УДК 621. 7

С. Ф. САБОЛ, В. М. ГОРНОСТАЙ, П. О. ЛЕВЧЕНКО

ФОРМУВАННЯ ФЛАНЦІВ В ТУБЧАСТИХ ЗАГОТОВКАХ В ШТАМПАХ З АКТИВНОЮ ДІЄЮ СИЛ ТЕРТЯ

Запропоновано ефективну схему процесу холодного об'ємного формування фланців в трубчастих заготовках, що забезпечує зменшення енергосилових параметрів процесу завдяки використанню активних сил тертя.
Методом скінченних елементів, за допомогою програмного середовища «DEFORM», встановлено, що зусилля деформування на пуансоні зменшується під впливом активних сил тертя, які викликані рухом оправки на якій установлена трубчаста заготовка. Таким чином, зусилля зменшуються при збільшенні швидкості оправки. Оптимальна швидкість оправки вдвічі більша, ніж швидкість течії здеформованого металу. Зі зменшенням товщини стінки виробу, зменшується зусилля процесу. За розробленою схемою видавлювання без руху оправки зусилля сягало 215тс. Схема з рухомою оправкою, де швидкість дорівнювала швидкості течії здеформованого металу зусилля сягало 190тс, що свідчить про те що, за рахунок активних сил тертя спостерігається зниження зусилля на 11.6%.
Також було проведено модулювання де швидкість оправки у 2 рази більше швидкості течії здеформованого металу, зусилля падало на 13.4%. Проаналізувавши характер розподілу напружень σ_ρ σ_z σ_θ, визначено що максимальні значення напруження досягають в зоні під пуансоном та зменшується за рахунок збільшення руху оправки. Показник інтенсивності деформації e_i, вказує на те що найбільш інтенсивно деформація протікає в об'ємі який контактує з пуансоном та збільшується зї швидкістю оправки.
Використання ступеню ресурсу пластичності ψ, у випадку коли оправка не рухома сягає 0,078 та збільшується під час руху оправки до 0,156. А також при збільшені руху оправки у двічі, показник досягає відмітки 0.155. Данні результати вказують на те, що формоутворення буде проходити без руйнування.

Ключові слова: холодне об'ємне штампування, фланці, трубчасті заготовки, активні сили тертя, рухома оправка, метод скінченних елементів, енергосилові параметри, напружено – деформований стан, ступінь використання ресурсу пластичності.

С. Ф. САБОЛ, В. Н. ГОРНОСТАЙ, П. А. ЛЕВЧЕНКО

ФОРМИРОВАНИЕ ФЛАНЦЕВ В ТУБЧАСТИХ ЗАГОТОВКИ В ШТАМПЕ С АКТИВНЫМ ДЕЙСТВИЕМ СИЛ ТРЕНИЯ

Предложено эффективную схему процесса холодной объемной штамповки фланцев в трубчатых заготовках, что обеспечивает уменьшение энергосиловых параметров процесса благодаря использованию активных сил тения
Методом конечных элементов, с помощью программной среды «DEFORM», установлено, что усилия деформирования на пуансоне уменьшается под влиянием активных сил трения, вызванные увеличением скорости оправки. Таким образом, усилия уменьшаются при увеличении скорости оправки. Оптимальная скорость оправки вдвое больше, чем скорость течения деформированного металла. С уменьшением толщины стенки изделия, уменьшается усилия процесу. За разработанной схеме обратного выдавливания без движения оправки усилия вили 215тс. Схема с подвижной оправкой, где ее скорость равна скорости течения деформированного металла усилия становилиили 190тс, что свидетельствует о том, что за счет активных сил трения наблюдается снижение усилия на 11.6%.
Также было проведено моделирование процесса, когда скорость оправки в 2 раза больше скорости течения деформированного металла, усилия падало на 13.4%. Проанализировав характер распределения напряжений σ_ρ σ_z σ_θ, определено, что максимальные значения напряжения достигают в зоне под пуансоном и уменьшается за счет увеличения движения оправки. Показатель интенсивности деформации e_i, указывает на то, что наиболее интенсивно деформация протекает в объеме, который контактирует с пуансоном, и увеличивается со скоростью оправки.
Использование степени ресурса пластичности ψ, в случае, когда оправка неподвижной достигает 0,078 и увеличивается при движении оправки к 0,156. А также при увеличении движения оправки в два раза, показатель достигает отметки 0.155. Данные результаты указывают на то, что формообразования будет проходить без разрушения.

