

Конструкция ковочных и штамповочных молотов

Назначение ковочных молотов: для изготовления поковок свободной ковкой.

По конструктивному исполнению наиболее широко распространены молоты арочного типа. Станина такого типа позволяет увеличить зону свободного доступа к поковке.

Есть ковочные молоты мостового типа.

У нас изготавливаются ковочные молоты двойного действия как арочного так и мостового типа. Основные параметры определены ГОСТом 9752. Масса падающих частей от 1т. До 8т. Число ударов бабы от 31 до 63 ударов.

Показатель кратности масс:

$$\frac{m_1}{m_2},$$

m_1 – масса шабота;

m_2 – масса падающих (подвижных) частей.

Нормы точности ковочных молотов регламентированы ГОСТом 6754, а размеры элементов крепления бойков 6039.

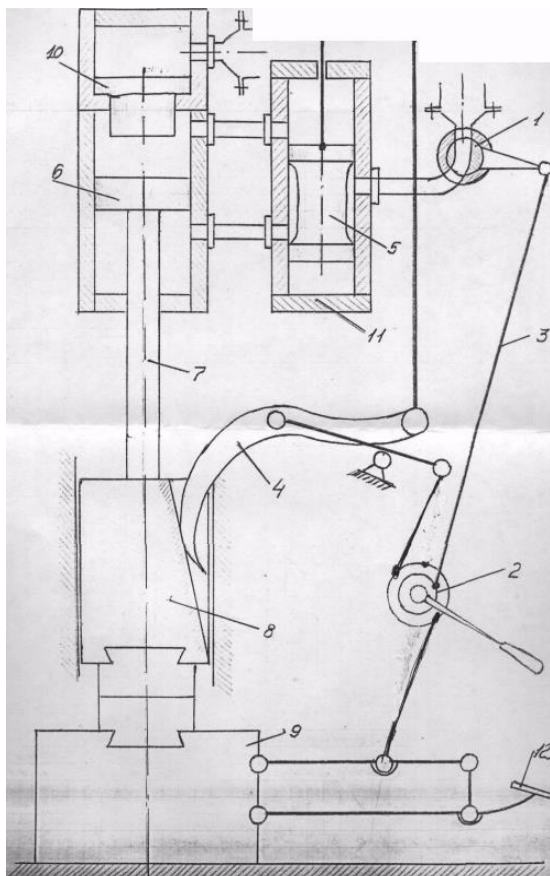
Назначение штамп ковочных молотов: для горизонтальной объемной штамповки.

В стране выпускаются молоты двойного действия. Их основные параметры регламентированы ГОСТом 7024. Масса подвижных частей от 623 кг до 25 т. Наибольший ход бабы от 1 м. до 1600мм. Кратность масс 20-25. В вес подвижных частей входит помимо веса бабы, штока, поршня (8, 7, 6) вес верхней части штампа, который не может превышать 10% от веса падающих частей.

Нормы точности молотов регламентированы ГОСТ 8662, а размеры элементов крепления штампов ГОСТ 6039.

Отличие конструкции ковочных и штамповочных молотов:

- по станине: ковочные имеют станину арочного типа; штамповочные – только мостового типа.
- крепление стоек: у ковочного молота стойки закреплены за пределами шабота; у штамповочных молотов – на заплечиках шабота. Крепление стоек на шаботе обеспечивает наилучшее соединение верхней и нижней части штампа
- управление ковочным молотом осуществляется машинистом с помощью рычагов (2), управление штамповочным молотом осуществляется штамповщиком при помощи педали (12).
- у ковочного молота баба удерживается на весу в верхнем положении неподвижно, у штамповочного молота – вместо удержания на весу, баба осуществляет небольшие холостые ходы.



Основными узлами молота являются: шабот (9), стойка, подвижные части (8-баба; 7-шток; 6-шток), система управления (2, 4, 12), система парораспределения (1, 11, 5), система смазки.

