

конуса ну усилие раздачи, напряженно-деформированное состояние и ресурс пластичности металла до момента потери устойчивости геометрической формы заготовки. Определены конечные форма и размеры сдеформированной части заготовки, величины коэффициентов раздачи и упрочнения металла от угла пуансона.

Ключевые слова: раздача, трубчатая заготовка, фланец, математическое моделирование, метод конечных элементов.

The mathematical modeling of expanding process of tubular piece made of 12X18H10T in cold condition by conical punch was carried out by finite element method. The influence of cone's angle of punch at the load of expanding, the stress-strain state and the resource usage of metal plasticity of deformed metal before loss of stability of geometric form were determined. The final form and dimensions of deformed workpiece's part, coefficients of expanding and metal strengthening were determined.

Keywords: expanding, tubular workpiece, flange, mathematical modeling, finite element method.

УДК 621.7

О. В. КАЛЮЖНИЙ, канд. техн. наук, доц., НТУ У «ХПІ», Київ

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ХОЛОДНОЇ РОЗДАЧІ ТРУБЧАСТИХ ЗАГОТОВОК КОНІЧНИМ ПУАНСОНОМ

В роботі розглянутий один із способів зниження впливу тертя між пуансоном і заготовкою при роздачі трубчастих заготовок конічним пуансоном. Пуансон виконаний із послідовно розташованих під кутом поверхонь у вигляді тору, що зменшує площу контакту з заготовкою. На прикладі роздачі заготовки з нержавіючої сталі розрахунковим шляхом з використанням методу скінченних елементів показано, що використання пуансону з профільною поверхнею приводить до збільшення коефіцієнта роздачі.

Ключові слова: роздача, пуансон, зусилля роздачі, коефіцієнт роздачі, кінцеві розміри виробів.

Вступ. Сучасне виробництво ставить задачі зниження собівартості виготовлення виробів, що робить продукцію конкурентоспроможною. В трубопровідній арматурі, яка використовується в машинобудуванні, авіабудуванні, широко використовують з'єднувальні перехідники. Одним із методів виготовлення перехідників є роздача конусним пуансоном трубчастих заготовок в холодному або гарячому стані. На рис. 1 зображена схема відкритої роздачі [1-3]. Трубчаста заготовка 1 діаметром D_0 , висотою H_0 і товщиною S_0 встановлена на опорі 2 і деформується зусиллям R_d за допомогою пуансону 3 з кутом α . Основним показником при роздачі є коефіцієнт роздачі $K_r = D_1/D_0$ [4], на який впливають товщина заготовки S_0 , кут пуансону α і тертя між пуансоном і заготовкою. Від коефіцієнту K_r залежить собівартість виробів, що отримуються роздачею. Для підвищення коефіцієнту K_r використовують закриту роздачу [1-3]. При такій роздачі заготовку 1 встановлюють в обоймі 2 на опорі 3. При деформуванні пуансоном 4, який має переміщення U_0 , обойма зміщується вниз також з переміщенням U_0 , що зменшує вірогідність втрати стійкості стінки заготовки. На коефіцієнт K_r при закритій роздачі також суттєвий вплив має тертя між пуансоном і частиною заготовки, що деформується. Тому актуальними є дослідження, які направлені на зниження впливу тертя і збільшення коефіцієнту роздачі

Мета роботи. Постановка задачі. Метою роботи є зниження впливу тертя на формоутворення виробів при холодній роздачі та підвищення

коефіцієнта роздачі. Вказану задачу можна вирішити шляхом зменшення площі контакту між пуансоном і заготовкою. Для цього при роздачі заготовок великого діаметру конічну поверхню пуансону можна замінити профільною, яка складається з послідовно розташованих під кутом поверхонь у вигляді тору. При роздачі труб малого діаметру поверхня пуансону може бути заокруглена відповідним радіусом (рис. 3). На ньому показаний пуансон з профільною поверхнею.

