

посібник / О.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Г.В. Новиков та ін. – К.: ІСДО, 1995. – 180 с. 5. Новиков Ф.В. Теоретичні основи механічної обробки високоточних деталей : монографія / Ф.В. Новиков, І.О. Рябенков. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2013. – 352 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Maslov E.N. Teoriya shlifovaniya metallov / E.N. Maslov. – Moscow: Mashinostroeniye, 1974. – 319 p. 2. Yakimov A.B. Optimizatsiya protsessa shlifovaniya / A.V. Yakimov. – Moscow: Mashinostroeniye, 1975. – 175 p. 3. Lure G.B. Shlifovanie metallov / G.B. Lure. – Moscow: Mashinostroeniye, 1969. – 197 p. 4. Yakimov O.V. Vysokoproduktyvne shlifivannya: navchaynyi posibnyk / O.V. Yakimov, F.V. Novikov, G.V. Novikov ta in. – Kharkiv: ISDO, 1995. – 180 p. 5. Novikov F.V. Teoretychni osnovy mekhanichnoi obrobky vysokotochnykh detaiei: monografiya / F.V. Novikov, I.O. Ryabenkov. – Kharkiv: Vyd. KNEU – 2013. – 352 p.

Поступила (received) 23.10.2014р.

УДК 621.777.4

С. Ф. САБОЛ, канд. техн. наук, доц., НТУУ «КП», Київ

## ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ШТАМПУ ДЛЯ ХОЛОДНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ВІСЕСИМЕТРИЧНИХ ВИРОБІВ ЗІ СТУПІНЧАСТОЮ ПОРОЖНИНОЮ З РОЗТЯГНЕННЯМ СТІНКИ ЗАГОТОВКИ

Приведено схему конструкції штамп для холодного видавлювання порожнистих вісесиметричних виробів зі ступінчастою порожниною з розтягненням стінки заготовки. На основі використання закону збереження об'єму, здійснено розрахунки конструктивних розмірів штамп: розміри верхньої та нижньої порожнини контейнера, розміри регульовального кільця, використання якого дає змогу змінювати швидкість переміщення контейнера у відповідності до зміни швидкості металу стінки заготовки, в процесі деформування, що забезпечує постійне зщеплення каналу контейнера з буртом стінки заготовки що видавлюється.

**Ключові слова:** холодне видавлювання, вісесиметричні вироби, ступінчаста циліндрична порожнина, розтягнення, штамп для видавлювання.

**Вступ.** Використання високопродуктивних процесів холодного видавлювання порожнин дозволяє суттєво зменшити витрати металів при забезпеченні точності, високих механічних властивостей та експлуатаційних характеристик виробів. Але високі питомі зусилля, які виникають при реалізації вказаних процесів, обмежують використання холодного видавлювання, зумовлюючи низьку стійкість інструменту. Одним із шляхів зменшення зусилля холодного видавлювання є зміна схеми напруженого стану процесу: з схеми всебічного нерівномірного стиску – на стискувально-розтягувальну, що забезпечують процеси видавлювання з роздачею та з розтягненням стінки заготовки.

Холодне видавлювання з розтягненням стінки заготовки дозволяє, в порівнянні з іншими способами формоутворення порожнистих виробів, досягати найбільшого зниження питомих зусиль на деформуючому

інструменті. Існуючі конструкції штампів [1] для реалізації вказаних процесів передбачають використання додаткових приводів, що значно підвищує їх громіздкість та вартість.

**Метою** статті є визначення конструктивних параметрів штампів, що дають змогу реалізувати холодне видавлювання виробів зі ступінчастою порожниною з розтягненням стінки заготовки без використання додаткових приводів.

На кафедрі МПМ та РП розроблено конструкції штампів які дають змогу реалізувати процес холодного видавлювання вісесиметричних деталей з розтягненням стінки заготовки в яких розтягувальне напруження створюється за допомогою рідини високого тиску. Такі штампи не потребують використання складного ковальсько-штампувального обладнання подвійної або потрійної дії.