Ключевые слова: холодное объемная штамповка, фланцы, трубчатые заготовки, активные силы трения, подвижная оправка, метод конечных элементов, энергосиловые параметры, напряженно – деформированное состояние, степень использования ресурса пластичности.

S. F. SABOL, V. M. GORNOSTAY, P. O. LEVCHENKO

FORMATION OF FLANGES IN TUBE BLADES IN PRINTS WITH THE ACTIVE ACTION OF Friction

An effective scheme of the process of cold forming of flanges in tubular billets is proposed, which ensures a reduction in the energy-power parameters of the process due to using active forces of friction
Using the method of finite element, using DEFORM software environment, it was established that the deformation forces on the punch are reduced under the influence of active friction forces caused by an increase in the mandrel speed. Thus, the forces decrease with increasing mandrel speed. The optimal mandrel speed is twice as much as the flow rate of a deformed metal. With a wall thickness decreasing in the product, the power of process decreases. Due to the developed scheme of reverse extrusion without movement of the mandrel, the force is 215 tf. A scheme with a movable mandrel, where its speed is equal to the speed of the flow of the deformed metal, the forces has risen to 190 tf, which indicates that due to the active friction forces, the force is reduced for 11.6%.
The process was also simulated when the speed of the mandrel was 2 times higher than the flow rate of the deformed metal, the force dropped in 13.4%. After analyzing the nature of the stress distribution σ_ρ σ_z σ_θ, it is determined that the maximum stress values reach in the zone under the punch and decreases due to an increase in the movement of the mandrel. The strain intensity index e_i indicates that the most intense strain occurs in the volume that is in contact with the punch, and increases with the speed of the mandrel.
Using the degree of plasticity resource ψ, in the case when the mandrel is motionless reaches 0.078 and increases when the mandrel moves to 0.156. And also when the movement of the mandrel is doubled, the indicator reaches 0.155. These results indicate that the shaping is going to without destruction.

Key words: cold stamping, flanges, tubular billets, active friction forces, movable mandrel, finite element method, energy and energy parameters, stress-strain state, degree of use of the plasticity resource.

© С. Ф. Сабол, В. М. Горностай, П. О. Левченко, 2019

Вступ Отримання фланців в трубчастих заготовках за допомогою операцій холодного об'ємного штампування – один із самих ефективних способів виготовлення деталей перехідників для трубопроводів та трубопровідної арматури, який забезпечує високу якість і точність деталей, а також характеризується високою продуктивністю.

Але, не завжди можливе застосування вказаного процесу для отримання потрібної деталі, через те, що можливості холодної формозміни трубчастих заготовок, завдяки значним зусиллям деформування, обмежені втратою стійкості та підвищеним зношенням деформуючого інструменту. Це призводить до того, що собівартість отриманих виробів збільшується.

Одним із методів підвищення ефективності процесу холодного об'ємного деформування є зміна механічної схеми напруженого стану в осередку пластичної деформації з традиційної– схеми всебічного нерівномірного стиснення на стиснуто – розтягувальну, що суттєво впливає на енергосилові параметри процесу формозміни матеріалу заготовок. В пропонованій роботі вказана вище зміна схеми напруженого стану забезпечується використанням активних сил тертя.

Мета роботи: підвищення ефективності процесу холодного об'ємного формування фланців в трубчастих заготовках шляхом зменшення енего силових параметрів процесу, що забезпечується використання активних сил тертя.

Дану задачу можна вирішити за допомогою застосуванням штампів спеціальної конструкції, в яких активні сили тертя забезпечуються рухомою оправкою, яка переміщується зі швидкістю більшою, ніж швидкість течії здеформованого металу.