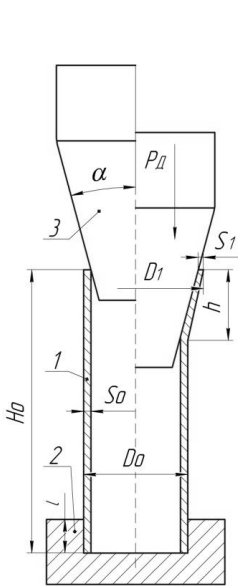


Рис. 1 – Схема відкритої роздачі трубчастої заготовки

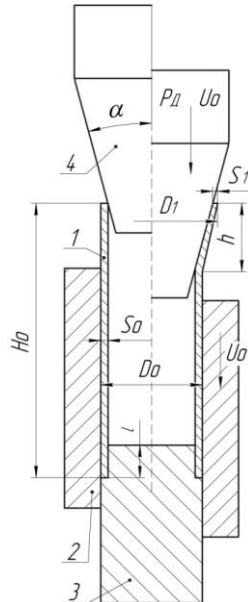


Рис. 2 – Схема закритої роздачі трубчастої заготовки

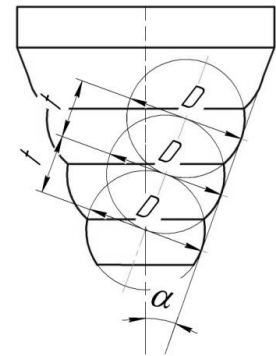


Рис. 3 – Пуансон з профільною поверхнею

Поверхня пуансону заокруглена радіусами $R=D/2$, причому діаметри D розташовані під кутом α з однаковим кроком t . Для отримання рівної поверхні здеформованої частини заготовки після роздачі необхідно встановити величини діаметру D і кроку t . Визначити вказані величини можна шляхом проведення чисельних експериментів з використанням методу скінченних елементів (МСЕ). В роботі [5] проведений аналіз МСЕ процесу роздачі, показані можливості методу по встановленні кінцевих форми і розмірів виробів після роздачі. Для проведення порівняльного аналізу за допомогою МСЕ процесу роздачі конічним і зпрофільованим пуансоном були взяті заготовки з нержавіючої сталі з умовною межею текучості $\sigma_{0,2}=340$ МПа діаметром $D_0=38$ мм, висотою $H_0=80$ мм і товщиною $S_0=1,5$ мм. Конічний пуансон мав кут $\alpha=20^\circ$. Форма зпрофільованого пуансону: $D=D_0=38$ мм, $\alpha=20^\circ$, крок t змінювався для встановлення можливості отримання рівної поверхні після роздачі. При моделюванні процес роздачі розподілявся на певну кількість кроків навантаження для встановлення моменту втрати стійкості стінки заготовки або руйнування здеформованої частини заготовки. Розрахунки виконані в програмному комплексі DEFORM, що був наданий на правах тимчасової ліцензії компанією «ТЕСИС».

Результати досліджень. Спочатку було досліджено вплив коефіцієнта тертя μ на процес відкритої роздачі при формоутворенні виробів конічним пуансоном. Встановлено, що для даного матеріалу і розмірів заготовки при роздачі має місце втрата стійкості бокової стінки. На рис. 4 приведена залежність

максимального зусилля роздачі, при якому заготовка втрачає стійкість, від коефіцієнту тертя. Вигляд залежності обумовлений тим, що при роздачі отримується різна величина діаметру D_1 (див. рис. 1). Розподіл осьових напружень σ_z в верхній частині заготовки на проміжній стадії роздачі (переміщення пуансону 14 мм) з різним коефіцієнтом тертя зображений на рис. 5. При роздачі з коефіцієнтом тертя $\mu=0$ (рис. 5а) в стінці заготовки виникають стискаючі напруження – 250 МПа, а по середині zdeформованої частини – 70 МПа. Збільшення коефіцієнту тертя до $\mu=0,08$ приводить до виникнення напружень σ_z відповідно до значень – 312 і – 120 МПа. Величина напружень в стінці збільшується на 20%, що в подальшому є причиною втрати стійкості стінки заготовки при меншому переміщенні пуансону. Залежність коефіцієнта роздачі від коефіцієнту тертя показана на рис. 6. Зменшення величини коефіцієнту тертя при водить до зростання коефіцієнта роздачі. Таким чином, зниження впливу тертя є важливим чинником інтенсифікації процесу роздачі.

