

УДК 621.779:621.735.32+621.735.6.004

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ШТАМПОВКИ С КРУЧЕНИЕМ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК

© 2013 Н.А. Евдокимова

Воронежский государственный технический университет

Поступила в редакцию 28.03.2013

В статье рассматривается решение задачи по определению кинематических и силовых параметров, знание которых необходимо для расчета на прочность несущей части, основных элементов пресса и его привода. Получены соотношения для расчета линейных и угловых деформаций, а также деформирующих заготовку нагрузок.

Ключевые слова: осадка с кручением, деформация, момент инерции, коэффициент трения скольжения, маховик, винтовая передача

В обработке металлов давлением придается большое значение разработкам конструкций пресового оборудования для комбинированной штамповки заготовок. Это вызвано, в первую очередь, внедрением в производство инновационных технологий осадки с кручением невысоких цилиндрических заготовок с целью улучшения в них микроструктуры [1], обеспечивающей высокие эксплуатационные свойства (прочность, стойкость, износостойкость и др.). В связи с этим в работе [2] предлагается конструктивная схема пресса для штамповки с кручением, существенно отличающаяся от конструкций прессов [3, 4], использующих кривошипные механизмы для нагружения заготовок.

Для проектирования техпроцесса осадки с кручением заготовок с исходными размерами $D_0 \times H_0$ (диаметр \times высота) возникает необходимость знания кинематических и силовых параметров пресса, обеспечивающих обработку заготовок до проектных размеров $D \times H$ с заданными соотношениями между относительной (ϵ) и угловой (γ) деформациями. В статье рассматривается решение задачи определения технологических параметров обрабатываемой заготовки применительно к предложенной в работе [2] пресса.

На рис.1 представлена верхняя часть пресса, включающая винт 3, вспомогательный маховик 4 и стопорный элемент 10 в виде штока с поршнем 11, установленным в цилиндре 12 и прижатым к маховику 4 под давлением жидкости (q). В нормальном положении ($q=0$) под действием пружины сжатия 13 шток 10 отводится от боковой поверхности

маховика 4, и тем самым при включенном приводе пресса указанный маховик вместе с винтом 3 будет вращаться с приводным маховиком 2 с угловой скоростью ω_2 , как одно целое. При этом подпятник 5 вместе с закрепленным на нем пуансоном будет только вращаться с угловой скоростью ω_2 , и поэтому установленная в штампе пресса заготовка с указанными исходными размерами останется необработанной пластически.

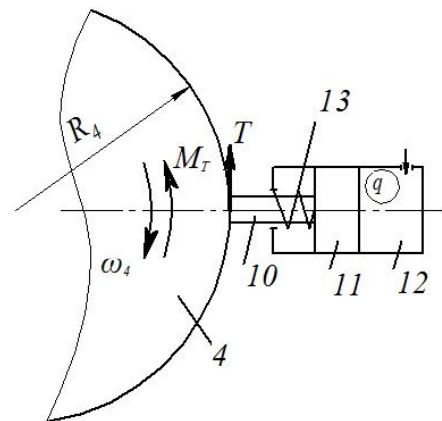


Рис. 1. Схема стопорения вспомогательного маховика

Для приложения нагрузки к заготовке необходимо подать в рабочую полость цилиндра 12 жидкость под давлением q , в результате чего шток будет прижиматься к маховику 4 нормальной силой, равной

$$Q = kqF_{11}, \quad (1)$$

где F_{11} – площадь торца поршня 11, k – число штоков 10. Под действием этой силы на боковой поверхности будет возникать сила трения

$$T = Qf_1 = kqF_{11}f_1, \quad (2)$$

где f_1 – коэффициент трения скольжения.

Евдокимова Наталья Александровна, аспирантка. E-mail: evdokimovanatasa@mail.ru

В свою очередь эта сила вызовет тормозящий маховик 4 момент M_T , препятствующий свободному вращению маховика 4, и тем самым вызывающий вращение этого маховика вместе с винтом 3 относительно приводного маховика 2 с угловой скоростью, равной

$$\Delta\omega = M_T t / J \quad (3)$$

Здесь $J=J_3+J_4$, где J_3, J_4 – моменты инерции винта 3 и маховика 4; t – время, отсчитываемое с момента соприкосновения пуансона с заготовкой и до конца процесса обработки заготовки, c . Тормозной момент в данном соотношении определяют по формуле

$$M_T = kqF_{11}f_1R + Qf_2R'_4 \quad (4)$$

Здесь R_4 – наружный радиус маховика 4; $Q=Q_3+Q_4$, где Q_3, Q_4 – веса винта 3 и маховика 4; R'_4 – средний радиус кольцевой поверхности маховика 4, находящейся в контакте со станиной 1; f_2 – коэффициент трения скольжения на опорной поверхности станины. В связи с возникновением в прессе момента M_T винт 3 вместе с подпятником 5 будет согласно конструктивной схеме перемещаться вниз относительно маховиков 2 и 4 с линейной скоростью v_3 , равной

$$v_3 = \frac{30n\Delta\omega S}{\pi} \quad (5)$$

где n, S – соответственно число заходов и шаг резьбы в винтовой передаче (винт 3 – маховик 2).