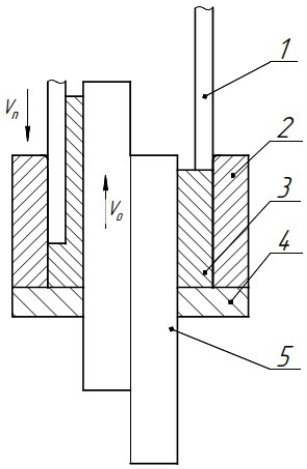


Рис.1 – Схема процесу холодного формування фланців в трубчастій заготовці з застосуванням активних сил тертя (1-пуансон, 2 – контейнер, 3 – заготовка, 4 – нижня плита, 5– оправка)

Дослідження направлені на визначення оптимальної швидкості рухомої оправки при якій енергосилові параметри процесу холодної формозміни мінімальні, а також визначаються геометричні характеристики штампу, які забезпечують вказану швидкість.

Схема процесу холодного формування фланців в трубчастій заготовці з застосуванням активних сил тертя приведена на рис. 1.

Проводився порівняльний аналіз формування фланців в трубчастих заготовках традиційного процесу та процесу з використанням активних сил тертя при різних значеннях швидкості переміщення оправки.

Моделювання проводили для трубчастих заготовок із такими розмірами: діаметр – D_0 = 56 мм, товщина стінки – S_0 = 12 мм, висота заготовки – H_0 = 40мм.

Фізико-механічні параметри матеріалу, що деформується: сталь 10, σT = 200 МПа Швидкість деформуючому інструменту задавали постійною, – вона становила 0,5 мм/с.

Вплив параметрів на процес холодної формозміни досліджували шляхом введення таких параметрів, як: коефіцієнт тертя на контактуючих поверхнях задавали μ=0,12, та змінною швидкість оправки: для випадків оправка нерухома; . швидкість оправки дорівнює швидкості течії здеформованого металу; швидкість оправки дорівнювала двом швидкостям здеформованого металу

В результаті проведення чисельних експериментів були отримані наступні графіки зусилля процесу в залежності від швидкості переміщення оправки.

При нерухомій оправці максимальне зусилля сягає 215тс. В випадку руху оправки зі швидкістю течії металу, максимальне зусилля сягає 190тс. Що свідчить про те, що активні сили тертя при руху оправки зменшують питоме зусилля на 11.6%. При швидкості оправки, яка вдвічі більша, ніж швидкість течії металу максимальне зусилля сягає 186тс. Подальше збільшення швидкості оправки зумовлює збільшення зусилля процесу.

