

УДК 621.777.4

Євстратов В. О.
Підгірна В. О.**ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛЯ ШВИДКОСТЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧІ ВИДАВЛЮВАННЯ
НИЗЬКОЇ ЗАГОТІВКИ**

Процеси видавлювання займають особливе місце в машинобудівному виробництві України. видавлювання дозволяє отримати деталі з високими механічними властивостями, точними розмірами та малою шорсткістю її поверхонь. видавлюванням виготовляють деталі широкої номенклатури: ковпачки, втулки, гільзи, фланцеві деталі, з'єднувачі, корпуси тощо.

Окремою проблемою є виготовлення високоякісних низьких заготовок для виготовлення точних тонкостінних деталей складної форми. Тонкостінність деталі та якість заготовки пов'язані між собою. До того ж, при здійсненні операції видавлювання тонкостінних стаканів виникають високі навантаження на інструмент, що істотно зношують робочий інструмент – пуансон та матрицю – та можуть привести навіть до їх руйнування [1, 2].

Форма та розміри заготовки зумовлюють умови течії метала. Отже, для циліндричних деталей слід обирати циліндричні заготовки з таким зовнішнім діаметром, який би дорівнював зовнішньому діаметру деталі. Треба зазначити, що об'єм заготовки має бути точним [3], особливо для деталей, що штампуються в закритих штампах та мають складну форму.

Існує декілька способів виготовлення заготовок: відрізанням заготовки від прутка, вирубанням з листа, стисканням заготовки, стисканням кільця з дроту, ламанням заготовки тощо [3–5].

Отже, виготовлення низької заготовки з м'яких металів та сплавів, наприклад, зі сплавів алюмінію або міді, нашттовхується на складнощі.

Метою даної роботи є аналіз запропонованої у роботі [6] схеми для отримання точних низьких заготовок з кольорових металів та їх сплавів.

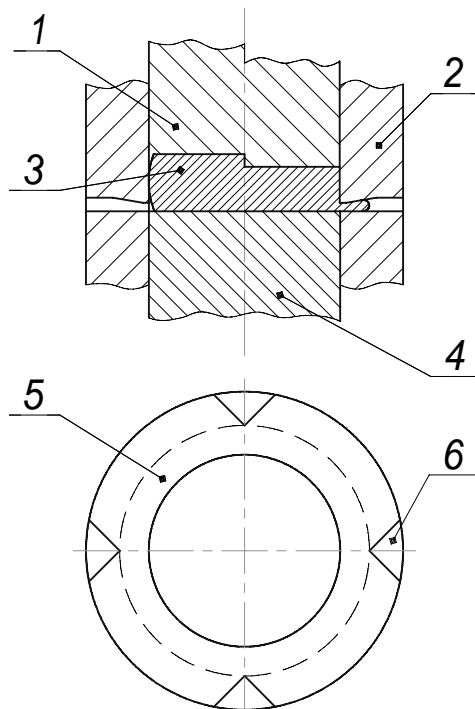


Рис. 1. Схема отримання точної низької заготовки:

1 – пуансон; 2 – матриця; 3 – заготовка; 4 – виштовхувач; 5 – грат; 6 – розсікач

Такий спосіб передбачає спочатку отримання заготовки з відношенням $l/d \geq 0,75 \dots 1,0$ відомим способом, а потім стискання заготовки за запропонованою схемою до відношення $l/d \geq 0,15$ при одночасному формуванні фаски на верхньому торчаку заготовки. Під час цієї операції формується фланець – грат, який після операції стискання обрізується під час виштовхування заготовки в тому ж штампі.

За даною схемою можна представити два різновиди виготовлення заготовок: з розташованими по колу матриці розсікачами, які розрізають витиснений з порожнини матриці метал, як зображено на рис. 1, та без них – з плоскою поверхнею матриці (рис. 2). Другу задачу можна розглядати як видавлювання фланцевих деталей. В роботі [7] для такої задачі представлений теоретичний аналіз методом верхньої оцінки та енергетичним методом з розбивкою на прямокутні та криволінійні зони. Але рішення за цими методами носять суттєво різний характер. Тому слід перевірити це рішення для їх підтвердження за тим чи іншим методом.

Розглянемо задачу стискання з заготовки з видавлюванням надлишкового металу та подальшим його обрізанням на плоскій матриці.

Заготовку умовно розбиваємо на зони (рис. 2) та зазначаємо необхідні для аналізу геометричні розміри.