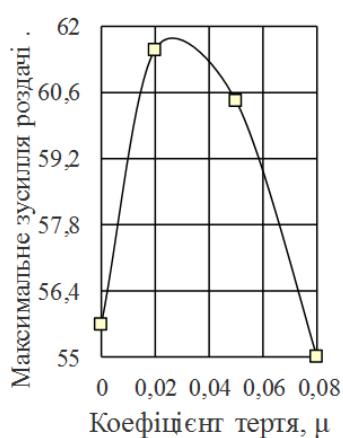


Рис. 4 – Залежність максимального зусилля роздачі від коефіцієнту тертя

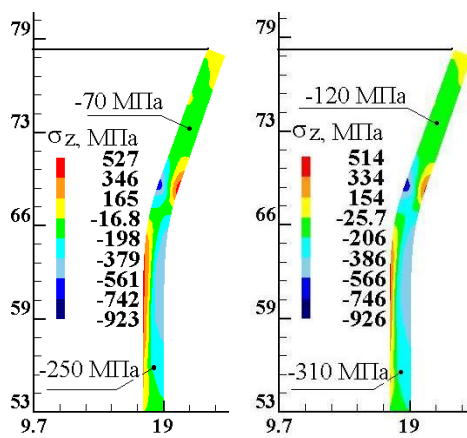


Рис. 5 – Розподіл осьових напружень на проміжній стадії роздачі: а – $\mu=0$; б – $\mu=0,08$

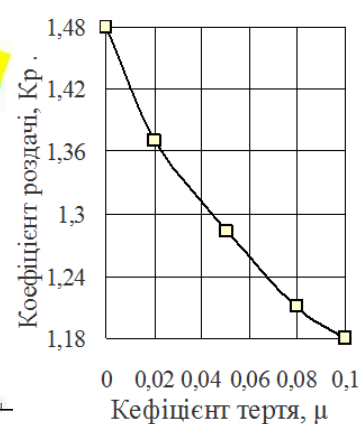


Рис. 6 – Залежність коефіцієнта роздачі від коефіцієнту тертя μ

Був проведений порівняльний розрахунковий аналіз відкритої роздачі з коефіцієнтом тертя $\mu=0,08$ трубчастої заготовки вищенаведених розмірів традиційним конусним пуансоном, відкритої роздачі зпрофільованим пуансоном (див. рис. 3.) і закритої роздачі (див. рис. 2) зпрофільованим пуансоном. При роздачі зпрофільованим пуансоном встановлено, що крок профільної поверхні $t=8$ мм при величині $D=38$ мм забезпечує отримання рівної по довжині zdeформованої частини заготовки. При $t>8$ мм отримується хвилеподібна поверхня. Залежності зусилля роздачі від переміщення пуансону для розглянутих варіантів роздач трубчастих заготовок зображені на рис. 7. При відкритій роздачі конусним і зпрофільованим пуансонами максимальні значення зусилля практично однакові (відповідно 55 і 53 кН), хоча переміщення пуансонів до моменту втрати стійкості стінки заготовки різні (відповідно 16 і 24 мм). При відкритій роздачі зпрофільованим пуансоном досягається більший коефіцієнт роздачі. При закритій роздачі зпрофільованим пуансоном максимальне значення зусилля складає 60,4 кН і отримане найбільше

переміщення пуансону (29 мм). В останньому випадку замість втрати стійкості має місце руйнування торця здеформованої частини, що буде показано нижче.