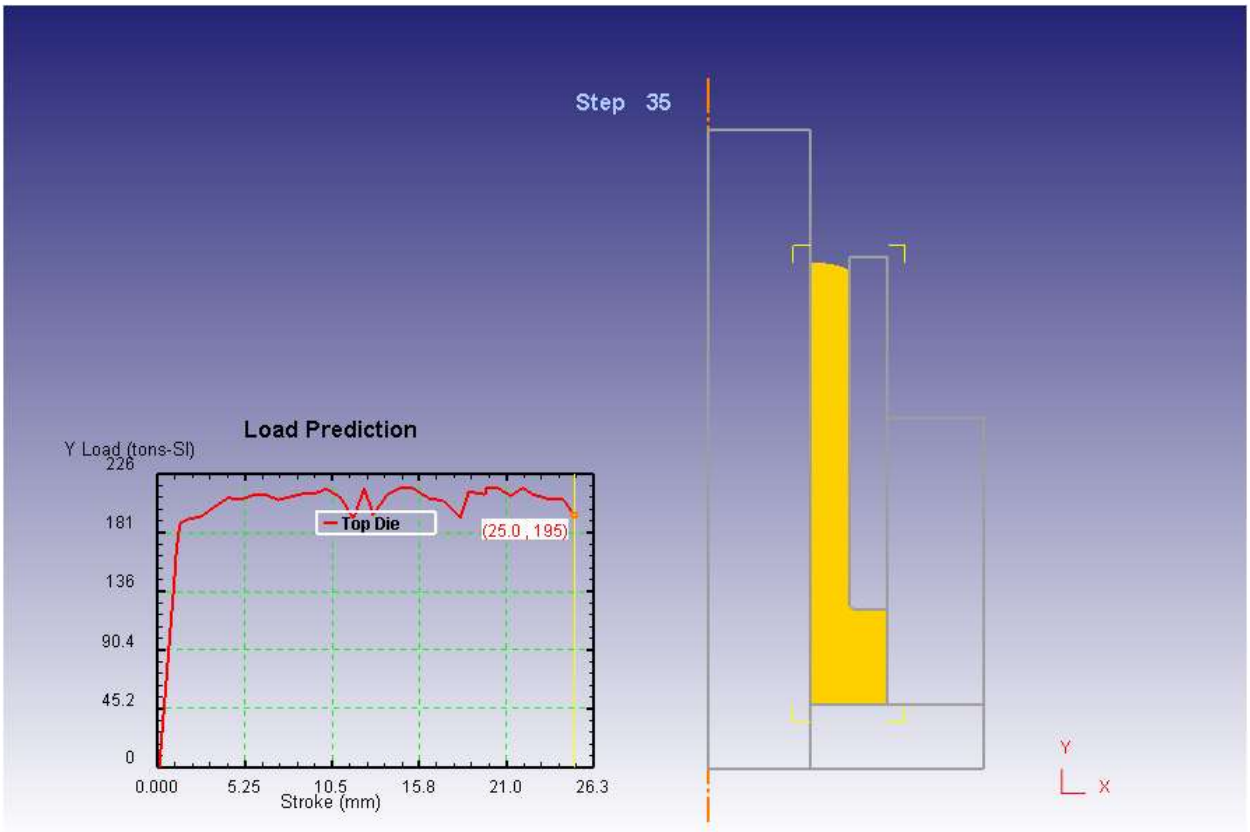


Рис. 2 – Залежність зусилля обтиску від переміщення пуансону при нерухомій оправці