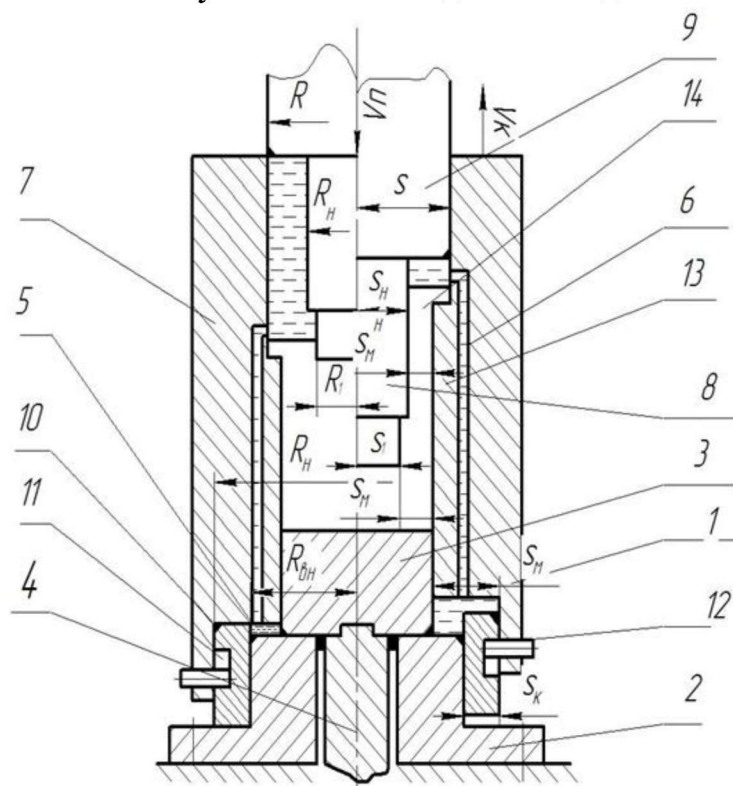


Рис. 1 – Конструкція штампів для видавлювання порожнистих виробів зі ступінчастою порожниною

На рис. 1 зображено конструкцію штампів для видавлювання порожнистих виробів зі ступінчастою порожниною, (ліворуч – від вісі симетрії показаний вихідний стан перед видавлюванням, праворуч – в процесі видавлювання). Принцип дії та конструкція приведеного штампів аналогічна конструкції штампів для видавлювання порожнини постійного діаметру, яка детально описана в роботі [4]. Особливість конструкції штампів для

видавлювання ступінчастих порожнин полягає в тому, що швидкість течії zdeформованого металу в стішці виробу при видавлюванні порожнин різних діаметрів різна – для порожнини більшого діаметру вона більша, в результаті чого, виникає необхідність регулювання швидкості переміщення матриці, яка повинна дорівнювати швидкості течії металу. Для виконання цієї функції передбачено регулювальне кільце 10, встановлене на опорі 2. При видавлюванні порожнини першої ступені

Розрахунок виконавчих розмірів верхньої та нижньої порожнини контейнера- матриці проводиться аналогічно [4]. В результаті отримуємо для верхньої порожнини:

$$R_8 = R = R_3 + 0,78 \cdot (R_3 - R_n)$$

де  $R_3$  – радіус заготовки,  $R_n$  - радіус пуансона першої ступені.

Радіус нижньої порожнини дорівнює

$$R_n^2 = R_3^2 \cdot \left( \frac{R^2 - R_n^2}{R_n^2} + 1 \right)$$

Розтягувальне зусилля прикладене в процесі деформування до стінки деталі визначається як

$$P = q \cdot \pi \left( (R_n^2 - R_3^2) - (R_8^2 - R_n^2) \right)$$

Розміри регульовального кільця знаходяться з наступних міркувань.

Швидкості переміщення матриці при формозміші порожнин двох ступенів знаходимо з рівняння рівності витрат, які в випадку видавлювання першої ступені порожнини мають наступний вигляд:

$$\begin{aligned} v_n \cdot S_n + v_M \cdot S_M^I &= v_K \cdot S_H \\ v_n \cdot S_I &= S_M^I \cdot v_M^I, \end{aligned}$$

де  $v_n$  - швидкість ступінчастого пуансона;

$v_K$  – швидкість руху матриці-контейнера;

$v_M^I$  – швидкість течії металу;

$S$  – площа поперечного перерізу плунжера;

$S_I$  – площа поперечного перерізу першої ступені пуансона

$S_M^I$  – кільцева площа поперечного перерізу металу що витісняється з першої порожнини;

$S_H$  – площа нижньої камери контейнера.

Умова постійного зачеплення бурта заготовки з матрицею:

$$v_M^I = v_K$$

Вирішуючи систему отриманих рівнянь відносно площі  $S_H$ ,

$$\begin{aligned}v_n \cdot S + v_M \cdot S_M^I &= v_K \cdot S_H, \\v_n \cdot S_I &= S_M^I \cdot v^I, \\v_M^I &= v_K^I\end{aligned}$$

отримуємо

$$S_M = S_M^I \left( \frac{S}{S_I} + 1 \right).$$

Виражаючи площі через радіуси, отримуємо

$$R_H^2 = (R_u^2 - R_l^2) \left( 1 + \frac{R^2}{R_l^2} \right),$$

де  $R_H$  - радіус нижньої камери,

$R_u$  - радіус виробу

$R_l$  - радіус першої ступені пуансона

$R$  - радіус плунжера.

Аналогічні рівняння складають для випадку видавлювання другої ступені:

$$\begin{aligned}v_n \cdot S + v_M^{II} \cdot S_M^{II} &= v_K^{II} (S_M - S_K); \\v_n \cdot S_M^{II} &= v_M^{II} \cdot S_M^{(II)},\end{aligned}$$

де  $v_M^{II}$  - швидкість течії металу при формозміні другої ступені порожнини;

$S_M^{II}$  - площа металу що витискується при видавлюванні другої порожнини;

$v_K^{II}$  - швидкість матриці-контейнера при видавлюванні другої порожнини;

$S_K$  - площа поперечного перерізу регулювального кільця.

