

УДК 621.773

**В.О. ЄВСТРАТОВ**, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»;  
**В.М. ЛЕВЧЕНКО**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ».

## ОЦІНКА СИЛОВОГО РЕЖИМУ ШТАМПУВАННЯ У ЗАКРИТОМУ ШТАМПІ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ФЛАНЦІВ

Стаття присвячена оцінюванню силового режиму штампування у закритому штампі деталей типу фланців. Прийняті в роботі припущення достатньо грубі, але навіть вони дозволяють оцінити вплив таких важливих параметрів, як  $D_{\phi}/D$ ,  $h/D$  та  $\alpha$ . Для аналізу силового режиму використаний енергетичний метод.

**Ключові слова:** штампування, закритий рівчак, відкритий рівчак, грат, задирка, стійкість штампа, поле швидкостей, зусилля штампування

**Вступ.** Деталі типу фланців (рис. 1) широко розповсюджені у промисловості. Штампування цих деталей у відкритих рівчаках (штампах) пов'язане із зайвою витратою металу на грат, збільшенням габаритних розмірів штампів і через це із значною перевитратою штампової сталі.

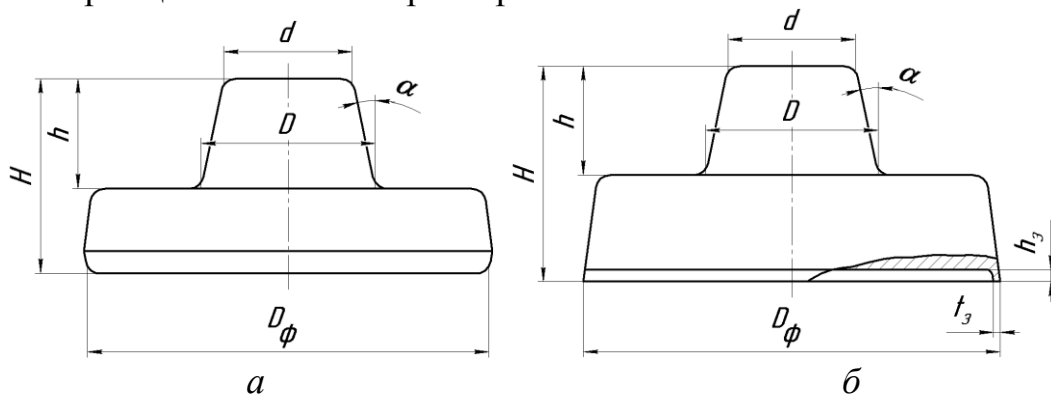


Рис. 1 – Загальний вид штампованки типу фланця: *a* – після штампування у відкритому рівчаку; *б* – після штампування у закритому рівчаку

**Рішення проблеми.** У сучасній довідковій літературі і підручниках зусилля штампування (або маса упадних частин) у відкритих штампах для деталей типу фланців визначається лише за діаметром  $D_{\phi}$  і не враховує ані висоти фланця  $h_{\phi}$ , ані таких важливих параметрів, як  $D_{\phi}/D$  та  $h/D$  [1]. Позначення наведені на рис. 1.

Виробничий досвід і аналіз процесів штампування деталей типу фланців у відкритих штампах показує, що при значній питомій висоті  $h/D$ , великому куті  $\alpha$  та параметра  $D_{\phi}/D$  заповнення виступу  $B$  відбувається з великими труднощами і часто має місце незаповнення верхньої частини штампованки. Через це для заповнення верхньої порожнини доводиться зменшувати товщину грату, що призводить до збільшення тиску на місток і передчасне зношення рівчака та містка. Проте ця обставина залишилась далеко поза увагою вчених, які досліджували процеси штампування згаданих деталей.

Виготовлення таких штампованок в закритому штампі дозволяє значно скоротити розміри штампа, ліквідувати грат (тобто скоротити витрати металу

для отримання штампованки фланця), збільшити стійкість штампа, збільшити продуктивність праці (не тільки за рахунок ліквідації операції обрізування грату, але й за рахунок зменшення кількості ударів при штампуванні на молоті). Це, начебто, суперечить відомим фактам штампування у закритих штампах. Проте, в роботі [2] доведено, що в закритих штампах можливо виготовляти осесиметричні деталі на будь-якому виді обладнання, а уява про те, що стійкість закритого штампа набагато нижча – це ніщо інше, як забобон, який виник через те, що штампування у закритому штампі ототожнюють із штампуванням у відкритому штампі.