Шабот представляет из себя стальную отливку, к которой по средствам клина и шпонки (сухаря) крепится подушка, к подушке через шпонку и клин крепится нижний баек.

У штамповочного молота шабот служит основанием молота, на который монтируются стойки. Если вес шабота превышает 6 т., то он может быть составным.

Стойки: у ковочного молота стойки ставятся на определенный фундамент, у штамповочных их ставят на шабот, причем ставят в пазы для того, чтобы осуществлять регулировку. Стойки крепятся при помощи специальных болтов с пружинными амортизаторами в направляющих. В средней части стоек крепятся направляющие в виде двух брусьев. Плоская сторона направляющих, обращенная к стойке, имеет уклон 1:24, противоположная сторона имеет трапециевидные гребенки. С помощью этих гребенок осуществляется направление и перемещение бабы.

Направляющие находятся в соответствующих выемках стоек, которые соединяются со стойками стяжными болтами. Для того, чтобы регулировать зазор между направляющими и бабой используется клин с уклоном 1:24. Стойки изготавливаются из стального литья, в отдельных случаях у ковочных молотов – из чугуна.

Сверху две стойки замыкаются подцилиндровой плитой. Плита только кованая из стали 45. Чтобы увеличить жесткость конструкции в своей средней части стойки соединяются парами стяжек.

Цилиндр крепится вместе с подцилиндровой плитой к стойкам при помощи шпилек с пружинным амортизатором. В верхней части цилиндра устанавливается дополнительный предохранитель паровоздушный цилиндр (буфер 10). Предназначен для предупреждения жесткого удара поршня о крышку цилиндра в случае неправильной регулировки молота и в случае обрыва штока или роштаковки его.

За одно с цилиндром отливается парораспределительная коробка, в которой находится золотник (5), и дроссель (1). К цилиндру по средствам фланца крепится подводящая и выхлопная труба. К предохранительному цилиндру подсоединяется магистраль свежего пара или сжатого воздуха. Цилиндр изготавливается из стального литья 35Л, в него впрессовывается направляющая втулка из СЧ20-30.

Поршень со штоком соединяется горячей конусной посадкой с расчеканкой конца штока. Соединение штока с бабой конусное при помощи разрезной втулки и латунной или медной прокладки. Медная прокладка предназначена для предохранения поверхности штока и втулки от слипания и для обеспечения более равномерной разгрузки по всей поверхности штока.

Бабу изготавливают ковальной из стали 40, 45, 40Х, 40ХН, 40ХНМА, 30ХНЗМ.

Уплотнения поршня и цилиндра через поршневые кольца. Поршневые кольца стальные. Количество колец от 2 до 4 штук. Кольца термообработаны и цементированы.

Система управления (4, 2, 12). У ковочного молота она состоит из двух рычагов управления и саблеобразного рычага, которые через тяги связаны с золотником (5) и дросселем (1). Саблеобразный рычаг постоянно прижат к скосу бабы (8), он обеспечивает автоматическое перемещение золотника при нанесении непрерывных последовательных ударов, а также остановку бабы в верхнем положении рукоятки при соответствующем положении рукоятки в управлении. Система управления обеспечивает следующие режимы работы молота:

- последовательные удары;
- единичные удары;
- удержание бабы на весу;
- прижим.

Система управления штамповочных молотов состоит из ножной педали (12), рукоятки контролера (2) и саблеобразного рычага (4). При помощи рукоятки контролера поворачивается дроссель (1), что обеспечивает регулировку подачи энергоносителя к золотнику, а следовательно, регулировку величины энергии удара при одной и той же величине хода.