Використовуючи умову  $v_K^{II} = v_M^{II}$ , вирішуємо систему рівнянь відносно  $S_K$ .

$$S_K = \pi(R_3^2 - R_{\text{вн}}^2),$$

де  $R_{\text{вн}}$  - внутрішній радіус втулки;

$R_3$  - зовнішній радіус втулки;

знаходимо

$$R_{\text{вн}}^2 = \left( 1 + \frac{R^2}{R_{II}^2} \right) (R_u^2 - R_{II}^2),$$

де  $R_{II}$  - радіус другої ступені пуансона;

Таким чином, розміри втулки дорівнюють:

$$\begin{aligned}R_3 &= \sqrt{(R_u^2 - R_l^2) \left( 1 + \frac{R^2}{R_l^2} \right)}, \\R_{\text{вн}} &= \sqrt{\left( 1 + \frac{R^2}{R_{II}^2} \right) (R_u^2 - R_{II}^2)}.\end{aligned}$$

**Висновки:** отримано аналітичні залежності для визначення конструктивних розмірів штампового оснащення для видавлювання виробів з порожниною постійного діаметра та ступінчатою порожниною.

Список літератури: 1. Кудо Х. Холодное выдавливание с растяжением / Х. Кудо, М. Чинодзак // Экспресс-информ., Технология и оборудование кузнечно-штамповочного производства. – 1973. – № 42. – С. 18–30. 2. Башта Т. М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов. / Т. М. Башта, С. С. Руднев, В. В. Некрасов и др. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с. 3. А.с. №1357111 СССР, МКИ В 21 J 13/02. Устройство для штамповки деталей / Ю. Ф. Черный, В.Л. Калюжный, С.Ф. Сабол, А.В. Бондаренко (СССР). – № 4018087/25-27 Заявник та опубл. в бюл. №45, 1987. 4. Калюжный В.Л. Розробка конструкції та розрахунков конструктивних параметрів штампів для холодного видавлювання сталевих порожнистих виробів / В.Л. Калюжный, О.В.Калюжный, С.Ф.Сабол, В.В.Піманов // Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов Краматорск: ДГМА. – № 2(21) 2009.- С. 382-387.

**Bibliography (transliterated)** 1. Kudo H. Holodnoe vydavlivanie s rastyazheniem X. Kudo, Moscow. Chinodzaki Ekspres-inform., Tehnologiya i oborudovanie kuznechno-shtampovochnogo proizvodstva. – 1973. – No 42. – p. 18–30. 2. Bashta T. M. Gidravlika, gidromashiny i gidroprivody: uchebnyk dlya mashinostroitelnykh vuzov. T. M. Bashta, S. S. Rudnev, V. V. Nekrasov i dr. – 2-e izd., pererab. – Moscow: Mashinostroenie, 1982. – 423 p. 3. Pat. No1357111 URS, Mki v 21 j 1302. Ustrojstvo dlya shtampovki detalej U. F. Chernyj, V.L. Kalyuzhnyj, S.F. Sabol, (URS) – No 401808725–27 zayavnik ta opubl. v byul. No45, 1987. 4. Kalyuzhnij V.L. Rozrobka konstrukcii ta rozrachunok konstruktivnykh parametriv shtampu dlya xolodnogo vidavlyuvannya stalevix porozhnistix virobiv V.L. Kalyuzhnij, O.V.Kalyuzhnij, S.F.Sabol, V.V.Pimanov Obrabotka materialov davlenim. sbornik nauchnyx trudov Kramatorsk: DGMA. – No 2(21) 2009.- p. 382–387.

Надійшла (received) 03.11.2014

УДК 621.762.4

**Д. В. САВЕЛОВ**, канд. техн. наук, доц., КрНУ ім. М. Остроградського, Кременчук

## **ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ВИБРОСТОЛ – МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ПОРОШОК – ПУАНСОН» ПРИ ДВУСТОРОННЕМ ВИБРАЦИОННОМ ПРЕССОВАНИИ**

Представлена математическая модель динамической системы «вибростол – металлический порошок – пуансон», в которой металлический порошок представлен в виде системы с распределенными параметрами. Получены теоретические выражения, описывающие поведение динамической системы в рабочем режиме: закономерности движения и амплитуды колебаний вибростола и пуансона, которые учитывают направления и соотношения амплитуд возмущающих сил и угловые частоты вынужденных колебаний.

**Ключевые слова:** математическая модель, динамическая система, металлический порошок, вибростол, пуансон, амплитуда возмущающей силы.

**Введение.** При производстве изделий из металлических порошков тугоплавких металлов используют различные вибрационные методы.