \frac{p \cdot r_B^2}{r_H^2 - r_B^2} \cdot \left[(1 - 2\mu) \cdot r + (1 + \mu) \cdot \frac{r_H^2}{r_B^2} \right]$$

В сечениях цилиндра, расположенных близко у фланцу или днищу цилиндра, возникают дополнительные напряжения от изгиба. Поэтому размеры стенок днища фланца выбирают по установившимся на практике соотношениям.

Толщина днища в средней части цилиндра должна составлять не менее двух толщин стенки и иметь плавный переход от цилиндрической части к днищу ($R \geq 0,4 \cdot t$, где $t = r_H - r_B$),

где t - толщина стенки

$\varphi = 0,7 \cdot t$ - ширина фланца;

$h = (1,5 - 2,0) \cdot t$ - толщина фланца;

$R = (0,2 - 0,25) \cdot t$

Размер бурта фланца определяют по допускаемому удельному давлению, принимаемому равным 800 кгс/см^2 (обычно ширина фланца $\varphi = 0,7 \cdot t$). Толщину фланца h проверяют на срез, допускаемое напряжение $\delta_{cp} = 400 \text{ кгс/см}^2$ (обычно принимают $h = (1,5 - 2,0) \cdot t$). Для уменьшения концентрации напряжений в углах, образуемых наружной стенкой цилиндра и поверхностью фланца, их скругляют радиусами $R = (0,2 - 0,25) \cdot t$.

Конструкции, материал плунжеров и поршней.

Плунжеры рабочих цилиндров выполняют сплошными или пустотелыми. Плунжер передаёт усилие на подвижную поперечину и работает на сжатие и изгиб (при эксцентричном приложении нагрузки). Соединение плунжера с подвижной поперечиной может быть жёстким (а), через шаровую тягу (б) и через пест (с) (приложенный стержень) с шаровыми головками (см. рис.).

Жёсткое соединение наиболее простое, однако при жёстком соединении плунжер испытывает нагружение от момента, возникающее при эксцентричной нагрузке. Применяют жёсткое соединение в одноцилиндровых прессах и для среднего цилиндра в трёхцилиндровых прессах. В двух других случаях имеет место момент только от сил трения на опоре, при этом по условиям нагружения лучшим является соединение через пест, но конструктивно оно более сложное.

Плунжеры обычно изготавливают кованными из углеродистой стали 45, 50, 50, поверхность их подвергают закалке и шлифовке. Иногда тяжело нагруженные плунжеры изготавливают из хромоникелевых или хромомолибденовых сталей.

Поршни изготавливают из тех же материалов. Соединение с ползуном преимущественно им же. Условия работы аналогичны условиям работы плунжеров.

Станины колонного типа

Эти станины являются составными: из верхней поперечины, неподвижной нижней поперечины, колонны.

Колонны рассматривают как балки, концы которых заделаны в неподвижной поперечине. Полное напряжение в колоннах может быть определено:

$$\sigma = \frac{N}{F} + \frac{M_u}{W},$$

N – осевое усилие на колонне;

F – площадь поперечного сечения колонны;

M_u – изгибающий момент, действующий на колонну;

W – момент сопротивления колонны.

Для четырехколонного пресса осевое усилие:

$$N + \frac{P_n}{4} \times \left(1 + 2 \times \frac{e}{L}\right),$$

e – эксцентриситет приложения усилия;

L – расстояние между осями колонн по фронту пресса.

При шарнирном соединении плунжера с подвижной поперечиной изгибающий момент равен:

$$M_u = \frac{P_n \times e \times H_1}{4 \times H}.$$

При жестком соединении:

$$M_u = \frac{P_n \times e \times H_2}{32 \times H}.$$

H – расстояние между верхней плоскостью нижней поперечины и нижней плоскостью верхней поперечины;

H_1 – расстояние от верхней плоскости нижней поперечины до нижнего торца направляющей втулки в начале рабочего хода;

H_2 – расстояние от середины направляющей втулки подвижной поперечины до середины уплотнения плунжера в начале рабочего хода.

Нижняя поперечина представляет собой конструкцию коробчатого типа, которая внутри имеет ребра жесткости. Высота поперечины не менее 2,5-3,5 диаметра колонны. Поперечина может быть литая или сварная.

Верхняя поперечина тоже представляет собой конструкцию коробчатого типа, имеющая трубчатые гнезда для рабочих цилиндров. Высота – 2,5-3,5 диаметра колонны, может быть литой или сварной.