Перед пуском молота баба находится сверху, а рукоятка контролера горизонтально. В этом положении дроссель полностью перекрывает канал доступа пара. После того, как повернута рукоятка контролера, пар через дроссель начинает поступать в золотник. Проходя через нижние окна золотника, свежий пар будет поступать в нижнюю половину цилиндра, и поднимать бабу вверх. Поднимаясь, баба своим скосом будет отклонять саблеобразный рычаг, отклоняясь, рычаг поднимает тягу и переводит золотник в верхнее положение. Происходит цикл качания. При нажатии на педаль, золотник принудительно поднимается вверх и предоставляет свободный доступ пара в верхнюю полость цилиндра, выпуская пар из нижней полости цилиндра, происходит единичный удар.

Механизм распределения пара

Парораспределительный механизм состоит из двух элементов: золотник (5), дроссель (1).

В современных молотах используют цилиндрический золотник с двумя полками, трехпозиционный. Он располагается вертикально и перемещается поступательно.

Для него характерны три положения:

- нижнее положение, которое обеспечивает ход бабы вверх;
- верхнее положение, которое обеспечивает ход бабы вниз;
- среднее положение, при котором либо одно, либо два окна золотниковой втулки перекрыты (отсечка пара).

Золотник перемещается в золотниковой втулке, в которой имеется три ряда окон, которые имеют прямоугольную форму. Верхний ряд соединен с верхней полостью цилиндра, нижний – с нижней, а средний соединен с трубопроводом, по которому поступает свежий пар или сжатый воздух.

Дроссель представляет собой пустотелый цилиндр с горизонтальной осью, относительно которой он может поворачиваться. При этом окна в дроссельной втулке и в дросселе будут открываться в большей или меньшей степени, регулируя объем свежего пара или сжатого воздуха, который поступает в цилиндр. Следовательно, он регулирует усилие, развиваемое в цилиндре.

Система смазки

В систему смазки входит индивидуальный насос и маслопровод для централизованной смазки трех элементов молота: цилиндра, золотника, дросселя.

Направляющие молота и все шарнирные соединения рычагов и тяг системы управления имеют индивидуальную смазку. Используется консистентная смазка.

Режимы работы молота

В зависимости от характера распределения рабочих периодов подачи энергоносителя, молот может работать в следующих режимах:

- 1) последовательные автоматические удары – это удары, при которых движение подвижных частей вверх и вниз не разделяется паузами.
- 2) единичные удары с верхней паузой. В отличие от последовательных ударов они разделяются в верхнем положении подвижных частей.
- 3) Удержание подвижных частей на весу:
 - ✓ Неподвижное удержание в верхнем положении у подавляющего числа ковочных и у некоторых типов штамповочных молотов;
 - ✓ Цикл качания практически у всех моделей штамповочных и у ограниченного количества ковочных молотов. Он характеризуется автоматическими холостыми ходами с небольшим недоходом.

Сравнительная характеристика пара и сжатого воздуха как энергоносителя

Недостатки пара: Высокая коррозионная стойкость;

- ✓ Конденсат пара опасен для человека;
- ✓ Высокая степень конденсации.

Достоинства пара: Энергоемок по сравнению с воздухом;

- ✓ Пар можно использовать для вторичных технологических нужд;
- ✓ Визуализация утечек.

Достоинства сжатого воздуха: Небольшие внутренние потери;

- ✓ Снижена агрессивность среды;

Недостатки: Меньшая удельная энергоемкость;

- ✓ Экономически невыгоден;
- ✓ Сложно обнаружить утечку.

При выборе энергоносителя необходимо учитывать режимы интенсивной работы молота и возможность вторичного использования энергетических отходов.

Во время длительных пауз, когда подвижные части неподвижны и, удерживаются в верхнем положении, происходит интенсивная конденсация пара, которая практически отсутствует при работе на сжатом воздухе. Поэтому, если ковочные молоты используются не очень интенсивно, то работа на сжатом воздухе гораздо выгоднее. В случае использования отводимого от молота пара или воздуха гораздо больший эффект дает молот, который работает на пару.