Обмежене використання закритих штамів для виготовлення деталей типу фланців обумовлене, по-перше, згаданими забобонами, які пов'язані з хибними уявленнями про стадії штампування в закритих штампах, а також тим, що для розрахунків силового режиму досі все ще відсутні теоретичні підходи. Наприклад, в роботі [1] рекомендується масу упадних частин штампувального молота для штампування у закритому штампі брати на (20...25)% меншим, ніж у відкритому. Проте, при цьому ніяк не враховують вплив таких важливих параметрів, як  $D_{\phi}/D$  та  $h/D$ .

**Вихідні положення пропонованого рішення.** Робота, що запропонована читачеві, має на меті накреслити теоретичні підходи до розв'язання цієї важливої задачі. Заголовок статті свідчить, що вона призначена саме оцінці, а не визначенню силового режиму деформації. Оцінка означає, що припущення, які прийняти для аналізу силового режиму штампування у закритому штампі, досить грубі і можуть вплинути на точність рішення. Проте запропонований підхід і висновки дають можливість оцінити вплив таких важливих параметрів, як  $D_{\phi}/D$  та  $h/D$ .

Для аналізу в роботі прийняті такі припущення: 1) заповнення верхньої частини  $B$  здійснюється за рахунок осаджування фланця і стискання металу в радіальному напрямі в конічній частині (кут  $\alpha$ ); 2) радіусами  $r_{\phi}$ ,  $R_{\phi}$  та  $r_{\epsilon}$  можемо знехтувати через те, що вони малі по відношенню до  $D_{\phi}$  та  $d_{\epsilon}$ ; 3) стоншенням задирки  $Z$  в процесі її утворення також нехтуємо; 4) заповнення верхньої частини  $B$ , фланця і задирки йде по різному, залежно від параметрів  $D_{\phi}/D$ ,  $h/D$  та товщини задирки  $D_{\phi}/D$ ,  $h/D$ .

**Аналіз отриманих результатів.** Таким чином, аналіз силового режиму штампування у закритому штампі зводиться до задачі формозміни заготованки з двома напрямками течії металу.

Отже, детально розглянемо спочатку формозміну заготованки у порожнині  $B$ , а після цього – формозміну фланця і утворення задирки  $t_3$ .

Для аналізу використаємо енергетичний метод. Алгоритм цього методу детально описаний в роботах [3-5].

Розглянемо рис. 2, де показаний етап штампування, який відбувається по схемі з двома ступенями свободи течії металу при заповненні конічної порожнини  $B$  та осаджування фланцевої частини  $\Phi$ . Для аналізу силового режиму на цій стадії побудуємо поля швидкостей. Для будь-якої точки  $M$  в конічній частині маємо:

$$v_{rM}(r, z) = -v_0 \cdot \frac{R_p^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha}{(0,5 \cdot D - z \cdot \operatorname{tg}(\alpha))^3} \cdot r;$$

$$v_{zM}(z) = v_0 \cdot \frac{R_p^2}{(0,5 \cdot D - z \cdot \operatorname{tg}(\alpha))^2}.$$
(1)

Тут позначення відповідають позначенням на рис. 2.