Колонны только кованые, стальные из легированной высокоуглеродистой стали, у которой углерода не менее 40%, никеля 1,5-2%. Поверхность, по которой происходит движение нижней поперечины обязательно шлифованная, иногда применяют поверхностную закалку. При диаметре до 700 мм – сечение сплошное; при большем сечении – полые с центральным осевым каналом диаметром от 150 до 200 мм. Затяжка колонн производится путем их подогрева с помощью специальных нагревателей, вставляемых в отверстия в конце колонн. На колоннах используется упорная резьба. Гайки колонн обычно цилиндрические, наружный диаметр примерно равен 1,5 диаметру колонны, высота – от одного до 1,5 диаметра колонны. Гайки только кованые из стали.

Подвижная поперечина предназначена для крепления рабочего инструмента и передачи усилия от рабочих цилиндров на рабочий инструмент. Может быть литыми и коваными. На нижней поверхности подвижной поперечины предусмотрены т-образные пазы для закрепления инструмента, также в ней предусмотрены цилиндрические гнезда, в которые вставляются направляющие полуштулки. Подвижную поперечину рассчитывают на изгиб, также как балку на двух опорах. Причем расстояние между опорами принимается равным расстоянию между осями колонн. Допустимые напряжения для литых поперечин: неподвижных 450- 700 кг/см²; для подвижных 1200-1500 кг/см².

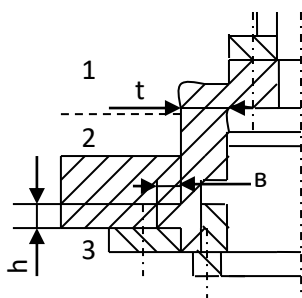
Конструкция и расчет цилиндров

Крепление цилиндра:

- на дно;
- на фланец.

Опора на дно является рациональной с позиции прочности, лучшего качества крепления, потому что исключаются все изгибающие напряжения на опоре, в цилиндре отсутствуют осевые растягивающие напряжения. Но это крепление практически не используется. Недостатки: усложнение конструкции пресса за счет увеличения его габаритных размеров и массы.

Самое распространенное крепление на фланец.



I – днище цилиндра;

II – цилиндрическая часть;

III – опорный фланец.

Чтобы предотвратить удар плунжера о дно цилиндра, применяют вставку.

Материал цилиндров – кованные из высокоуглеродистой или низколегированной стали 40Х, 40ХМ, Ст30, Ст35. Очень редко из стали литья Ст35Л.

Рассчитаем цилиндрическую часть:

$$\sigma_r = \frac{p \times r_{\text{в}}^2}{r_{\text{н}}^2 - r_{\text{в}}^2} \times \left(1 - \frac{r_{\text{н}}^2}{r^2}\right),$$

r – текущий радиус;

$r_{\text{н}}$ – наружный радиус;

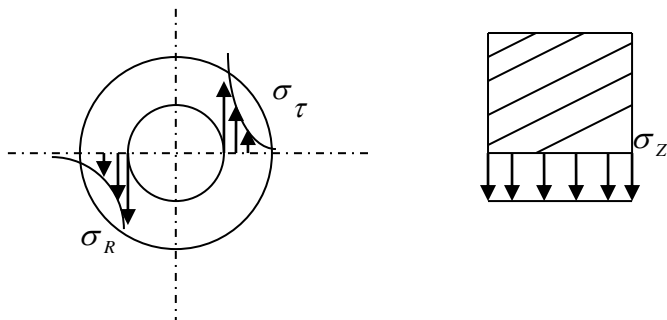
$r_{\text{в}}$ – внутренний радиус.

$$\sigma_{\tau} = \frac{p \times r_{\text{в}}^2}{r_{\text{н}}^2 - r_{\text{в}}^2} \times \left(1 + \frac{r_{\text{н}}^2}{r^2}\right),$$

p – удельное давление жидкости.

$$\sigma_z = \frac{p \times r_{\text{в}}^2}{r_{\text{н}}^2 - r_{\text{в}}^2}.$$

Эпюра напряжений:



σ_{τ}

Максимальное напряжение будет на внутренней стенке цилиндра:

$$\sigma_{\max} = \frac{\sqrt{3} \times r_n^2}{r_n^2 - r_e^2} \times p \leq [\sigma]$$
$$r_n \geq r_e \times \sqrt{\frac{[\sigma]}{[\sigma] - \sqrt{3} \times p}}$$

Допустимое напряжение зависит от материала и как сделан цилиндр. Если кованый для углеродистой стали $[\sigma]=1100-1500$ кг/см² ; малолегированная сталь $[\sigma]=1500-1800$ кг/см² ; для литых цилиндров $[\sigma]=800-1000$ кг/см².