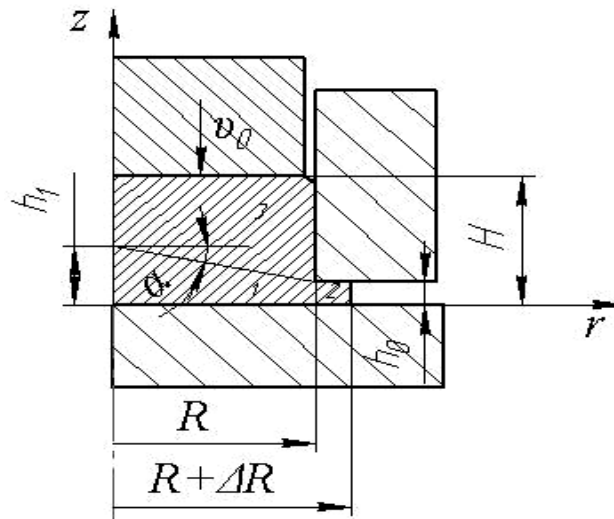


Рис. 2. Розбивання низької заготовки на зони та визначення геометричних розмірів

Згідно з рис. 2 зони 1 та 2 – осередки деформації, зона 3 – жорстка зона. Звернемо увагу на те, що зона 1 має форму конуса.

Відповідно до граничних умов компоненту швидкості v_{z1} представляємо у вигляді поліному другого ступеня:

$$v_{z1}(z) = a_0 + a_1 \cdot z + a_2 \cdot z^2. \quad (1)$$

Тоді відповідно до граничних умов для зони 1 маємо $a_0 = 0$ та наступний вираз $v_0 = a_1 \cdot h_1 + a_2 \cdot h_1^2$. Розв'язуємо (1) відносно a_1 :

$$a_1 = -\frac{v_0}{h_1} - a_2 \cdot h_1.$$

Тоді функція компоненти швидкості $v_{z1}(z)$ прийме вид:

$$v_{z1}(z) = \left(-\frac{v_0}{h_1} - a_2 \cdot h_1 \right) \cdot z + a_2 \cdot z^2. \quad (2)$$

Компоненту функції швидкості v_{r1} знайдемо з закону сталості об'єму в диференційній формі:

$$v_{r1}(r) = \frac{v_0}{2 \cdot h_1} \cdot r + \frac{a_2 \cdot h_1}{2} \cdot r - a_2 \cdot z \cdot r. \quad (3)$$

Складемо суму потужностей для зони 1 відповідно до першого рівняння енергетичного методу [8]:

$$N_1 = \int_0^R \int_0^{R-r} \int_0^{2\pi} \sigma_s \cdot \xi_{i1} \cdot r dr d\theta dz + \int_0^R \int_0^{2\pi} \tau_s \cdot |\Delta v_{r1}| \frac{r}{\cos \alpha} dr dz + \int_0^R \int_0^{2\pi} \tau_k \cdot v_{r1}(r) \cdot r dr d\theta. \quad (4)$$

Перша складова виразу (4) представляє собою потужність внутрішніх сил, друга – потужність зсуву по поверхні розділу між зоною 1 та зоною 3, третя – потужність сил тертя по поверхні інструменту.

Перетворюючи вираз (4), отримуємо наступне:

$$N_1 = \frac{2\sqrt{2}}{3} \pi \times \\ \times \int_0^R \int_0^{R-r} \int_0^{2\pi} \sigma_s \cdot r \cdot \sqrt{\frac{9}{2} \cdot \frac{v_0^2}{h_1^2} + \frac{9}{2} \cdot a_2^2 \cdot h_2^2 + 9 \cdot v_0^2 \cdot a_2 + \frac{3}{2} \cdot a_2^2 \cdot r^2 + \left(-18 \cdot a_2^2 \cdot h_1 - 18 \cdot a_2^2 \cdot \frac{v_0}{h_1}\right) \cdot z + 18 \cdot a_2^2 \cdot z} dz dr + \\ + \int_0^R \pi \cdot \tau_s \cdot \left(\frac{v_0 \cdot r}{2 \cdot h_1} + \frac{a_2 \cdot h_1 \cdot r}{2} - a_2 \cdot r \cdot (h_1 + (R-r) \cdot \operatorname{tg} \alpha)\right) \cdot \frac{r}{\cos \alpha} dr + \pi \cdot \frac{R^3}{3} \cdot \left(\frac{v_0}{h_1} + a_2 \cdot h_1\right) \tau_k.$$