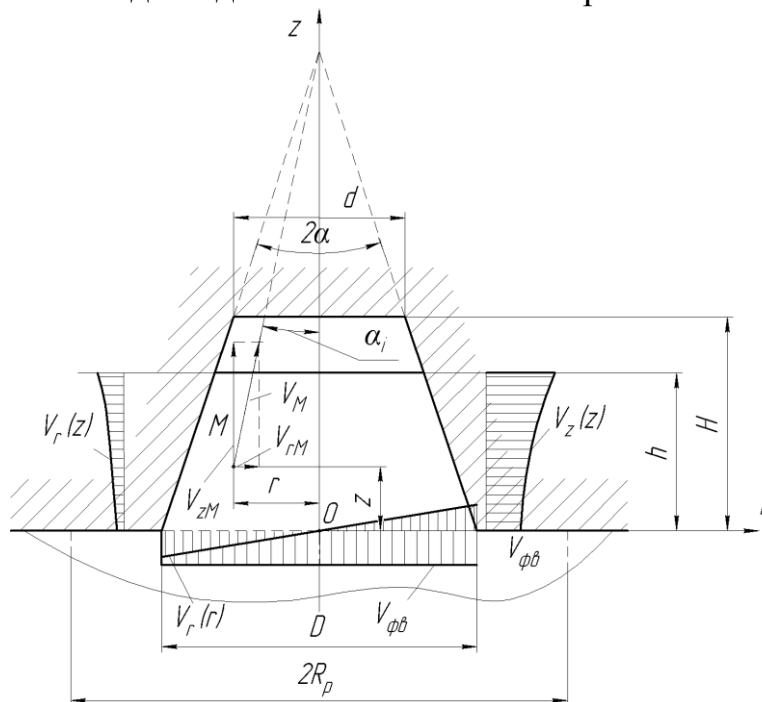


Рис. 2 – Поле швидкостей для верхньої частини  $B$

Приймаємо, що на вході у конічну порожнину  $B$  маємо швидкість  $v_z = v_{\phi\theta}$ . Останню компоненту вважаємо заданою (її ми визначимо, коли розглядатимемо деформацію фланця  $\Phi$ ). Для побудови поля швидкостей на рис. 2 використано локальну циліндричну координатну систему, початок якої лежить на межі верхньої частини  $B$  і фланця  $\Phi$ .

Маючи поле швидкостей (1), користуємось рівняннями Коші і визначаємо компоненти швидкостей деформації  $\xi_r, \xi_\theta, \xi_z, \xi_{rz}$ , а по цих компонентах розраховуємо інтенсивність швидкостей деформації  $\xi_i$ , як це рекомендовано в роботах [3-5].

Визначивши потужність деформації, яка необхідна для будь-якої стадії заповнення порожнини і утворення виступу [3-5], можна розрахувати зусилля, яке необхідне для цього.

На рис. 3 показані етапи заповнення фланцю заготовки, виступу та задирки.

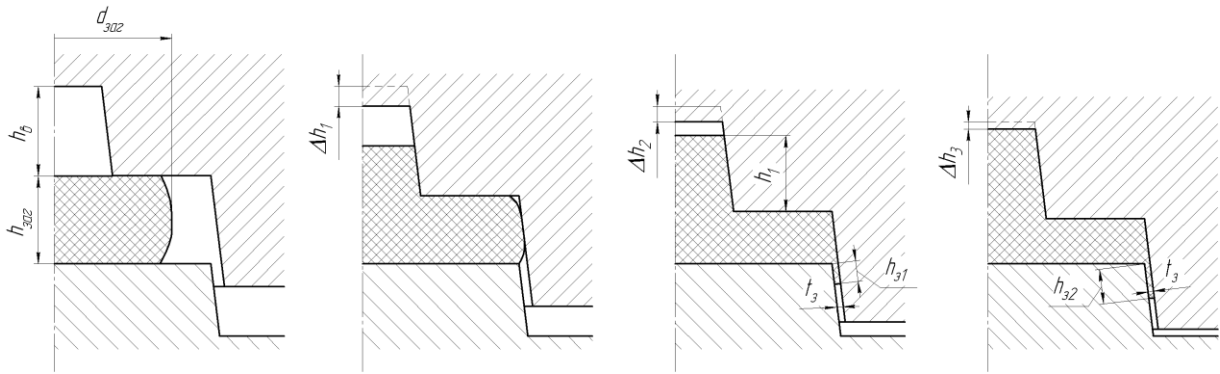


Рис. 3 – Етапи заповнення рівчачка і утворення задирки

З цього рисунка витікає, що на етапі заповнення рівчачка і утворення задирки маємо типову задачу з двома ступенями течії металу. Аналіз цієї задачі може бути представлений як комбінація прямого і зворотного видавлювання. Для цієї задачі В.М. Левченко розбив заготованку на зони, скористувавшись рекомендаціями роботи [6], побудував поля швидкостей, розрахував положення поверхонь розділу течії, визначив зусилля деформації.