Периоды расширения и сжатия пара и воздуха протекают по-разному.

$$pV^n = const .$$

Коэффициент n – политропного расширения (сжатия) вещества у пара и воздуха различен: у пара $n=1$, у воздуха $n=1,4$. В связи с этим, при заданной степени расширения давление у пара получается выше, чем у воздуха, а это значит, что у пара будет больше выполняемая работа на участке расширения. При одинаковой степени сжатия конечное давление у пара будет ниже, чем у воздуха, а следовательно, работа, затрачиваемая на сжатие пара будет меньше, чем работа, затрачиваемая на сжатие воздуха.

Отсюда следует, что при параметрах парораспределения установлены по варианту работы молота на пару ход поршня вверх после переключения молота на работу на сжатом воздухе будет происходить недоверхней мертвой точки, т.е. уменьшаться величина хода. Это объясняется тем, что полезная работа расширения нижнего воздуха получается меньше, чем у пара и работа сопротивления сжатия верхнего воздуха выше, чем у пара. Поэтому, чтобы при таком переходе с пара на сжатый воздух получить полный рабочий ход и полную эффективность удара, необходимо увеличить период пуска свежего пара или воздуха. Это достигается путем перемещения золотника. В противном случае может произойти поломка.

Чтобы увеличить энергетику пара используют перегретый пар, минимальная температура которого равна 150-200 (240)°С. При расширении пара происходит резкое падение температуры среды. В этом случае конечная температура не опускается ниже 53°С. При дополнительном подогреве увеличивается работа расширения при одинаковых начальных давлениях, что уменьшает весовой расход энергоносителя.

Индикаторные диаграммы паровоздушных молотов

Работа пара в верхних и нижних полостях цилиндра сопровождается определенными рабочими процессами, которые можно приближенно изобразить при помощи упрощенных теоретических индикаторных диаграмм. Эта диаграмма является абстрактной и составляется исходя из следующих предположений:

- мгновенное открытие и закрытие окон в золотниковой втулке;
- отсутствие всяческих потерь при движении пара.

Рассмотрим диаграмму для нижней полости цилиндра:

γH_m – наибольший ход поршня при отсутствии поковки, он обозначает период наполнения нижней полости цилиндра. Этот период зависит от расстояния верхней кромки нижнего окна во втулке до нижней полки золотника. Пар поступает в нижнюю полость цилиндра через нижнее окно золотниковой втулки. Поскольку золотник связан с подвижными частями, то при их подъеме золотник поднимается, закрывая окно.

βH_m – в это время золотниковая втулка закрыта, идет расширение пара ($pV = \text{const}$). Точка «в» - отсечка нижнего пара. Это отрезок расширения нижнего пара.

$(1 - \gamma - \beta) H_m$ – это участок, на котором происходит выпуск нижнего пара, т.е. давление точки «с» резко падает до давления p_1 . В момент точки «с» нижняя полость цилиндра соединяется с выпускным трубопроводом и давление становится чуть больше атмосферного.

Рассмотрим верхнюю полость цилиндра при ходе подвижных частей вверх:

В начале подъема на участке $(1 - \gamma' - \beta') H_m$ происходит выпуск верхнего пара в выпускную трубу.

В точке «в'» происходит отсечка верхнего пара.

$v'c'$ - сжатие верхнего пара на участке $\beta' H_m$.

На участке $\gamma' H_m$, поршень подходит к точке c' , происходит падение давления до P и далее эта полость соединена с трубопроводом свежего пара (пуск свежего пара).

Рассмотрим диаграмму для верхней полости цилиндра при ходе вниз:

$\lambda' H_m$ - подается свежий пар в верхнюю полость.

в точке d' происходит мгновенная отсечка верхнего пара и идет расширение поступившего пара. $d'f'$ - кривая расширения верхнего пара.

в точке f' верхняя полость соединилась с отводом пара и давление падает до P_1 .

Рассмотрим, что происходит с нижним паром при движении вниз:

на участке $(1 - \gamma - \beta) H_m$ нижняя полость цилиндра соединена с атмосферой под давлением P_1 .

