

**А.М. ПОТЯТИНИК, В.М. ГОРНОСТАЙ, С.Ф. САБОЛ, О.С.ГОЛОВКО, М.О. ЄФРЕМОВ,
А.О.БРЕНЗЕЙ**

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПОЧАТКОВОГО ПОЛОЖЕННЯ ЗАГОТОВКИ НА ПАРАМЕТРИ ПРОЦЕСА ХОЛОДНОГО ЗВОРОТНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ПОРОЖНИСТИХ ВИРОБІВ З РОЗДАЧОЮ

Досліджено вплив розташування заготовки в матриці на процес отримання порожнистих виробів зворотним видавлюванням з роздачою. Визначено геометрію кінцевого виробу, напружено-деформований стан та силові параметри процесу холодного видавлювання порожнистих виробів з роздачою. Сформульовано подальші етапи досліджень за допомогою чисельних експериментів для визначення впливу наступних параметрів (ступінь деформування, кут конуса матриці, коефіцієнт роздачі, швидкість деформування та швидкість переміщення матриці) процесу зворотного видавлювання з роздачою для розробки раціональних технологічних процесів отримання виробів.

Ключові слова: порожнистий виріб, холодне зворотне видавлювання з роздачою, метод скінченних елементів, зусилля видавлювання, питомі зусилля, напруження, деформації, форма і розміри виробів.

А.Н. ПОТЯТЫНИК, В.Н. ГОРНОСТАЙ, С.Ф. САБОЛ, О.С. ГОЛОВКО, М.О. ЕФРЕМОВ, А.О. БРЕНЗЕЙ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НАЧАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ЗАГОТОВКИ НА ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ХОЛОДНОГО ОБРАТНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ ПОЛЫХ ИЗДЕЛИЙ С РАЗДАЧЕЙ

Исследовано влияние начального положения заготовки относительно матрицы на процесс обратного выдавливания с раздачей. Определены форма полученного изделия, напряженно-деформированное состояние заготовки и силовые параметры процесса формообразования изделия с необходимыми размерами и качеством конечного изделия в зависимости от начального положения заготовки. Сформулированы дальнейшие этапы исследований с помощью численных экспериментов для определения влияния параметров (степень деформации, угол конуса матрицы, коэффициент раздачи, скорость деформирования и скорость перемещения матрицы) процесса обратного выдавливания для разработки рациональных технологических процессов получения изделий. Определена степень использования ресурса пластичности, спрогнозирована степень упрочнения деформированного изделия. Определено необходимость использования дополнительных приспособлений для извлечения заготовки из полости штампа.

Ключевые слова: полый изделие, холодное обратное выдавливание с раздачей, метод конечных элементов, усилия выдавливания, удельные усилия, напряжения, деформации, форма и размеры изделий.

А.М. ПОТЯТИНУК, В.М. ГОРНОСТАЙ, С.Ф. САБОЛ, О.С. ГОЛОВКО, М.О. ЄФРЕМОВ, А.О. БРЕНЗЕЙ

DETERMINATION OF INFLUENCE OF INITIAL POSITION OF PURVEYANCE ON THE PARAMETERS OF PROCESS OF THE COLD REVERSE SQUEEZING OUT OF HOLLOW WARES WITH DISTRIBUTION

The processes of producing products by cold forging are used in many industries, but its wide distribution is hampered by the presence of large specific stresses on the tool. This significantly reduces the durability of the working tool. Special attention should be paid to the military industrial complex, namely the manufacture of ammunition. Such production requires high-performance and low-cost technologies that allow to obtain high-precision products or semi-finished products with enhanced performance properties. Cold extrusion is widely used for high-performance manufacturing of precision hollow products from steel and non-ferrous metals. A comparative analysis of various methods has shown that the most promising is a method for producing products by cold-reverse extrusion with dispensing. The analysis of existent charts of receipt of hollow wares is conducted. Advantages and defects are certain. Influence of initial position of purveyance is investigational in relation to a matrix on the process of the reverse squeezing out with distribution. The form of the got good, tensely-deformed state of purveyance and power parameters of process of формообразования of good, is certain with necessary sizes and quality of eventual good depending on initial position of purveyance. The further stages of researches are set forth by means of numeral experiments for determination of influence of parameters (degree of deformation, cone of matrix angle, coefficient of distribution, speed of deformation and speed of moving of matrix) of process of the reverse squeezing out for development of rational technological processes of receipt of wares. The degree of the use of resource of plasticity, degree of work-hardening of the deformed good, is certain. The necessity of the use of additional adaptations is certain for extraction of purveyance from the cavity of stamp.