Форми і розміри виробів, які отримані при різних схемах роздачі, з вищенаведеними позначеннями схем (див. рис. 7) зображені на рис. 8. По першій схемі роздачі отриманий коефіцієнт роздачі $K_p=1,21$. Використання зпрофільованого пуансону (схема 2) приводить до значення $K_p=1,32$, що більше

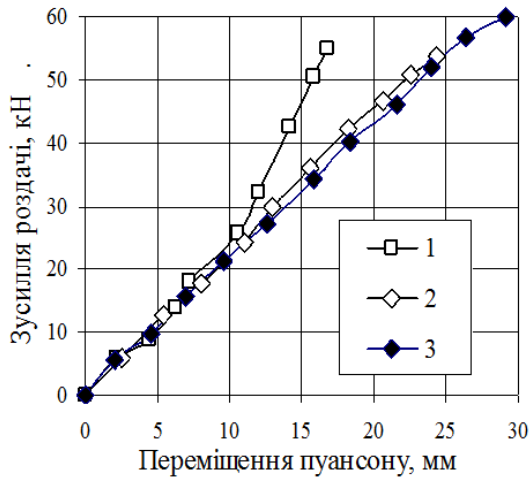


Рис. 7 – Залежність зусилля роздачі від переміщення пуансону: схема 1- відкрита роздача конусним пуансоном; схема 2- відкрита роздача зпрофільованим пуансоном; схема 3- закрыта роздача зпрофільованим пуансоном

на 8,3 %. При закритій роздачі (схема 3) досягається коефіцієнт роздачі $K_p=1,42$. При всіх схемах роздачі має місце потоншення стінок по довжині здеформованих частин заготовок. При зростанні коефіцієнту роздачі потоншення збільшується. Потоншення, з 1,5 до 1,55 мм, для всіх розглянутих схем роздачі спостерігається в місці переходу циліндричної частини виробу в конічну. Загальний вигляд виробу в розрізі, який отриманий закритою роздачею, зображений на рис. 9.

Розподіл ступеню використання ресурсу пластичності ψ здеформованого металу в верхній частині заготовки після роздачі

показаний на рис. 10. При відкритій роздачі конусним пуансоном (спосіб 1) максимальне значення використаного ресурсу складає $\psi=0,7$. При відкритій роздачі зпрофільованим пуансоном (спосіб 2) збільшується коефіцієнт роздачі і зростає використаний ресурс і досягає максимального значення $\psi=0,82$. Як було відмічено раніше, в обох випадках стінка заготовки втрачає стійкість. При закритій роздачі (спосіб 3) втрати стійкості не спостерігається, але ресурс пластичності здеформованого металу повністю вичерпується, що робить неможливим подальше деформування заготовки.

На рис. 11 показані розподіли інтенсивності деформацій ϵ_i і інтенсивності напружень σ_i для розглянутих трьох схем роздачі. По вказаних розподілах можна оцінити пропрацювання структури металу холодною пластичною деформацією, зміцнення здеформованого металу та прогнозувати його межу текучості σ_s . Перша схема роздачі забезпечує максимальні величини $\epsilon_i=0,3$ і $\sigma_i=815$ МПа на торці здеформованої заготовки. Місце переходу циліндричної частини заготовки в конічну практично не деформується і не отримує зміцнення.

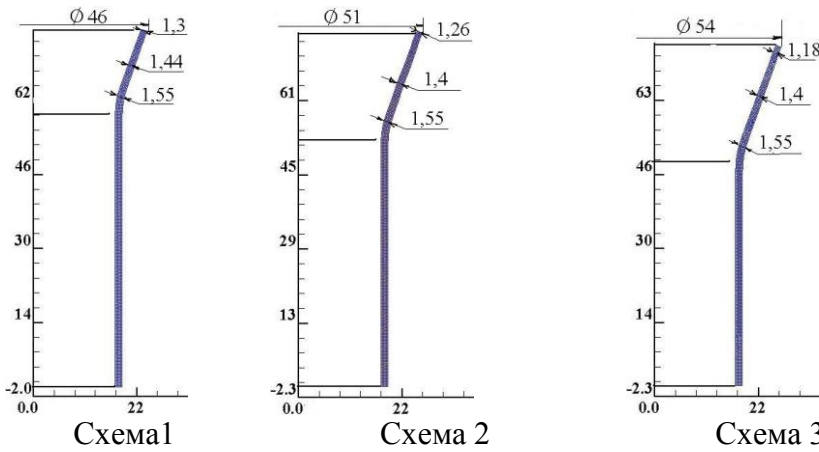


Рис. 8 – Форма і розміри виробів, які отримані по різних схемах роздачі (всі розміри в міліметрах)



