

угла конусности от радиуса закругления ребра матрицы, но можно предположить, что с увеличением радиуса вытяжной кромки матрицы угол конусности на начальном этапе деформирования уменьшается, что обеспечивает вытяжку без гофрообразования.

**Список литературы:** 1. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке / В.П. Романовский. – Л.: Машиностроение, 1979. – 520 с. 2. Справочник конструктора штампов. Листовая штамповка / [В.Л.Марченко, Л.И. Рудман, А.И. Зайчук и др.]; под ред. Л. И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с. 3. Аверкиев Ю. А. Технология холодной штамповки / Ю.А. Аверкиев, А.Ю Аверкиев – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с. 4. Шофман Л. А. Элементы теории холодной штамповки / Л. А. Шофман – М.: Оборонгиз, 1952. – 335 с. 5. Сторожев М. В. Теория обработки металлов давлением / М. В. Сторожев, Е. А. Попов. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с. 6. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки / Е.А. Попов. – М.: Машиностроение, 1977. – 278 с.

Надійшла до редколегії 19.10.2012

УДК 621.7.044

**Анализ условий формоизменений относительно толстолистовых заготовок с целью расширения возможностей процесса деформирования/ Аргат Р.Г., Пузырь Р.Г.// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків НТУ «ХПІ». – 2012. – № 46(952). – С. 13-18. – Бібліогр.:6.**

У статті проаналізовані можливості формозмін листових заготовок операцією витягування без притиску фланця. Показано, що коефіцієнт витягування залежить від геометричних параметрів заготовки, виробу, що отримується і геометрії інструменту. Теоретично обґрунтовано, що на величину приросту меридіонального напруження від вигину заготовки на кромці матриці великий вплив чинить радіус закруглення кромки і кут між утворюючою конуса і віссю симетрії.

**Ключові слова:** формозміна, матриця, спосіб витягування, складкоутворення, штамп.

In the article possibilities changes of form of sheet purveyances are analysed by the operation of extraction without the clamp of flanc. It is shown that the coefficient of extraction depends on the geometrical parameters of purveyance and got good and geometry of instrument. It is reasonable in theory, that on an increment of meridional tensions size from the bend of purveyance on the edge of matrix large influence renders the radius of rounding of edge and corner between the generatrix of cone and axis of symmetry.

**Keywords:** changes of form, matrix, method of extraction, formation of folds, stamp.

УДК 621.979.1

**Е. М. ВАНЮШЕНКО**, студентка, НТУ «ХПІ»

**К. В. ГРЕБЕННИК**, студент, НТУ «ХПІ»

**В. Я. ДАНИЛЕНКО**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА РАБОЧИХ ОРГАНОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ШТАМПОВОЧНОГО МОЛОТА**

В статье выполнен анализ работы паровоздушного штамповочного молота (ПШМ), работающего на воздухе, и влияние износа золотника и золотниковой втулки на энергосиловые параметры и производительность молота. Выполненные исследования позволяют скорректировать работу ПШМ в производственных условиях, и сделать вывод о необходимости в процессе эксплуатации ПШМ своевременно осуществлять смазку сопрягаемых деталей распределительного механизма и не допускать чрезмерного их износа.

**Ключевые слова:** паровоздушный штамповочный молот, распределительный механизм молота, мятая пара или воздуха, нижняя и верхняя полости цилиндра.

© Е.М. Ванюшенко, К.В. Гребенник, В.Я. Даниленко, 2012

**Актуальность темы.** Уменьшение серийности производства на заводах, привело к нецелесообразности использования отработанного пара с теплоэлектростанций, т.к. такой энергоноситель невыгодно использовать при малой загрузке оборудования. В таких условиях способы и приемы эксплуатации молотов, к которым привыкли технологи, и механики кузнечных цехов устарели и стали приводить к убыточности производства. Поэтому некоторые предприятия переходят на сжатый воздух, модернизируя заводскую воздушную систему. Замена влажного пара на сжатый воздух, который обладает другим коэффициентом адиабаты и отличается некоторыми другими свойствами, отразилась на режимах работы кузнечных молотов, например, наблюдалось падение производительности и снижения энергии полного удара. Таким образом, в данной работе, используя ранее выполненные исследования, производится исследование распределительного механизма штамповочного молота. Основное внимание уделяется изучению газодинамических процессов, происходящих в распределительном механизме, с целью выявления недостатков в работе, конструкции и нахождения путей их устранения. Актуальность этого направления объясняется тем, что в настоящее время наблюдается тенденция к усовершенствованию систем управления кузнечными молотами так, чтобы эти системы могли бы точно дозировать объемы энергоносителя, поступающего в рабочий цилиндр и получать заданную ГОСТом энергию удара.