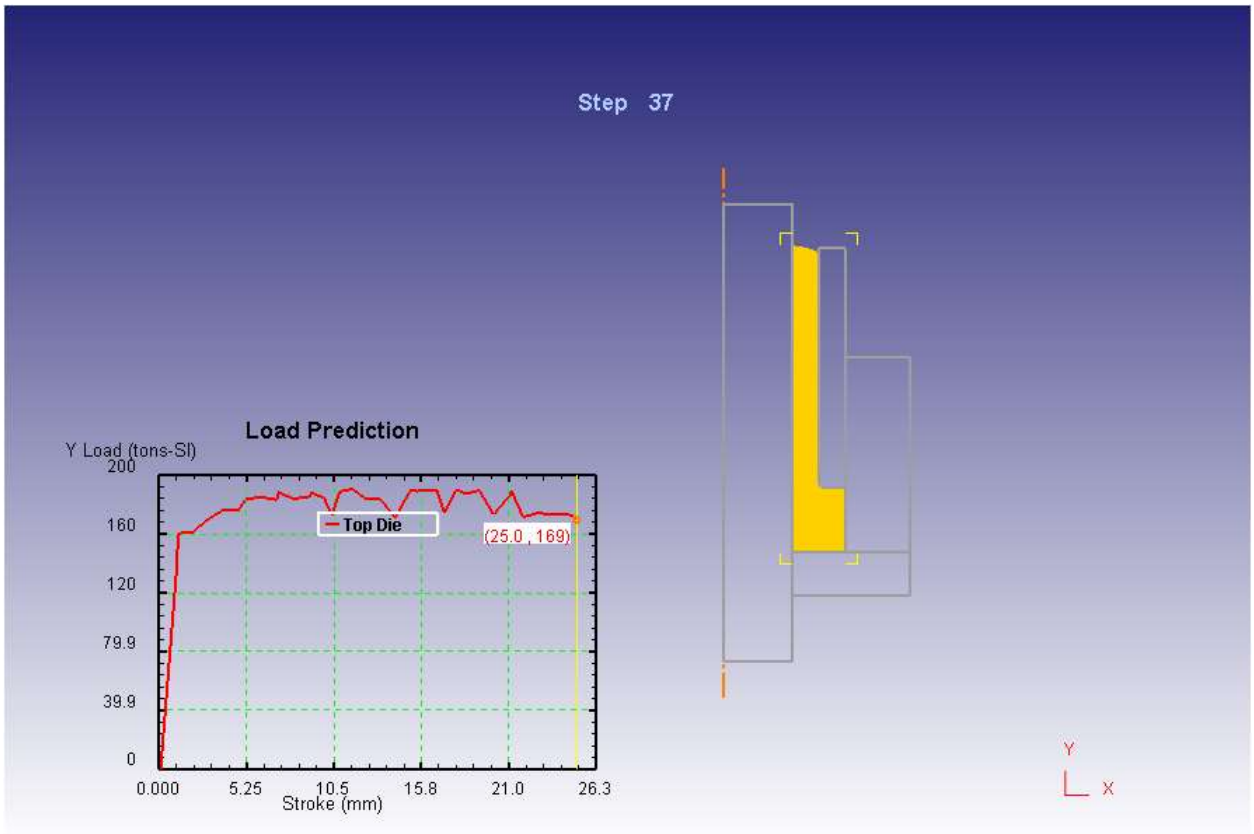


Рис. 3 – Залежність зусилля видавлювання від переміщення пуансону при швидкості руху оправки рівній швидкості течії металу