Рис. 9 – Загальний вигляд виробу в розрізі при закритій роздачі

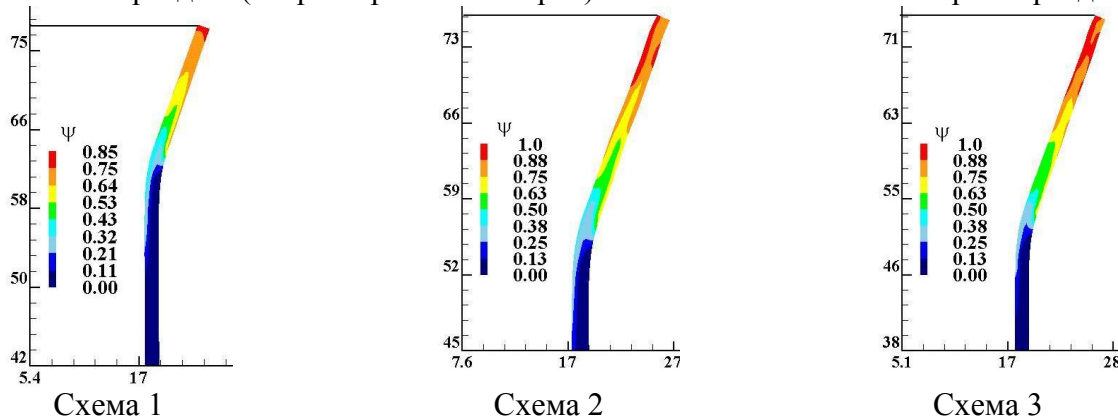


Рис. 10 – Розподіл ступеню використання ресурсу пластичності в верхній частині zdeформованої заготовка, яка отримана по різних способах роздачі. Розміри по вісях в мм

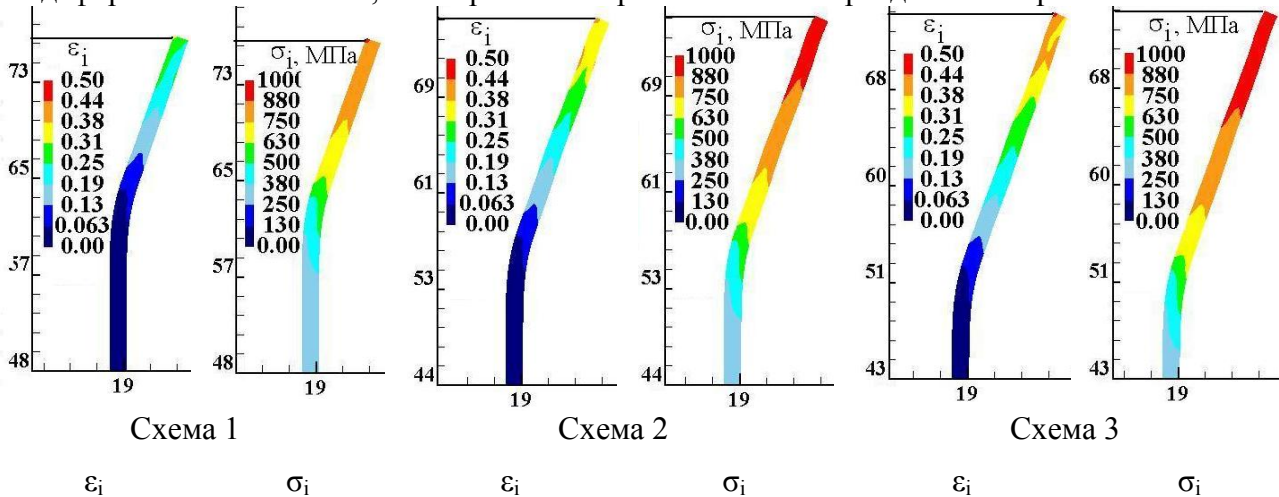


Рис. 11 – Розподіл інтенсивності деформацій ϵ_i і інтенсивності напружень σ_i в верхній частині zdeформованої заготовки, яка отримана по різних схемах роздачі. Розміри по вісях в мм