Толщина стенки цилиндра:

$$t = r_n - r_e .$$

В зоне 1, 3 возникают дополнительные растягивающие и изгибающие напряжения, поэтому размеры дна и фланца устанавливаем по эмпирическим формулам.

Толщина днища в районе дна $t_1 \geq 2t$;

Все радиусы переходов у дна $R_1 \geq 0,4t$.

Размеры буртиков фланца определяют путем расчета на смятие и на срез при допустимых напряжениях не менее 800 кг/см².

Ширина буртика $b = 0,7t$; толщина фланца $h = (1,5-2)t$; все радиусы во фланце $R_2 = (0,2-0,25)t$.

Конструкция и расчет плунжеров

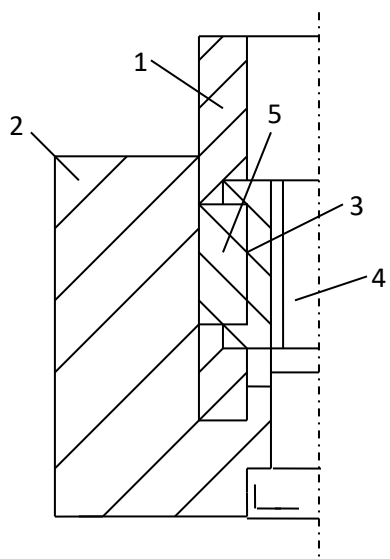
Плунжеры бывают двух видов:

- полые (свыше 400-500 мм);
- цельные.

Плунжеры передают усилие на траверсу и работают только на сжатие. Соединение плунжера с траверсой бывает трех видов:

- жесткое;
- через шаровую опору;
- через промежуточный стержень.

Жесткое крепление:



1 – плунжер;

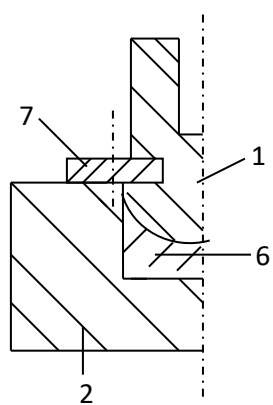
2 – подвижная траверса;

3 – гайка;

4 – болт;

5 – сухарь.

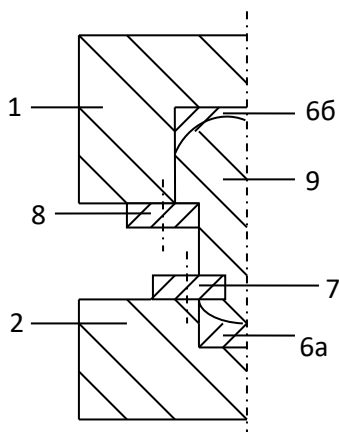
крепление через шаровую опору:



7 – сухарь;

6 – шаровая опора.

крепление через промежуточный стержень:



9 – промежуточный стержень с двумя шаровыми опорами;

8 – крепежное полукольцо.

Жесткое соединение наиболее простое, однако, в этом случае плунжер будет испытывать дополнительный изгиб. Напряжение, которые возникают при любой эксцентричной нагрузке. Применяют такое соединение только в одноцилиндрических прессах, иногда для крепления центрального плунжера осевого цилиндра в многоцилиндровом прессе.

Для крепления боковых плунжеров в многоцилиндровых прессах используется второй или третий тип крепления. Потому что в этом случае имеет место крутящий момент только от сил трения в шаровых опорах. Очевидно, что самое лучшее крепление – крепление с промежуточным стержнем, но оно и сложнее.

Плунжеры обычно изготавливают коваными из высокоуглеродистой стали 45, 50, 60. Их поверхность подвергают закалке и шлифовке. Иногда, для тяжелонагруженных плунжеров и поршней используют хромоникелевые и хромомолибденовые стали.

Изготовление поршней аналогично методике изготовления плунжеров, условия работы тоже аналогичны.

Крепление поршня к траверсе только жесткое.

Типовые конструкции гидравлических прессов

Особенности конструкции гидравлических прессов

Назначение прессов – для горячейковки поковок.

По конструктивному исполнению станины:

- одностоечные;
- четырех колонные;
- с подвижной рамой и нижним расположением подвижного цилиндра.