Учитывая то, что в настоящее время, служба механика в цехе практически отсутствует и не проводятся профилактические и ремонтно-восстановительные работы то данное исследование поможет производителям.

В процессе эксплуатации молотов, даже при хорошем уходе, имеет место износ сопрягаемых поверхностей трущихся деталей. Из литературы известно, что износ деталей молота, может достигать нескольких миллиметров. Этот износ неравномерен как по периметру сопрягаемых деталей, так и на пути их перемещения. Как известно износ приводит к увеличению зазора и как следствие нарушению герметичности в сопрягаемых поверхностях. Нарушение герметичности в распределительном механизме молота приводит к утечкам энергоносителя, что в свою очередь влияет на процесс его работы в приводе, т.е. в цилиндре молота.

Так как учесть неравномерность износа довольно сложно то в работе зазор принимали по периметру равномерным, учитывая то обстоятельство, что любой неравномерный зазор сравнительно просто можно привести к равномерному по равноценной площади.

Относительная приведенная площадь показывает зависимость между величиной площади зазора между золотником и втулкой к площади поршня данного молота.

$$F_{np} = \frac{\pi \cdot (d^2 - d_1^2)}{4 \cdot 0,1F}$$

где  $d$  и  $d_1$  – соответственно диаметр золотниковой втулки, золотника  $m$ ;

$F$  – площадь поршня,  $m^2$ .

Величина  $F_{np}$  может принимать значения от нуля до единицы. В данном случае выражение представляет собой функцию двух переменных, независимые переменные здесь:  $d_1$  и  $F$ . Результаты расчетов показаны в виде числовых данных, а также в виде трехмерного графика изображенного на рис. 1

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПЛОЩАДЬ

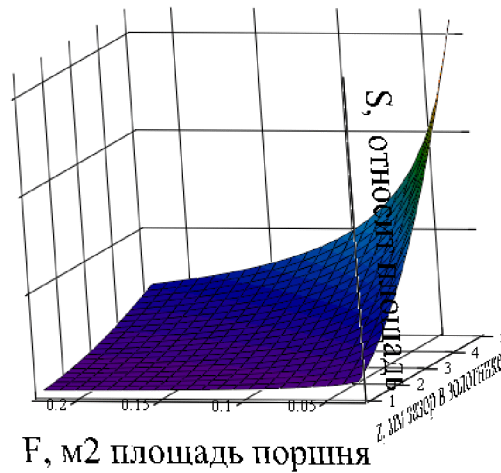


Рис. 1 – График относительной площади в зависимости от площади поршня (тоннажа молота) и величины зазора между золотником и втулкой

Из графика следует, что с увеличением величины тоннажа молота размер зазора меньше влияет на утечку энергоносителя из золотникового распределителя, т.к. общие расходы воздуха, затрачиваемые на работу оборудования, резко возрастают с увеличением диаметра рабочего цилиндра.

В кольцевой зазор, образовавшийся в процессе эксплуатации молота, происходит нежелательные перетекания сжатого воздуха, как в рабочем цилиндре, так и в золотниковом распределителе. Эти потери, хотя и не приводят к прямым утечкам в атмосферу, но теме не менее могут исказить циклы работы молота, что приведет к снижению энергии удара и производительности оборудования. Аналогичный процесс происходит в рабочем цилиндре в зазор между уплотнительными кольцами поршня и рубашкой (втулкой) цилиндра, эта тема подробно рассматривалась в работе [6].

Зависимости площади кольцевого и относительной площади зазора показаны на рис.2. и 3 и имеют как видно из графиков примерно линейную зависимость

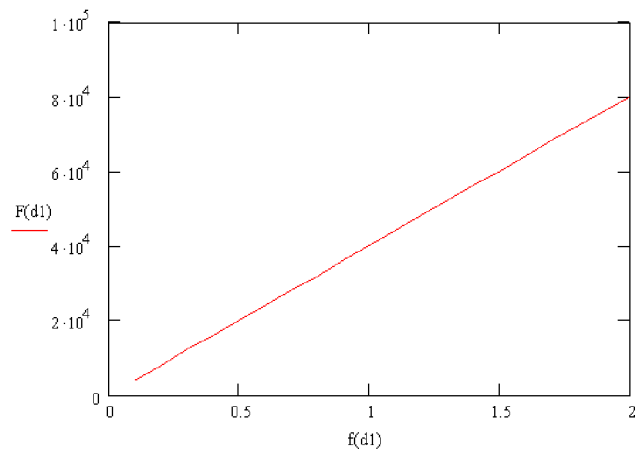


Рис. 2 – График зависимости площади кольцевого отверстия между полкой золотника и стенкой втулки от величины зазора между ними