Для зони 2 функція компоненти швидкості v_{r2} має вигляд:

$$v_{r2}(r) = v_0 \cdot \frac{R^2}{2 \cdot h_0} \cdot \frac{1}{r}.$$

Складемо суму потужностей для зони 2 відповідно до першого рівняння енергетичного методу:

$$N_2 = \int_R^{R+\Delta R} \int_0^{2\pi} \int_0^{h_0} \sigma_s \cdot \xi_{i2} \cdot r dr d\theta dz + \int_R^{R+\Delta R} \int_0^{2\pi} \tau_k \cdot v_{r2}(r) \cdot r dr d\theta = \\ = \frac{\pi}{3} \cdot \frac{v_0 \cdot R^2 \cdot h_0}{h_1} \cdot \sigma_s \ln\left(\frac{R+\Delta R}{\Delta R}\right) + \pi \cdot \Delta R \cdot \tau_k \cdot \frac{v_0 \cdot R^2}{h_1}. \quad (5)$$

Тоді сумарна потужність деформації має вигляд:

$$N_\partial = N_1 + N_2. \quad (6)$$

Функція потужності деформації (6) залежить від параметра a_2 . При визначенні інтегралів ця функція має складний та довгий вираз. Представити a_2 в явному вигляді з виразу функції (6) не представляється можливим. Тому для визначення впливу цієї змінної на потужність деформації необхідно побудувати графік залежності функції потужності від змінної a_2 (рис. 3).

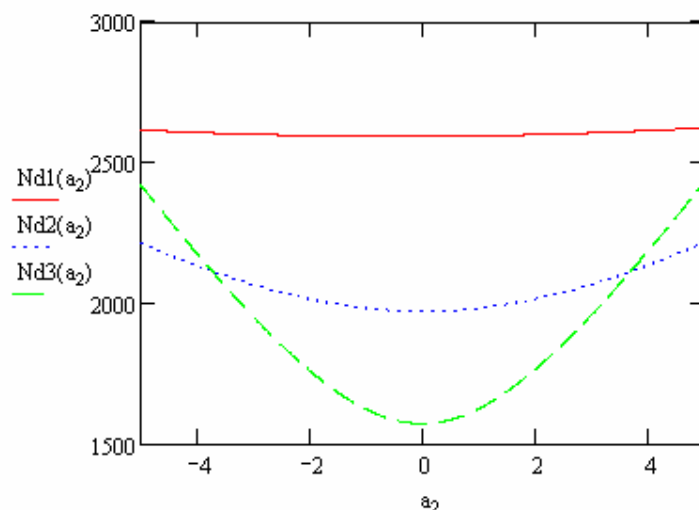


Рис. 3. Графік залежності $N_{\delta}(a_2) - a_2$ (значення $Nd_1, Nd_2, Nd_{3\delta}$, розраховані за табл. 1)

Для аналізу побудовано три графіки функції потужностей N_{δ} від параметру a_2 на інтервалі $(-5; 5)$ (рис. 3) за наступними даними (табл. 1).

Таблиця 1

Параметри для побудови графіків на рис. 3

Варіант	1	2	3
v_0 , м/с	0,005	0,003	0,002
H , м	0,005	0,007	0,009
h_0 , м	0,001	0,003	0,004
h_1 , м	0,003	0,005	0,007
R , м	0,025	0,03	0,035
ΔR , м	0,005	0,003	0,002

З рис. 3 видно, що графіками функцій $N_{\delta}(a_2) - a_2$ є параболи з мінімумом при $a_2 = 0$. З цього можна зробити висновок, що коефіцієнт a_2 не має суттєвого впливу на сумарну потужність для зон 1 та 2. Отже, можна прийняти значення коефіцієнту a_2 рівним 0 в наступних розрахунках, що значно спрощує математичний вираз потужності деформування.

Слід зауважити, що аналізуючи функцію потужності деформації $N_{\delta}(\alpha)$, побачимо, що зі зменшенням кута α зменшується й потужність деформації при варіюванні інших параметрів, як то геометричні розміри, коефіцієнт тертя, швидкість інструменту та таке інше (рис. 4). З табл. 1 витікає, що максимальне значення кута α не перевищує 0,3 рад. Тому для побудови графіка $N_{\delta} - \alpha$ обмежувемося значенням $\alpha < 0,3$ рад.