Keywords: hollow product, cold reverse extrusion with distribution, finite element method, extrusion force, specific forces, stress, deformation, shape and size of products.

Процеси отримання виробів холодним об'ємним штампуванням використовуються в багатьох галузях промисловості, але його широке розповсюдження гальмується наявністю великих питомих напружень на інструменті. Це суттєво зменшує стійкість робочого інструменту. Особливої уваги заслуговує військовий промисловий комплекс, а саме виготовлення боєприпасів [1]. Таке виробництво потребує високопродуктивних та маловитратних технологій, які дозволяють отримати високоточні вироби або напівфабрикати з підвищеними експлуатаційними властивостями [2,3]. Для високопродуктивного

виготовлення точних порожнистих виробів із сталей і кольорових металів широко використовують холодне видавлювання. Порівняльний аналіз різних способів виконано в роботі [4], як найбільш перспективний спосіб отримання виробів холодним видавлюванням є холодне зворотне видавлювання з роздачою. Переваги використання цього методу представлені в роботі [5].

Метою даної роботи є визначити вплив початкового розташування заготовки в матриці на процес зворотного видавлювання порожнистих виробів з роздачою.

Застосування метода скінчених елементів (МСЕ) для теоретичного аналізу процесів холодного видавлювання дозволяє визначити дані для проектування технології і штампового оснащення, які не потребують доопрацювання експериментальними роботами [6, 7]. В роботі використана скінченно-елементна програма DEFORM. Метал заготовок вважається пружно-пластичним зі зміцненням, деформуючий інструмент – абсолютно жорстким. Використання такої моделі металу дозволяє визначити кінцеві форму і розміри виробів, а також виконати моделювання процесів виймання пуансона із здеформованої заготовки та виштовхування її із матриці після видавлювання.

Постановка задачі. На рис. 1 показано розрахункову схему процесу (де: 1 – матриця, 2 –

пуансон, 3 – виштовхувач, 4 – заготовка). Вихідна заготовка із сталі 20 діаметром 40 мм та висотою 50 мм з наступними властивостями: умовна межа текучості $\sigma_{0,2} = 380 \text{ МПа}$, модуль Юнга $2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ [3] та коефіцієнт Пуассона 0,3, яка отримується різанням в штампах з прутка. Враховано вплив тертя по Кулону з коефіцієнтом тертя $\mu = 0,08$. Швидкість деформування складала $V_0 = 2 \text{ мм/сек}$. Висота на яку вступає заготовка з матриці h . Пуансон починає рухатися зі швидкістю V_0 (вихідне положення рис.1, а). Після занурення пуансона в заготовку матриця починає рухатися з такою ж швидкістю що й пуансон, що дозволяє реалізувати схему зворотного видавлювання порожнистого виробу з роздачою.