в точке d происходит отсечка нижнего пара и на участке βH_m происходит его сжатие ($pV = \text{const}$) по кривой df .

в точке f происходит соединение нижней полости цилиндра с магистралью свежего пара, давление возрастает до максимального.

На участке γH_m происходит подача свежего пара в нижнюю полость.

Участки $\phi_u H_m$ и $\phi_o H_m$ - вредные области, в которых поршень не должен перемещаться. Эти области предназначены для предотвращения удара поршня о дно и крышку цилиндра.

Действительная индикаторная диаграмма

Ее получают при испытаниях молота путем регистрации изменения давления в обеих полостях рабочего цилиндра. Эта диаграмма очень отличается от теоретической. В связи с этим при расчете молотов строят аналитические диаграммы (предположительные), которые по своей сути близки к действительным. При этом они учитывают следующее:

- ✓ все местные сопротивления при протекании пара в выпускной и впускной трубе при его протекании через дроссель и по каналам золотниковой втулке;
- ✓ учитывается скорость протекания пара;
- ✓ принимается, что открытие и закрытие золотниковых окон происходит не мгновенно, а в течении определенного времени.

Различают полные и неполные единичные удары. Полный единичный удар происходит при полном наполнении верхнего пара и полном выпуске нижнего пара. Поэтому, для его выполнения золотник должен быть поднят на такую высоту, чтобы до конца хода вниз окна золотниковой втулки не были полностью перекрыты. При таком ударе получаем наибольшую энергию удара.

Определение скорости подвижных частей молота.

Для молота простого действия скорость может быть найдена на основании следующего уравнения: $G - R = mj$,

G - сила тяжести подвижных частей;

R - сила трения ($R = 0,1 \times G$);

m - масса подвижных частей;

j - ускорение в момент удара.

$$j = \frac{0,9 \times G}{m} = 0,9 \times g$$

$$v = j \times t,$$

$$H = \frac{j \times t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{j}}, \quad v = \sqrt{1,8 \times g \times H_{\max}}.$$

У молота двойного действия с неподвижным шаботом скорость в момент удара:

$$v = \sqrt{\frac{2L_s}{m}},$$

L_s - эффективная энергия, которая определяется на основании индикаторной диаграммы.

Определение числа ударов в минуту:

$$n = \frac{60}{t_u},$$

$$t_u = t_H + t_V + t_B + t_{II},$$

t_H - время движения вниз;

t_V - время удара (0,001 сек.);

t_B - время подъема подвижных частей вверх;

t_{II} - время паузы (удержания на весу).

Определение размеров поршня и цилиндра

F_n - площадь поршня для молота двойного действия.

$$F_n = \frac{m \times j_B + 1,1 \times G}{(p - 100) \times \alpha - 1,5 \times p_1 + p_0 \times (1 - \alpha)},$$

m - масса подвижных частей;

j_B - ускорение при ходе вверх;

G - вес подвижных частей;

p - рабочее давление пара (сжатого воздуха);

α - коэффициент, который равен отношению кольцевой площади (под поршнем) к общей площади поршня;

p_1 - давление отработанного пара;

p_0 - атмосферное давление.

$$j_B = \frac{4 \times H_m \times n^2}{(60 - 0,3 \times H_m) \times (60 - 0,3 \times H_m \times n)}.$$

Высота поршня выбирается в зависимости от диаметра штока поршня (составляет 100-85% от диаметра штока).

Внутренний номинальный диаметр цилиндра принимают равным номинальному диаметру поршня.

При установлении толщины стенки учитывают возможности дополнительных расточек цилиндра, а также недостаточную плотность материала при литье.

Исходя из практических данных, для литых стальных цилиндров толщину стенки принимают в среднем 0,1 от внутреннего диаметра цилиндра, а толщину стенок вставных чугунных втулок 0,05 от внутреннего диаметра.