При відкритій роздачі зпрофільованим пуансоном (схема 2) максимальні значення вже складають $\epsilon_i=0,3$ і $\sigma_i=940$ МПа, причому вказана величина σ_i розповсюджується на третину довжини zdeформованої частини заготовки. Закрита роздача (схема 3) приводить до отримання значень $\epsilon_i=0,41$, а інтенсивність напружень $\sigma_i=940$ МПа розповсюджується на половину zdeформованої частини. В місці переходу циліндричної частини заготовки в конічну отримано $\sigma_i=420$ МПа, що в 1,23 більше в порівнянні з вихідним станом

металу. Таким чином, використання зпрофільованого пуансона забезпечує зміцнення металу в місці переходу циліндричної частини виробу в конічну.

Висновки. Показана можливість інтенсифікації процесу роздачі трубчастих заготовок шляхом зниження впливу тертя на формоутворення виробів. На прикладі роздачі трубчастих заготовок з нержавіючої сталі встановлено, що використання пуансона з зпрофільованою поверхнею, в порівнянні з конічним пуансоном, приводить до зниження зусилля роздачі і підвищення коефіцієнту роздачі.

Список літератури: 1. *Аверкиев Ю. А.* Холодная штамповка / *Ю. А. Аверкиев.* Издательство Ростовского университета, 1984. – 288 с. 2. *Аверкиев Ю. А.* Технология холодной штамповки / *Ю. А. Аверкиев., А. Ю. Аверкиев.* – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с. 3. Ковка и штамповка: Справочник: В 4 т. Т. 4. Листовая штамповка / Под ред. А.Д. Матвеева; Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1985-1987. – 544 с. 4. *Романовский В. П.* Справочник по холодной штамповке. 6-е изд., перераб. и доп. / *В. П. Романовский.* — Ленингр. отд-ние: Машиностроение. 1979. — 520 с. 5. *Калюжний О.В.* Холодне штампування виробу з двома фланцями із листової заготовки шляхом використання операцій витягування, роздачі і осаджування / *О.В. Калюжний // Галузеве машинобудування, будівництво : зб. наук. праць.* – Полтава: НТУ, 2013, вип. 2(37). – С. 105-111.

Надійшла до редколегії 28.10.2013

УДК 621.983

Інтенсифікація холодної роздачі трубчастих заготовок конічним пуансоном / Калюжний О. В. / Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 43 (1016). – С. 126–131. Бібліогр.: 5 назв.

В работе рассмотрен один из способов снижения влияния трения между пуансоном и заготовкой при раздаче трубных заготовок коническим пуансоном. Пуансон выполнен из последовательно расположенных под углом поверхностей в виде тора, что уменьшает площадь контакта с заготовкой. На примере раздачи заготовки с нержавеющей стали расчетным путем с использованием метода конечных элементов показано, что использование пуансона с профильной поверхностью приводит к увеличению коэффициента раздачи.

Ключевые слова: раздача, пуансон, усилие раздачи, коэффициент раздачи, конечные размеры изделий

In the article one of the methods of decreasing of influence of friction between a punch and a die during of expanding process of tubular workpieces by conical punch is considered. The punch is made of consecutive surfaces which are angularly placed and form a torus, that decrease the contact surface with workpiece. On the example of expanding of workpieces made of stainless steel by calculated method using of the finite element method it is shown that the usage of punch with profiled surface brings to the increasing of expanding coefficient.

Keywords: the expansion, the punch, the force expansion, expansion ratio, the final product dimensions

УДК 621.983.3

А. М. КРАСНОКУТСКИЙ, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»;
М. М. ШЕВЧЕНКО, доц., НТУ «ХПІ».

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФРИКЦИОННОЙ ШТАМПОВКИ-ВЫТЯЖКИ

В работе рассмотрены вопросы применения фрикционной штамповки-вытяжки и роль упруго-фрикционного элемента (УФЭ) на технологические возможности использования активных сил трения в процессе получения тонкостенных изделий.