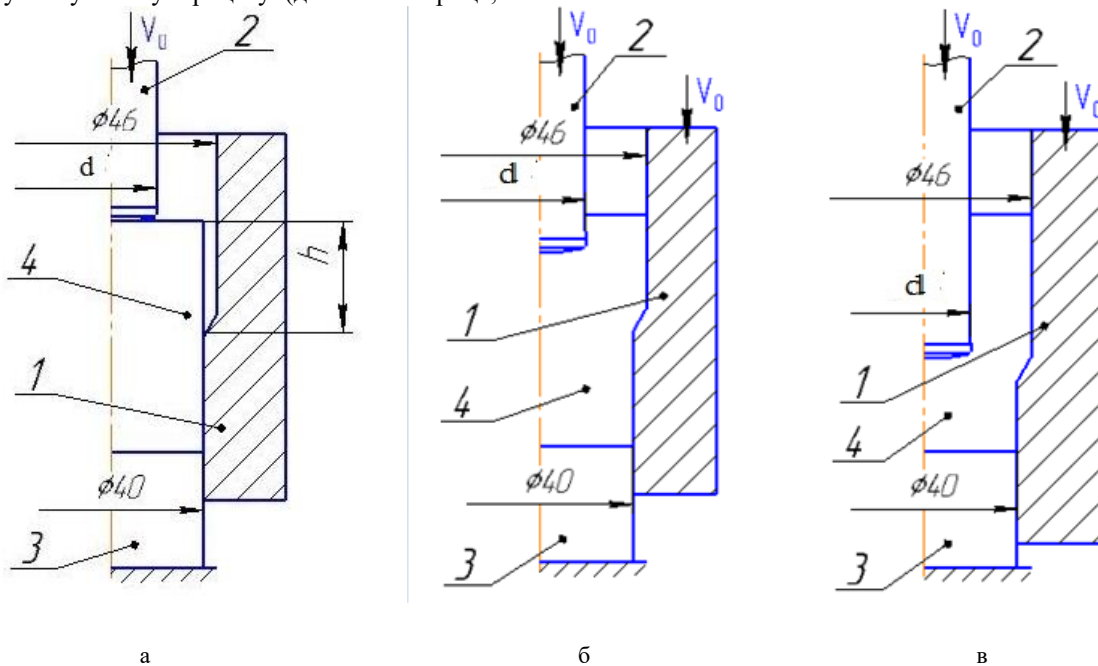


Рис. 1 – Розрахункова схема зворотного видавлювання з роздачою

Шляхом чисельного експерименту в програмному комплексі DEFORM-3D було проведено чисельний експеримент зворотного видавлювання порожнини з роздачою.

Моделювання виконували в пружно-пластичній постановці. На рис. 2, а зображена схема на початку зворотного видавлювання з роздачою. Заготовка 1 встановлена в матриці 2 на виштовхувачі 3. При переміщенні пуансона 4 виконується формоутворення виробу 5 (рис. 2, б).

Моделюванням для кожної схеми видавлювання з різним розташуванням заготовки відносно матриці встановлена послідовність видалення готових виробів із матриць після видавлювання. Наявність пристрою в штампі для знімання виробу із пуансона визначає моделювання процесу виймання пуансона з заготовки.

На рис. 2, в наведено положення виймання пуансона з виробу. Після зворотного видавлювання з роздачою, при русі пуансона 1 вгору, виріб 2 спочатку залишається в матриці до тих пір поки калібруючий поясок торця пуансона торкнеться торця виробу (рис. 2, в). При подальшому переміщенні пуансона 1 виріб 2 залишається на пуансоні і повністю виходить із матриці (рис. 2, г). Готовий виріб наведено на рис. 2, д.

Результати досліджень. На рис.3 показано залежність геометрії кінцевого виробу від висоти початкового розташування заготовки. Утворення стінки необхідної товщини спостерігається при висоті 12 та 15 мм. Подальше збільшення висоти не впливає на заповнення. При малих висотах спостерігається процес зворотного видавлювання з мінімальною роздачою стінки.