Одностоечные прессы изготавливают усилием не выше 1200 т.с. У них самый свободный доступ в рабочую зону.

С подвижной рамой – очень малая высота над уровнем пола, низкий центр тяжести.

Для того, чтобы облегчить доступ в рабочую зону этот пресс под углом 45° к оси перемещения ковочного манипулятора, что улучшают обзор рабочего пространства.

В качестве рабочей жидкости на этих оборудованьях можно использовать эмульсию и минеральное масло, если установлено специальное устройство противопожарной безопасности.

При ковке на гидропрессах поковок с вытянутой осью эффективным является применение программного управления для ковочного агрегата, который включает в себя пресс и ковочный манипулятор.

Наиболее распространенные пресса четырех колонного типа, потому что эта конструкция является наиболее устойчивой при эксцентричной нагрузке. Основные параметры регламентированы ГОСТ 7284. Эти пресса выпускаются номинальным усилием от 500 до 5000 т; наибольший ход ползуна от 450 до 2000 мм; число ходов в минуту 60-80. Привод этих прессов – насосно-аккумуляторный, для мелких прессов – индивидуальный без аккумуляторный. Мультипликаторный привод используется как вспомогательный, чтобы обеспечить маленький ход.

Крупные ковочные пресса могут иметь три рабочих цилиндра, чтобы обеспечить три ступени нагружения:

- 1) в центральный цилиндр подается жидкость высокого давления, а в боковые – из дополнительного бака;
- 2) жидкость высокого давления подается в боковые цилиндры, а в центральный – жидкость низкого давления;
- 3) во все три цилиндра подается жидкость высокого давления.

Для облегчения смены бойков, а также для облегчения установки заготовки прессы часто оснащаются выдвижными столами.

Горячештамповочные прессы

Предназначены для горячей объемной штамповки крупногабаритных поковок из легких сплавов (алюминий, магний и их сплавов), которые имеют небольшую температуруковки ($\approx 450^\circ$).

Эти прессы при одинаковом с ковочными прессами усилии имеют меньший рабочий ход и меньшую высоту рабочего пространства. Наиболее часто используется четырех колонный тип станины. Для более мелких прессов используются станины рамного типа.

Крупные штамповочные прессы (усилием свыше 5000 т) имеют привод насосно-аккумуляторный, чаще используют индивидуальный насосный привод, когда скорость рабочего хода не превышает 5 см/с.

Существуют малогабаритные штамповочные прессы, они рассчитаны на давление гидросистем на 1000 атм. Для них основным приводом является мультипликаторный привод. Практически все эти прессы оснащаются выдвижными столами и нижними выталкивателями.

Листоштамповочные прессы простого действия

Предназначены для следующих технологических операций:

- вытяжка;
- отбортовка и формовка;
- гибка;
- правка листовых заготовок (как в холодном так и в горячем состоянии).

Эти прессы нельзя применять для разделительных операций, т.к. большой гидравлический удар.

Выполняются усилием от 100 до 20000т. Станины чаще всего колонного типа, могут быть открытые и рамного типа. Тип привода у маленьких прессов – индивидуальный насосный, расположенный на верхней поперечине.

У крупных прессов насосно-аккумуляторный привод.

Листоштамповочные прессы двойного действия

Эти прессы предназначены для глубокой вытяжки листового материала. Станина рамного или колонного типа.

Преимущества по сравнению с кривошипными прессами:

- простота конструкции;
- обеспечение постоянного надежного прижима;
- удобство регулировки усилия прижима и контроля за усилием прижима;
- постоянство скорости вытяжки и возможность ее регулирования.

Листогибочные прессы

Основные размеры и параметры регламентируются ГОСТом 10560.

Предназначены для гибки листового и полосового материала.

Номинальное усилие от 25 т. до 1000 т. Оснащены большой длиной рабочего стола (от 2 до 12 м). Наибольший ход от 100 до 320 мм. Скорость рабочего хода от 10 до 16 мм/с. Чаще всего эти прессы оснащаются двумя рабочими цилиндрами. Очень часто эти прессы оснащаются программным управлением.

Прессы для штамповки резины

Узкоспециализированное оборудование, используется для мелкосерийного производства.

Прутково-профильные и трубопрофильные прессы

Конструкция станины чаще всего четырех колонная. Привод для мелких прессов – индивидуальный насосный масляный; для крупных – аккумуляторные станции на эмульсии. Усилие от 630 до 20000 т.