После подстановки выражения (3) с учетом (4) в это соотношение получим

$$v_3 = At, \quad (6)$$

$$A = \frac{30nS(kF_{11}qf_1R_4 + Qf_2R'_4)}{\pi J}$$

Таким образом, при торможении маховика 4 с помощью штоков 10, установленная в штампе пресса заготовка будет осаживаться со скоростью v_3 и скручиваться с угловой скоростью ω_2 . При этом относительная деформация осадки заготовки будет определяться по соотношению $\varepsilon = \frac{\Delta H}{H_0} = \frac{v_3 t}{H_0}$ или с учетом выражения (6) эта деформация будет равна

$$\varepsilon = At^2 / H_0 \quad (7)$$

Угловая деформация в произвольной точке поперечного сечения заготовки с координатой ρ в радиальном направлении составит

$$\gamma = \frac{\omega_2 \rho t}{H_0 - v_3 t} \quad (8)$$

Максимальный сдвиг будет иметь место на контуре сечения заготовки ($\rho_{\max}=R$, где R – текущий радиус заготовки) и будет равным

$$\gamma_{\max} = \frac{\omega_2 t R}{H_0 - v_3 t}$$

или с учетом выражений $R = R_0 \sqrt{1/(1-\varepsilon)}$, (8) и (7)

$$\gamma_{\max} = \frac{\omega_2 H_0 R_0 t}{(H_0 - At^2)^{3/2}} \quad (9)$$

В процессе нагружения отношение γ_{\max} к ε будет монотонно изменяться, его можно оценить с помощью параметра

$$c = \frac{\lambda_{\max}}{\varepsilon} = \frac{\omega_2 H_0 R_0 t}{A(H_0 - At^2)^{3/2}} \quad (10)$$

Для примера рассматривается осадка с кручением заготовки с размерами $D_0=100$ мм; $H_0=20$ мм, при следующих кинематических характеристиках процесса обработки заготовки: $\omega_2=1(1/c)$; $f_1=0,1$; $f_2=0$; $R_4=0,25$ м; $k=2$; $S=5$ мм; $n=1$; $J=J_4=1,25$ Н·мм·с²; $q=0,1$; $0,2$; $0,3$ МПа;

$$F_{11} = \frac{\pi 100^2}{4} = 7,85 \cdot 10^3 \text{ мм}^2$$

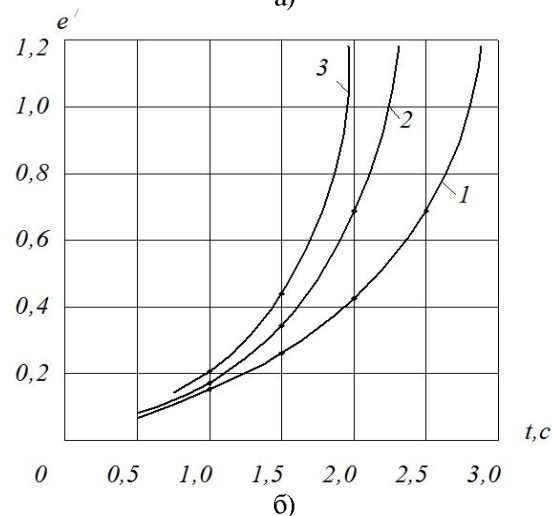
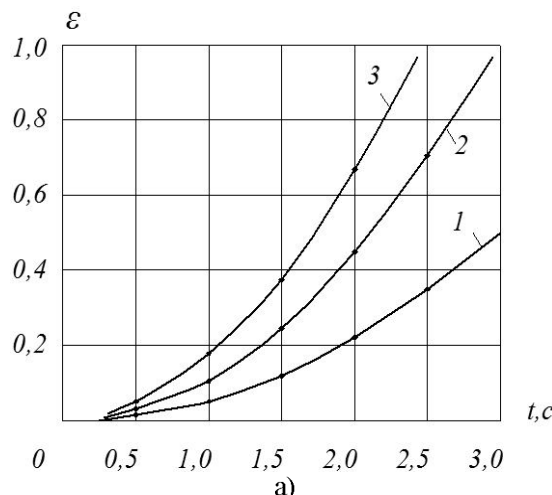


Рис. 2. Графики изменения: а) относительной ε и б) деформации сдвига e' в зависимости от времени t

На рис. 2 представлены графики изменения деформаций ε и $e' = \gamma_{\max} / \sqrt{3}$ в зависимости от времени. Здесь 1 – $q=0,1$ МПа, 2 – $q=0,2$ МПа, 3 – $q=0,3$ МПа. Из рисунков следует, что указанные деформации монотонно возрастают с увеличением времени t и давления q в рабочей полости гидроцилиндра 12. Из последнего следует, что с увеличением тормозного момента M_T на маховике 4 происходит соответственно увеличение скорости винта 3 v_3 , приводящее к интенсивному уменьшению высоты обрабатываемой заготовки H , а, следовательно, и к увеличению максимальной угловой деформации γ_{\max} .