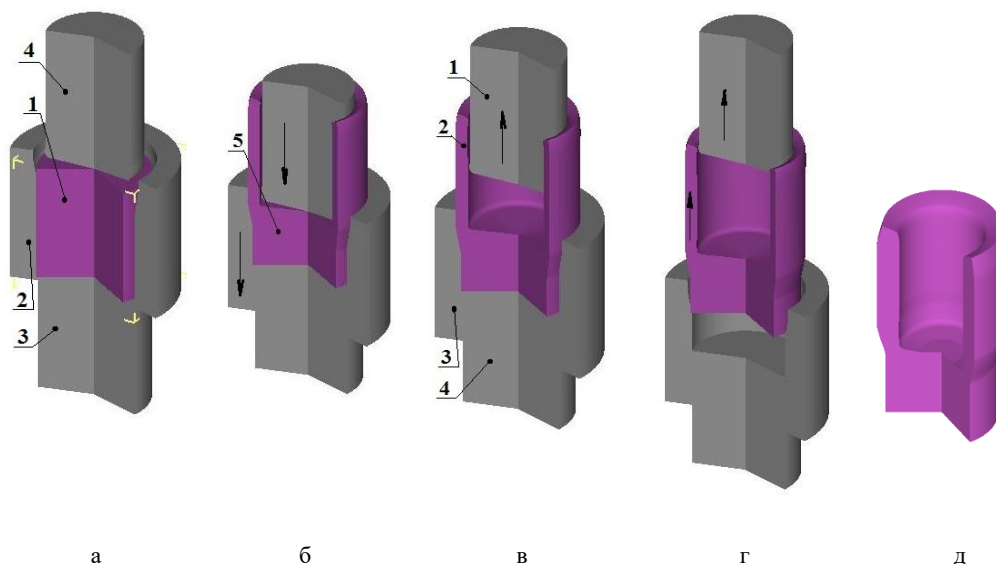
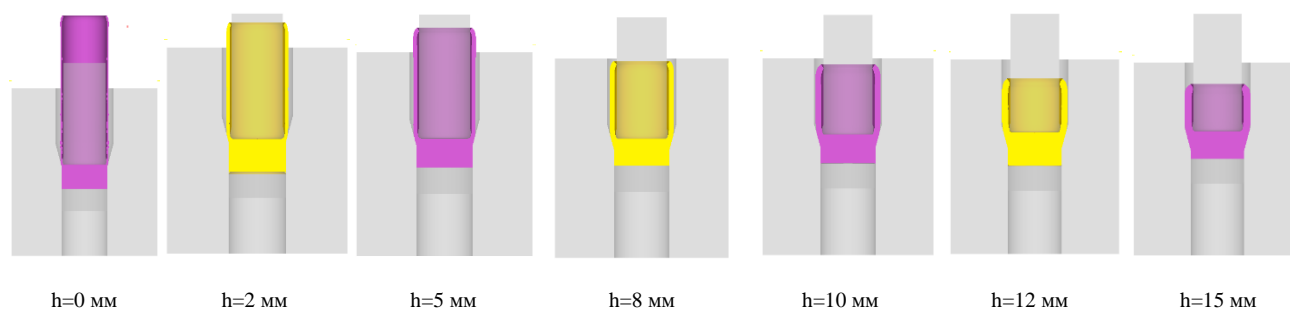


Рис. 2 – Етапи формоутворення порожнистого виробу холодним видавлюванням з роздачою

Рис. 3 – Залежність геометрії виробу від висоти початкового розташування h заготовки

На рис. 4 зображені розрахункові залежності зусилля зворотного видавлювання з роздачою (рис.4а) від переміщення деформуючого інструмента та залежність максимального зусилля видавлювання від висоти початкового розташування h заготовки (рис.3б). Зусилля спочатку зростає до моменту виходу металу в зазор між матрицею і калібруючим пояском пуансона, а в подальшому залишаються постійними. Найбільшого значення зусилля (4300 кН) досягає при мінімальній висоті $h = 0$ мм, коли заготовка встановлюється повністю в матрицю. З залежності розподілу максимальних зусиль (рис.4б) видно що збільшення висоти призводить до значного зменшення максимального зусилля видавлювання майже в 2 рази. Це пов'язано з зміною напружено деформованого стану в осередку деформації. Та зменшенню опору витікання металу в стінку заготовки. На рис. 5 представлено розподіл інтенсивності напружень в об'ємі заготовки в навантаженому стані при

максимальному зусиллі процесу зворотного видавлювання порожнини з роздачою. З якого можна оцінити зміцнення та кількісне його значення в стінці та донній частині кінцевого виробу. З наведеного розподілу видно що найбільше зміцнення досягаються при висотах від 5 до 12 мм. На рис. 6 показано ступінь використання ресурсу пластичності в об'ємі заготовки. При малих висотах до 5 мм він досягає максимальних значенні в стінці що свідчить про велику імовірність утворення дефектів в кінцевому виробі. Тому при розробці технологічного процесу слід уникати такого початкового розташування заготовки в матриці. При подальшому дослідженні процесів зворотного видавлюванні порожнини з роздачою важливо визначити такі параметри процесу (максимально можливу ступінь деформування, кут конуса матриці, коефіцієнт роздачі, швидкість деформування та швидкість переміщення матриці [4]), які б дозволили отримувати виріб за найменшою кількістю переходів з необхідними властивостями.