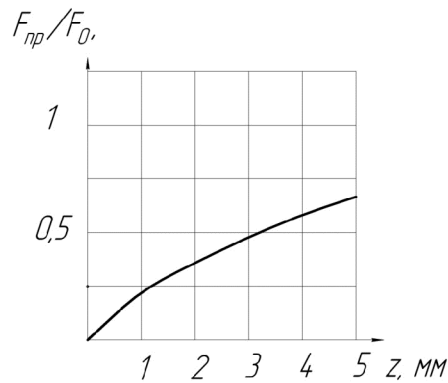
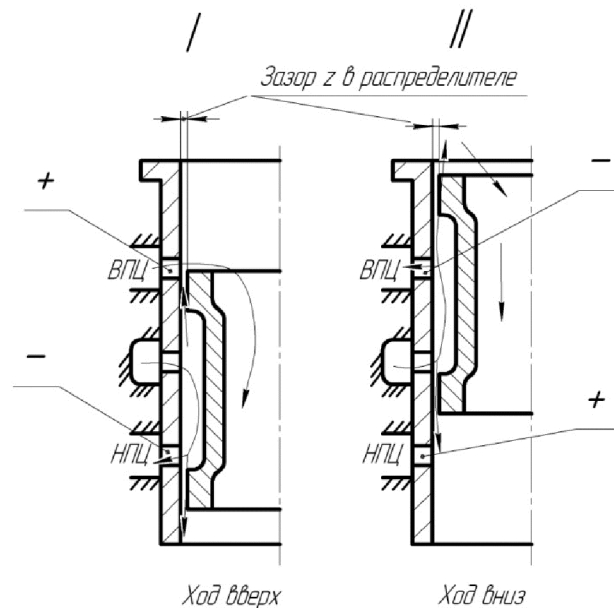


Рис. 3 – График относительной площади в зависимости от площади поршня (тоннажа молота) и величины зазора между золотником и втулкой

На рис. 4 показано, каким образом, происходит изменение давление в верхней (ВПЦ) и нижней полостях цилиндра (НПЦ). При ходе вверх воздуха, который вытекает из ВПЦ, встречается с энергоносителем, перетекающим через изношенный зазор. Этот воздух, создавая избыточное давление, препятствует выходу энергоносителя из ВПЦ, вследствие чего наблюдается повышение давления в этой полости. В свою очередь, в НПЦ происходит падение давления за счет того, что часть воздуха, которая из средних окон через нижние окна должна попасть в НПЦ, выходит через зазор между нижней полкой золотника и втулкой в выпускной трубопровод. Аналогичное явление происходит при ходе вниз.



(+) – повышение давления в полости цилиндра;      (–) – падение давления в полости цилиндра

Рис. 4 – Влияние перетекания энергоносителя в зазор золотниковой втулке на давления в полостях рабочего цилиндра

Расчет объема газа, вытекающего через зазор, определяли по зависимостям Сен-Венана-Ванцеля. С помощью этой формулы можно вычислить объем газа, если известны давление и плотность газа перед отверстием и давление в пространстве, куда вытекает газ [1, 2, 5].

$$V = f \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot k}{k-1} g p_0 \gamma_0 \left[ \left( \frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{2}{k}} - \left( \frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}$$

где  $f$  – площадь кольцевого отверстия,  $f = \varphi(z)$ ;  
 $z$  – зазор между золотником и втулкой;  
 $p_0$  – давление в выпускном трубопроводе, Па;  
 $\gamma_0$  – удельный объем, м<sup>3</sup>/кг;  
 $p_1$  – давление между полками золотника, Па.

Результаты расчёта, приведенные на рис. 5, говорят о больших объемах газа, проходящих через кольцевой зазор и их пропорциональном увеличении с увеличением зазора.

Изменение объема энергоносителя в ВПЦ и НПЦ молота приводит к изменению давления в соответствующих полостях, следовательно, приводит к изменению энергетики привода (цилиндра молота) в разные периоды работы. Работа определяется по индикаторным диаграммам соответствующего цикла штамповочного молота. Сумма индикаторных работ верхней и нижней полостей равна работе расширения энергоносителя за время подъема бабы и опускания ее вниз при ударе [3].

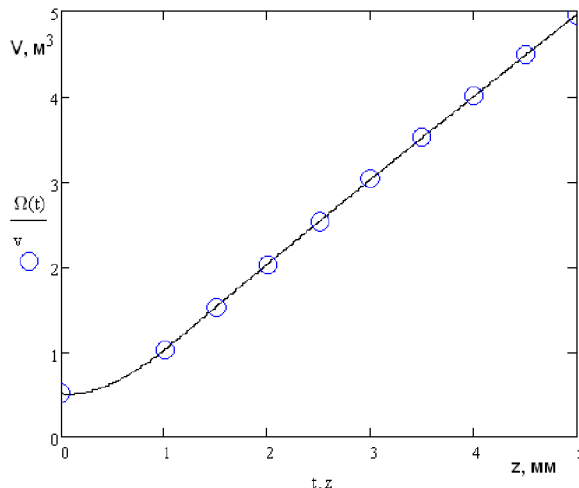


Рис. 5 – Объем воздуха  $V$ , вытекающий через кольцевой зазор, в зависимости от величины зазора  $z$