Для побудови цього графіка обрані ті ж самі геометричні розміри, що й для попереднього (табл. 1). Отже, кут α приймаємо для обчислення операції рівним 0. Це дає можливість визначити поле швидкостей для зони 1 у такому вигляді:

$$v_{z1} = -\frac{v_0}{h_1} \cdot z; \quad v_{r1}(r) = \frac{v_0}{2 \cdot h_1} \cdot r.$$

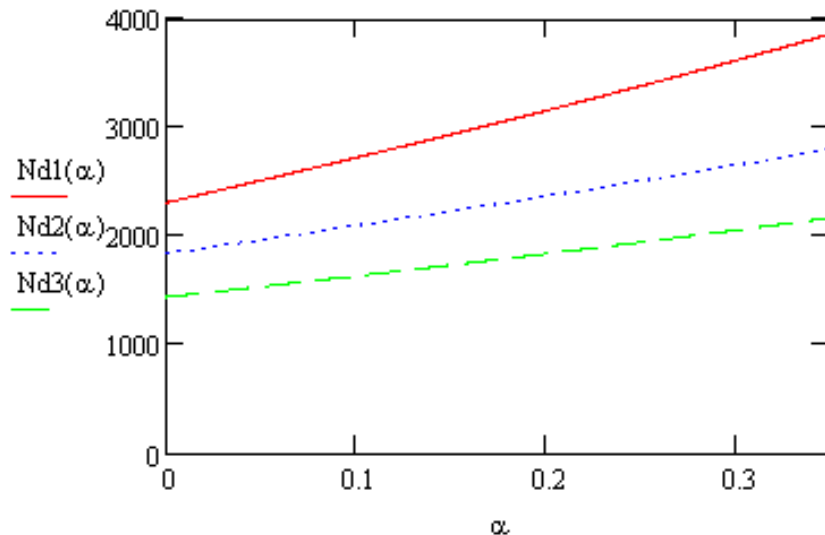


Рис. 4. Графік функції потужності деформації для зон 1 та 2 $N_d(\alpha)$

ВИСНОВКИ

Аналіз показав, що для схеми отримання точної низької заготовки, що показана на рис. 1, можна приймати поле швидкостей у вигляді лінійної функції, яка витікає з рівняння (1) за умов $a_0 = a_2 = 0$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Евстратов В. А. Основы технологии выдавливания и конструирования штампов / В. А. Евстратов. – Харьков : Вища школа : ХГУ, 1987. – 144 с.
2. Качанов А. П. Прогнозування не співвісності пуансона і матриці на операціях холодного зворотного видавлювання / А. П. Качанов, Д. О. Корольов // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії та машинобудуванні. – Краматорськ – Хмельницький. – 2002. – С. 420–422.
3. Євстратов В. О. Аналіз виготовлення низьких заготовок для процесу видавлювання / В. О. Євстратов, В. О. Підгірна // Удосконалення процесів і обладнання обробки металів тиском в металургії і машинобудуванні. – Краматорськ : ДДМА. – 2008. – № 1 (19). – С. 183–185.
4. Карнаух С. Г. Анализ безотходных способов разделения сортового проката на мерные заготовки // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії та машинобудуванні. – Краматорськ – Слав'янськ. – 2000. – С. 400–403.
5. Роганов Л. Л. Перспективные направления развития технологии и оборудования для разделения сортового проката на мерные заготовки / Л. Л. Роганов, С. Г. Карнаух // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії та машинобудуванні. – Краматорськ : ДДМА. – 2002. – С. 201–205.
6. Пат. № 1386347 В21 J13/02. Матрица для объемного деформирования / Евстратов В. А., Рудь В. И., Иванов О. М., Шевченко М. М., Ткаченко А. И., Донец А. А. – Заявка – 11.06.86.; выдан 07.04.88.
7. Алиев И. С. Теоретический анализ процесса комбинированного радиально-обратного выдавливания / И. С. Алиев, Н. С. Грудкина // Обработка материалов давлением. – 2008. – № 1 (19). – С. 55–60.
8. Евстратов В. А. Теория обработки металлов давлением. – Харьков : Вища школа : ХГУ, 1981. – 248 с.

Євстратов В. О. – д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПІ»;
Підгірна В. О. – аспірант НТУ «ХПІ».

НТУ «ХПІ» – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків.

E-mail: omd@front.ru