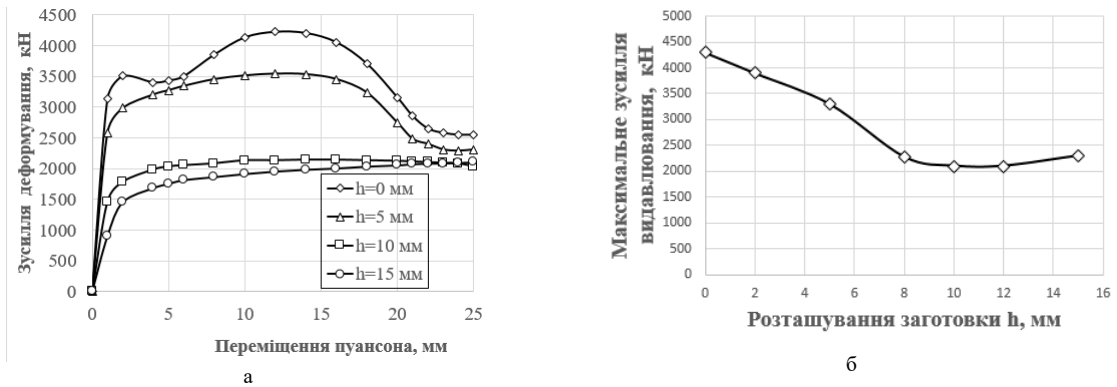


Рис. 4 – Залежність зусилля видавлювання: а – від переміщення пуансона; б – максимальних зусиль від висоти початкового розташування заготовки.