Таким чином, в роботі побудовані графіки залежності зусиль деформації для кожного з етапів заповнення рівчачка (рис. 4–6) і виконана оцінка силового режиму штампування в закритому штампі деталі типу фланця.

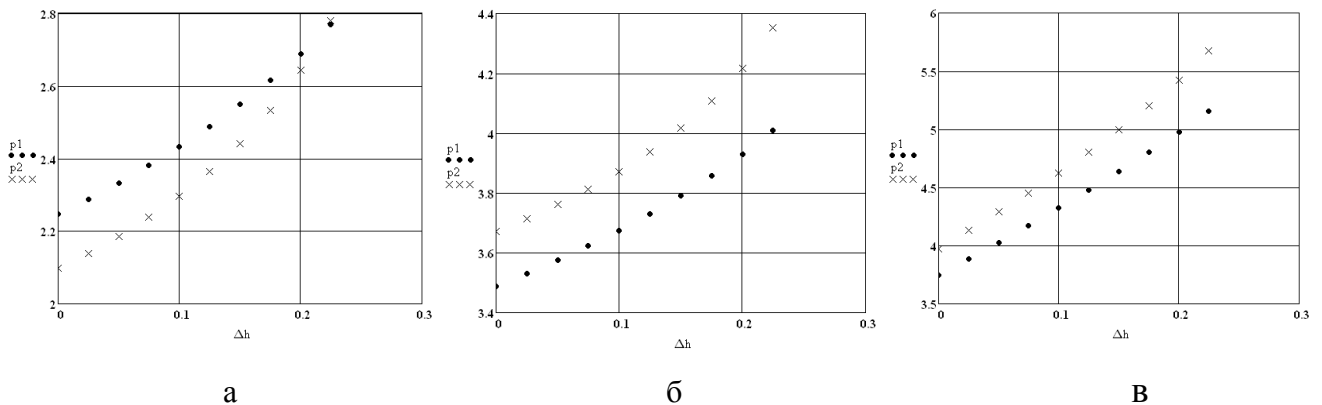


Рис. 4 – Графіки залежностей зусиль деформації: а – на етапі заповнення конічної порожнини; б – на етапі утворення задирки; в – на етапі штампування.

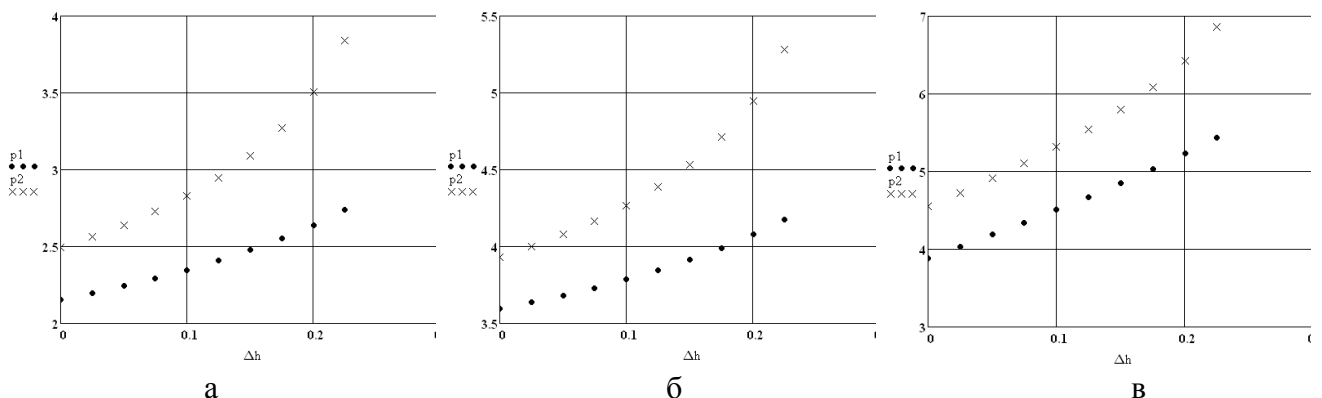


Рис. 5 – Графіки залежностей зусиль деформації: а – на етапі заповнення конічної порожнини; б – на етапі утворення задирки; в – на етапі штампування:

- – для  $D_f/D=1,75$ ; × – для  $D_f/D=2,25$  (при  $h/D=1$ )
- – для  $h/D=1$ ; × – для  $h/D=2$  (при  $D_f/D=2$ )

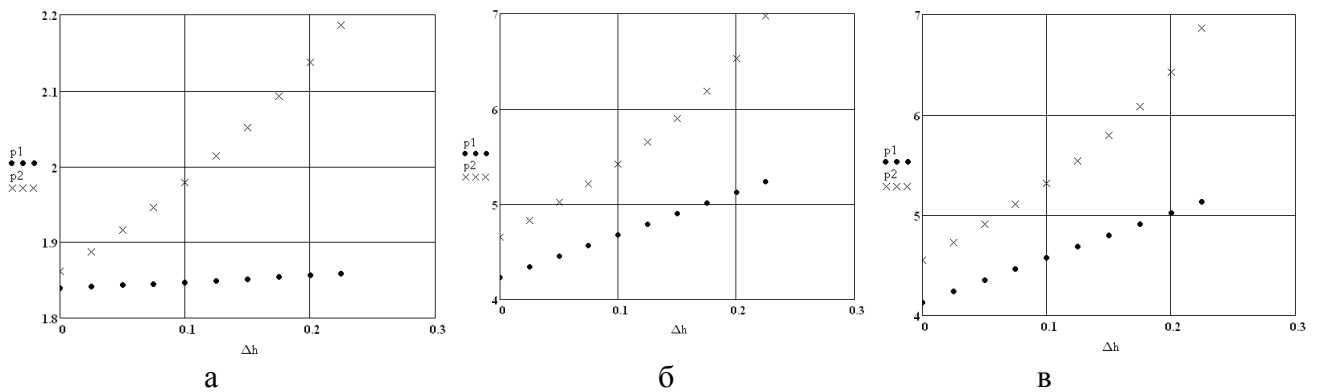


Рис. 6 – Графіки залежностей зусиль деформації: а – на етапі заповнення конічної порожнини В; б – на етапі утворення задирки; в – на етапі штампування:  
 ● – для  $\alpha=1$ ; × – для  $\alpha=7^\circ$  (при  $D_\phi/D=2$  та  $h/D=2$ )

**Опис отриманих результатів.** Таким чином, аналіз процесу формоутворення при штампуванні у закритому штампі дав змогу показати (див. рис. 4...6), що параметри  $D_\phi/D$  та  $h/D$  суттєво впливають на силовий режим штампування: із збільшенням параметрів  $D_\phi/D$  та  $h/D$  зусилля штампування значно збільшується. Для високих і тонких виступів заповнення рівчака суттєво утруднюється, що показано на рис. 5. Кут нахилу  $\alpha$  також суттєво впливає на зусилля деформації (рис. 6).

Отже маючи математичну модель процесу формоутворення деталей типу фланців у закритому штампі, можна оцінити зусилля деформації для будь-яких розмірів штампованки. Важливо підкреслити, що навіть у такій спрощеній постановці задачі, є можливість оцінити зусилля деформації на науковій основі, а не користуватись рекомендаціями довідників, в яких наведені лише формули для визначення зусилля видавлювання, або маси упадних частин штампування у закритому штампі.

**Висновки.** 1. Для визначення маси упадних частин штампувального молота, а також зусилля преса, які необхідні для виготовлення деталей типу фланців у відкритому і закритому штампі, формули та рекомендації, що наведені у довідковій літературі та підручниках, не враховують таких важливих параметрів, як  $D_\phi/D$ ,  $h/D$  та  $\alpha$ .

2. У представленій статті зроблена спроба оцінити силовий режим штампування у закритому штампі деталей типу фланців. Показано, що заповнення конічної порожнини штампа дуже утруднюється із збільшенням параметрів  $D_\phi/D$ ,  $h/D$  та  $\alpha$ .