Для определения давления в полостях цилиндра воспользовались уравнениями энергетического баланса для периода наполнения и опораживания переменного объема цилиндра.

$$x_{\text{в}} = (1 + \varphi_{\text{н}} + \varphi_{\text{в}}) H_m - x \quad \dot{x}_{\text{в}} = -\dot{x} \quad \ddot{x}_{\text{в}} = -\ddot{x}$$

где  $\varphi_{\text{н}}$ ,  $\varphi_{\text{в}}$  – коэффициенты нижнего и верхнего соответственно вредного пространства в цилиндре;

$H_m$  – полный ход поршня.

Эти уравнения представляют собой обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка, где неизвестной функцией есть давление в зависимости от времени. Решением этих уравнений являются функции, показанные в выражениях соответственно.

$$y = p(t) = \frac{1}{t^A} \left( \frac{B}{A-1} \cdot t^{(1-A)} + C \right) = \frac{B}{A-1} \cdot t^{(1-2A)} + \frac{C}{t^A}$$

$$y = p(t) = \frac{1}{t^A} \left( -\frac{B}{A-1} \cdot t^{(1-A)} + C \right) = -\frac{B}{A-1} \cdot t^{(1-2A)} + \frac{C}{t^A}$$

где:  $A = k \cdot V$ ,  $B = k \cdot R \cdot T \cdot \Theta$  – коэффициенты, определяющие параметры математической модели, в состав которых входят следующие величины:

$k$  – коэффициент адиабаты для воздуха,  $k = 1,4$ ;

$V$  – переменный объем цилиндра,  $m^3$ ;

$R$  – газовая постоянная,  $R = 293 \text{ нм}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ ;

$T$  – абсолютная температура воздуха,  $T = 293 \text{ К}$ ;

$\Theta$  – весовой расход воздуха, который считается по формуле.

$$\Theta = 0,396 \cdot \xi \cdot f \cdot \frac{P}{\sqrt{T}}$$

где:  $\xi$  – коэффициент расхода  $\xi = 0,2$ ;

$f$  – площадь сечения окон золотниковой втулки,  $m^2$ ;

$p$  – давление энергоносителя во впускном трубопроводе,  $Па$ .

Для проверки адекватности результата выполнен расчет давления энергоносителя в функции хода поршня по упрощенным зависимостям термодинамики:

$$\text{для полости наполнения, } p_{ос} = \frac{p \cdot t_{ос} \cdot \xi \cdot f}{5,09 \cdot 10^{-5} \cdot V}$$

$$\text{полости опораживания } p_{ос} = \frac{t_{ос} \cdot (p_n + 20 \cdot p_0)}{V} + p_n$$

где:  $V$  – объем рабочей полости цилиндра в функции во времени,  $m^3$ ;

$p_n$  – давление, развиваемое в полости противодействия в период движения поршня,  $Па$ ;

$t_{ос}$  – время движения поршня,  $c$ .

Таким образом, по данным зависимостям произведен расчет и по его результатам построены индикаторные диаграммы для периодов работы молота: полного удара -- ход вниз и холостого хода вверх. Графики зависимости давления от хода поршня, рассчитанные по дифференциальному уравнению показаны на рис. 7, 8 и 9, а по упрощенным формулам – на рис. 6.

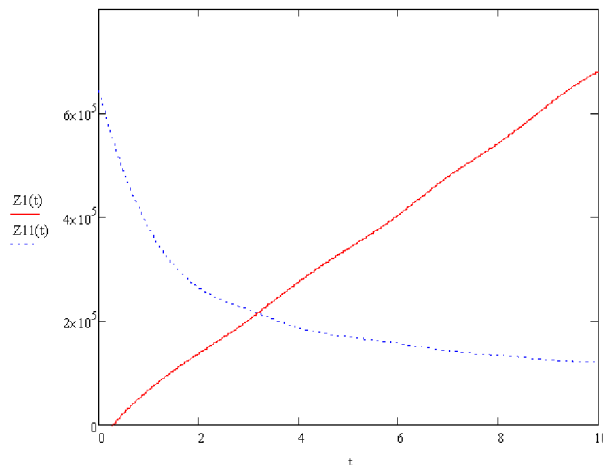


Рис. 6 – График зависимости давлений в верхней полости цилиндра  $Z1(t)$  и в нижней полости цилиндра  $Z11(t)$  полостях в зависимости от хода поршня для полного удара по упрощенным формулам