На рис. 3 приведен график изменения параметра $c' = e'/\varepsilon$, из которого следует, что отношение максимальной деформации сдвига e' к относительной ε не остается постоянной во времени, а меняется существенно. В начальный момент деформирования заготовки параметр c принимает наибольшее значение, далее с течением времени монотонно уменьшается до минимума, а затем вновь увеличивается.

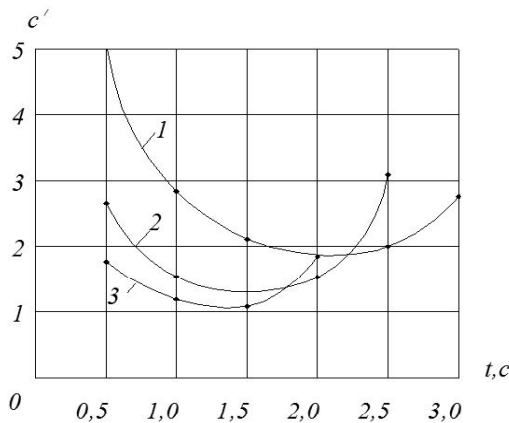


Рис. 3. График изменения отношения максимальной деформации сдвига к относительной деформации в зависимости от времени t

Деформирующие заготовку нагрузки – сила сжатия и скручивающий момент, согласно представленному в [5] решению задачи об осадке с кручением цилиндрических заготовок, можно определить соответственно по формулам:

$$\left. \begin{aligned} P &= 2\pi B \int_0^R e^n \Delta^{-1} \rho d\rho, \\ M &= \frac{2\pi(1-\varepsilon)B}{3\varepsilon R} \int_0^R e^n \Delta^{-1} \rho^3 d\rho. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Здесь $\Delta = \sqrt{1 + \frac{1}{3} \frac{\gamma^2 (1-\varepsilon)^2}{R^2 \varepsilon}} \rho^2$; B , n – характеристики материала в аппроксимации кривой течения по Надаи А.; $R = R_0 \sqrt{1/(1-\varepsilon)}$ – текущий радиус заготовки; $e = \ln \frac{1}{1-\varepsilon} \Delta$ – накопленная деформация. При расчете этих нагрузок деформации ε и γ следует определять по соотношениям (7) и (8), и в связи с этим они будут представлять собою функции времени t .

При проектировании для реализации процесса осадки с кручением необходимо знать потребляемую для обработки заготовки мощность, которую согласно законам механики можно определять по формуле

$$N = P v_3 + M \omega_2 \quad (12)$$

Подставив в это соотношение выражения (5), (11) получим формулу для расчета искомой мощности. Мощность электродвигателя будет равна

$$N_{\text{э}} = (P v_3 + M \omega_2) / \eta, \quad (13)$$

где η – общий КПД прессы с электромеханическим приводом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Утяцев, Ф.З. Связь между деформированным и структурным состояниями металла при интенсивной пластической деформации // КИШ. ОмД. 2011. №7. С. 31-36.
2. Хван, А.Д. Пресс для комбинированного нагружения при обработке металлов давлением / А.Д. Хван, П.М. Панин // КИШ. ОмД. 2011. №10. С. 36-39.
3. Патент 2303527РФ, МКИ В30В1/26. Пресс для штамповки с кручением / А.Ю. Бойко, М.В. Семеновженков. А.с. 1117226 СССР, МКИ В30В1/26. Пресс для штамповки с кручением / А.В. Сафонов, Б.А. Степанов, В.Н. Субич и др.
5. Дмитриев, А.Д. Улучшение эксплуатационных свойств элементов конструкций пластическим деформированием / А.Д. Дмитриев, А.Т. Крук, А.Д. Хван. – Воронеж: изд-во ВГУ, 2011. 214 с.

DETERMINATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS FOR REALIZATION THE PROCESS OF STAMPING WITH TORSION OF CYLINDRICAL PREFORMS

© 2013 N.A. Evdokimova
Voronezh State Technical University

In article the solution of a problem on determination the kinematic and power parameters which knowledge is necessary for calculation on durability of bearing part, basic elements of a press and its drive is considered. Ratios for calculation the linear and angular strains, and also loadings deforming preform are received.

Key words: *settling with torsion, deformation, moment of inertia, coefficient of sliding friction, flywheel, screw gear*