3. Запропонована у статті методика дозволяє навіть у такій спрощеній постановці задачі оцінити зусилля деформації на науковій основі.

**Список літератури:** 1. Ковка и штамповка. Справочник в 4-х томах. Том 2. Горячая объемная штамповка. Под ред. Е.И. Семенова. – М.: Машиностроение, 1986. – 592. 2. Євстратов В.О. Шляхи використання закритих штампів для виготовлення штампованок несиметричної форми гарячим штампуванням // Обработка металлов давлением, Краматорськ, ДДМА, 2012, №1 (30) С. 123-126. 3. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. Изд. 4. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с. 4. Євстратов В.А. Теория обработки металлов давлением. – Харьков: Вища школа, 1981. – 248 с. 5. Євстратов В.О., Левченко В.М. Теорія пластичної деформації. Збірник задач і вправ. – Харків: ДП УкрНДІМет-СЕРТ, 2007. – 157 с. 6. Автоматизация проектирования процессов холодной объемной штамповки и создание систем автоматизированного производства: Учеб. пособие для слушателей заочных курсов повышения квалификации ИТР по технологии и оборудованию

холодной листовой штамповки / Е.Н. Ланской, В.В. Евстифеев, В.В. Грязнов. – М.: Машиностроение, 1988. – 68 с.

Надійшла до редколегії 29.10.2013

УДК 621.773

**Оцінка силового режиму штампування у закритому штампі деталей типу фланців / Євстратов В.О., Левченко В.М. // Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПИ». – 2013. – 43 (1016). – С. 94-99. Бібліогр.: 6 назв.**

Статья посвящена оценке силового режима штампования в закрытом штампе деталей типа фланцев. Принятые в работе упрощения достаточно грубые, однако даже они позволяют оценить влияние таких важных параметров, как  $D_f/D$ ,  $h/D$  и  $\alpha$ . Для анализа силового режима использован энергетический метод.

**Ключевые слова:** штамповка, закрытый ручей, открытый ручей, облой, заусенец, стойкость штампа, поле скоростей, усилие штамповки.

The article is devoted to estimation of power regime of die forging details of burr type in closed impression. Assumed in these work permissions are sufficiently coarse, but even they gives us possibility to estimate the influence of such significant parameters as  $D_f/D$ ,  $h/D$  and  $\alpha$ . The analysis is carried out by energetic method.

**Keywords:** die forging, closed impression, open impression, flash, burr, tool life, velocity field, die forging force.

УДК 621.742.4

**Н. С. ЕВТУШЕНКО**, ст.преподаватель, НТУ «ХПИ»

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ РЕГЕНЕРИРУЕМЫХ ПЕСКОВ**

В статье исследованы физико-механические свойства регенерируемых песков для приготовления холодно-твердеющих смесей на смолах с олигофурфурилоксисилаксановым связующим (ОФОС) для изготовления качественных отливок из черных и цветных сплавов.

**Ключевые слова:** формовочные пески, связующее, олигофурфурилоксисилаксаны, регенерация, рентгенографический фазовый анализ.

**Введение.** Одним из главных условий получения высококачественных отливок является использование качественных формовочных и стержневых смесей. Поскольку смеси оказывают сложное и многообразное на весь технологический процесс производства отливок, они должны обладать многими свойствами. Благодаря своим технологическим преимуществам процесс использования холодно-твердеющих смесей (ХТС) на смолах широко применяется в литейном производстве, однако одним из существенных сдерживающих факторов является высокая стоимость смеси. Обычно она складывается из стоимости кварцевого песка, связующего и отвердителя. При этом наиболее дорогими являются химические составляющие смеси: связующее и отвердитель. На их долю приходится 60...65% стоимости формовочной смеси при использовании свежего кварцевого песка [1]. Уменьшение себестоимости смеси возможно за счет снижения содержания связующего до минимума, необходимого для достижения смесью необходимых прочностных характеристик. Уменьшение количества связующего так же положительно сказывается и на экологической обстановке литейного участка.