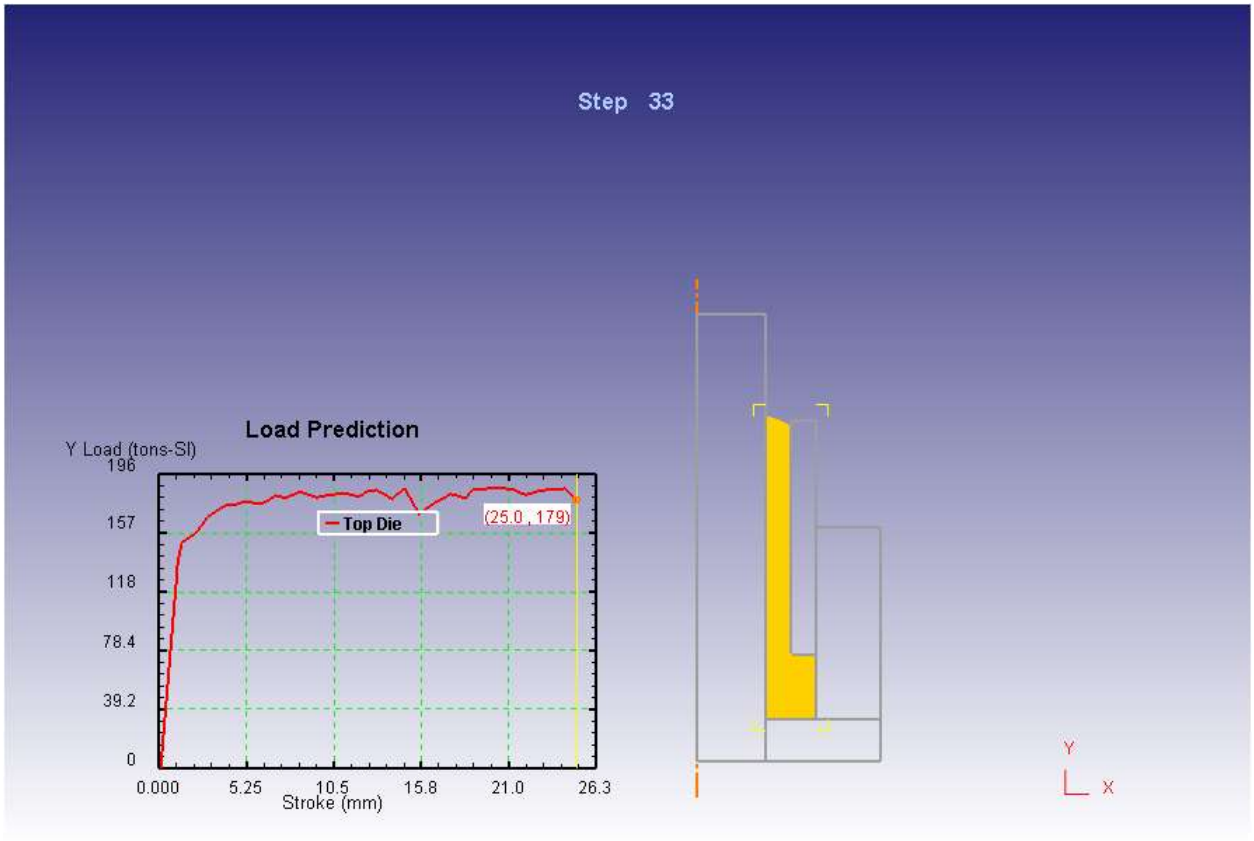
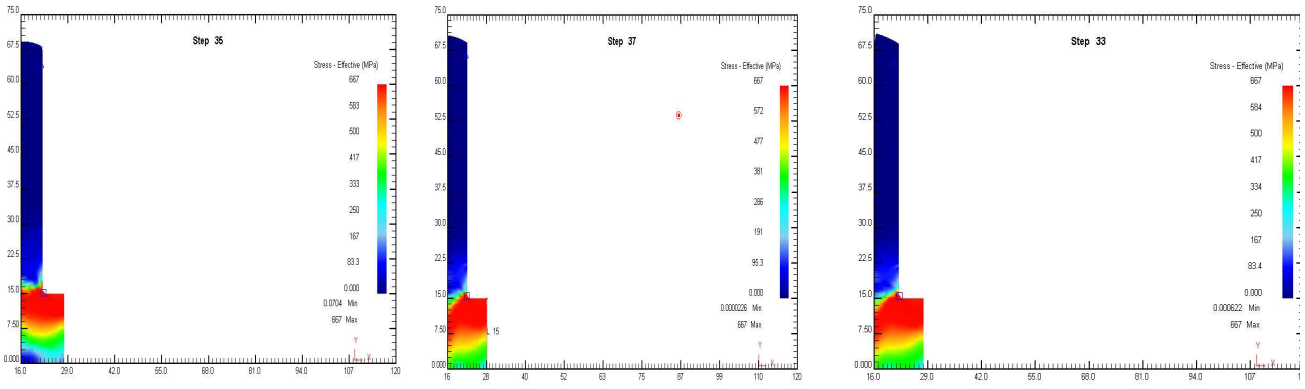


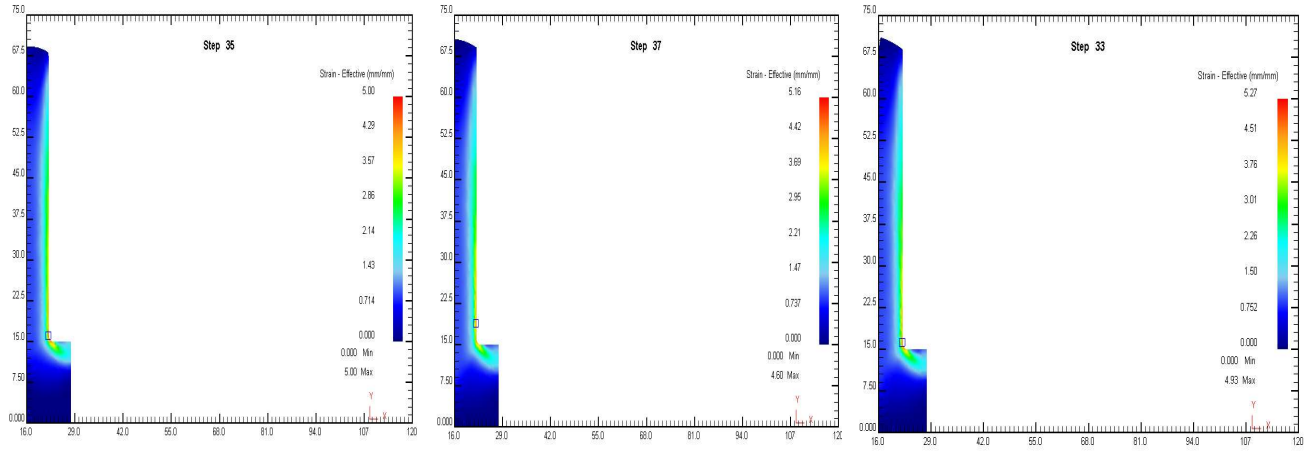
Рис. 4 – Залежність зусилля видавлювання від переміщення пуансону при швидкості руху оправки вдвічі більшій швидкості течії металу

В результаті проведення чисельних експериментів було встановлено характер розподілу інтенсивності напружень σ_i,, інтенсивності деформації ε_i, а також ступеню використання ресурсу пластичності ψ по об'єму циліндричної деталі, що піддається деформуванню при різних швидкостях переміщення оправки



а. б. в

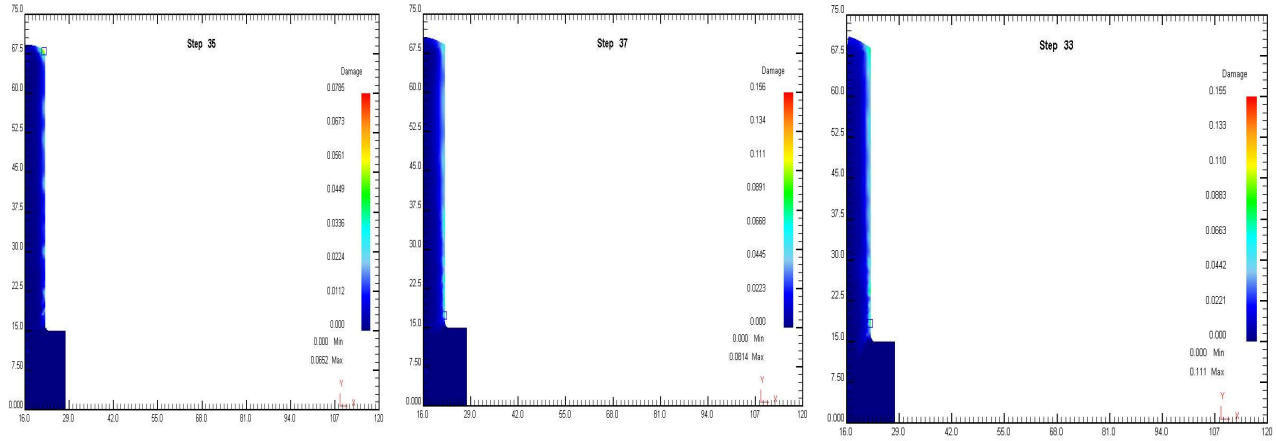
Рис.5 – Розподіл інтенсивності напружень σі
а – оправка нерухома; б – швидкість оправки дорівнює швидкості течії здеформованого металу;
в – швидкість оправки дорівнювала двом швидкостям здеформованого металу



а б. в.

Рис. 6 – Розподіл інтенсивності деформації ε_i

а – оправка нерухома; б – швидкість оправки дорівнює швидкості течії здеформованого металу; в. – швидкість оправки дорівнювала двом швидкостям здеформованого металу



а. б. в.

Рис.7 – Розподіл ступеню використання ресурсу пластичності ψ_i

а.– оправка нерухома; .б.– швидкість оправки дорівнює швидкості течії здеформованого металу; в.– швидкість оправки дорівнювала двом швидкостям здеформованого металу

Висновки: 1. Запропоновано ефективну схему процесу холодного об'ємного формування фланців в трубчастих заготовках шляхом зменшення енегосилових параметрів процесу, що забезпечується використання активних сил тертя.

Методом скінченних елементів, за допомогою програмного середовища «DEFORM», встановлено що зусилля деформування на пуансоні зменшується під впливом активних сил тертя, які викликані збільшенням швидкості оправки. Таким чином, зусилля зменшуються при збільшенні швидкості оправки. Оптимальна швидкість оправки вдвічі більша, ніж швидкість течії здеформованого металу. Зі зменшенням товщини стінки виробу, зменшується зусилля процесу.

За розробленою схемою зворотного видавлювання без руху оправки зусилля сягало 215тс. Схема з рухомою оправкою, де швидкість дорівнювала швидкості течії здеформованого металу зусилля сягало 190тс, що свідчить про те що, за рахунок активних сил тертя спостерігається зниження зусилля на 11.6%. Також було проведено модулювання де швидкість оправки у 2 рази більше швидкості течії здеформованого металу, зусилля падало на 13.4%.

2. Проаналізувавши характер розподілу напружень σ_ρ σ_z σ_θ, визначено що максимальні значення напруження досягають в зоні під пуансоном та зменшується за рахунок збільшення руху оправки.

3. Показник інтенсивності деформації e_i, вказує на те що найбільш інтенсивно деформація протікає в

об'ємі який контактує з пуансоном та збільшується зї швидкістю оправки.

4. Використання ступеню ресурсу пластичності ψ, у випадку коли оправка не рухома сягає 0,078 та збільшується під час руху оправки до 0,156. А також при збільшені руху оправки у двічі, показник досягає відмітки 0.155. Данні результати вказують на те, що формоутворення буде проходити без руйнування.

Список літератури

1. Ковка и объемная штамповка: Справочник. В 4-хт. / Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др.. – Т. 3. Холодная объемная штамповка / Под ред. Г.А. Навроцкого. – М.: Машиностроение, 1987. – 384с.
2. Евстратов В.А. Теория обработки металлов давлением. Учебник для студентов вузов, обучающихся по спец. "Машины и технология обработки металлов давлением". – Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1981. – 248 с.
3. 3.Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – 423с
4. Теория пластических деформаций металлов/ Е.П. Унксов, У. Джонсон, В.Л. Колмогоров и др.; под ред. Е.П. Унксова, А.Г. Овчинникова .– М.: Машиностроение, 1983 – 598 с

References (transliterated)

1. Kovka i ob"yemnaya shtampovka: Spravochnik. V 4-kht. / red. sovet: Ye.I. Semenov (pred.) i dr.. – T. 3. Kholodnaya ob"yemnaya shtampovka / pod red. G.A. Navrotskogo. – Moscow: Mashinostroyeniye, 1987. – 384 p.o
2. Yevstratov V.A. Teoriya obrabotki metallov davleniyem. Uchebnik dlya studentov vuzov, obuchayushchikhsya po spets. "Mashiny i tekhnologiya obrabotki metallov davleniyem". – Khar'kov: Vishcha shkola. Izd-vo pri Khar'k. un-te, 1981. – 248 p.
3. 3.Storozhev M.V., Popov Ye.A. Teoriya obrabotki metallov davleniyem. Uchebnik dlya vuzov. – 4-ye izd., pererab. i dop. – Moscow:: Mashinostroyeniye, 1977. – 423 p.
4. Teoriya plasticheskikh deformatsiy metallov/ Ye.P. Unksov, U. Dzhonson, V.L. Kolmogorov i dr.; pod red. Ye.P. Unksova, A.G. Ovchinnikova .– Moscow:: Mashinostroyeniye, 1983. – 598 p– P. 49–53.

Надійшла (received) 18.11.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

***Сабол Сергій Францович* (*Сабол Сергей Францевич, Sabol Sergey Frantsovych*)**–кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», доцент кафедри механіки пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів; тел.: (050) 719-30-26; e-mail: sabol1@ukr.net.

Горностай Вадим Миколайович (Горностай Вадим Николаевич, Gornostaj Vadim Mikolajovich) –кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», доцент кафедри механіки пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів; т. 050-53-58-653

Левченко Павло Олександрович (Левченко Павел Олександрович, Levchenko Pavel Oleksandrovych)– Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», магистр