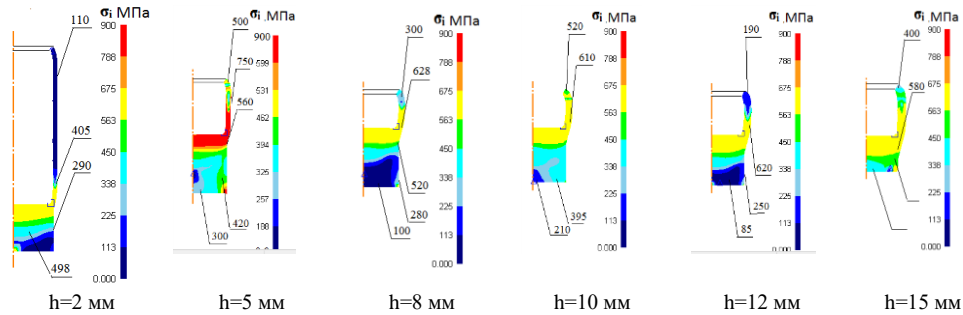


Рис. 5 – Розподіл інтенсивності напружень σ_i в об'ємі заготовки

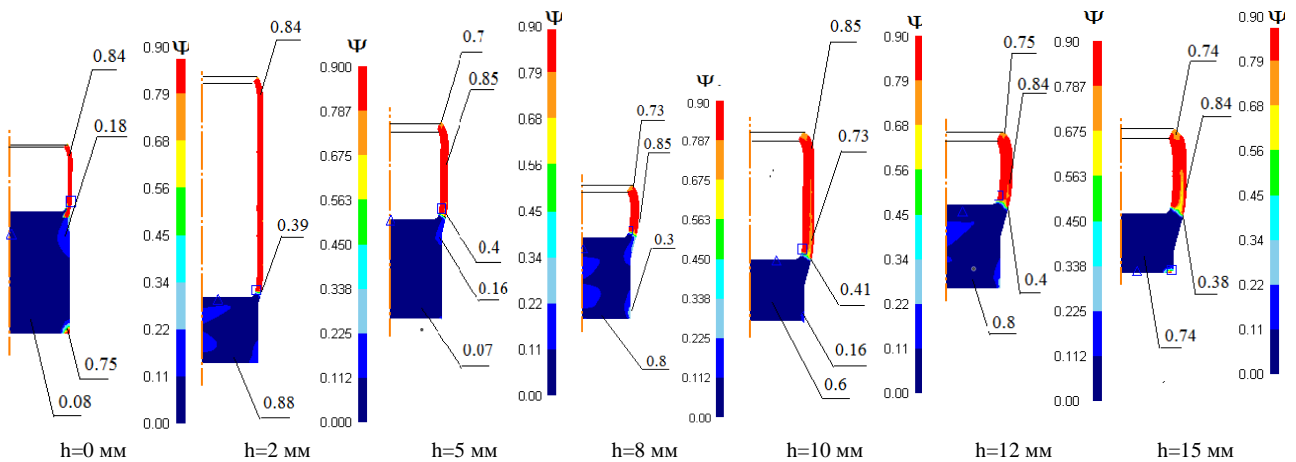


Рис.6 – Розподіл ступеня використання ресурсу пластичності в об'ємі заготовки.

Виходячи з вище наведеного при проведенні подальшого дослідження, за допомогою чисельних експериментів, розташовувати заготовку відносно матриці необхідно в межах від 5 до 12 мм та необхідно визначити наступне: 1 – співвідношення швидкостей переміщення пуансону та матриці, які дозволять отримати вироби за мінімальну кількість переходів, 2 – оптимальний кут конуса матриці який дозволить зменшити питомі напруження на робочому інструменті, 3 – максимально можливу ступінь деформації за один перехід при мінімальних питомих напруженнях на інструменті для підвищення стійкості штампового оснащення.

Висновки. Досліджено вплив початкового розташування заготовки на можливість отримання порожнистих виробів зворотним видавлюванням з роздачою. Визначено параметри які суттєво впливають на цей процес. Сформульовано подальші етапи досліджень за допомогою чисельних експериментів для встановлення впливу параметрів (ступінь деформування, кут конуса матриці, коефіцієнт роздачі, швидкість деформування та швидкість переміщення матриці) процесу зворотного видавлювання.

Список літератури

1. Холодная объемная штамповка. Справочник. / под ред. Г.А. Навроцкого. – М.: Машиностроение, 1973, – 496 с.
2. Ковка и штамповка. Справочник. В 4-х т.; т. 3. Холодная объемная штамповка / Под ред. Г.А. Навроцкого. – М.: Машиностроение, 1987. – 384 с.
3. Третьяков А.В. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением / А.В. Третьяков, В.И. Зюзин // 2-е изд. – М.: Металлургия, 1973 – 224 с.
4. Калюжний В.Л. Аналіз схем холодного видавлювання віссиметричних порожнистих виробів / Калюжний В.Л., Потятиник А.М. // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. Луцьк 2017. Випуск №59. – С. 137–143.
5. Калюжний В.Л. Сравнительный анализ процессов обратного выдавливания и прямого выдавливания с раздачей изделий с полостью постоянного диаметра / В.Л. Калюжний, Л.И. Алиева, И.П. Куликов // Обработка материалов давлением: сб. науч. трудов. – Краматорск: ДГМА, 2013. – №4(37). – С. 87–92
6. Потятиник А.М. Аналіз впливу параметрів процесу холодного зворотнього видавлювання порожнистих виробів з роздачою / Потятиник А.М., Горностай В.М, Сабол С.Ф. // Вісник НТУ «ХПІ». 2017. № 37 (1259). – С.66–70.
7. Калюжний В.Л. Определение усилий извлечения пуансона из сформированной заготовки и выталкивания заготовки из матрицы при холодном выдавливании полых изделий с разной степенью деформации / В.Л. Калюжний, Л.И. Алиева, В.Н. Горностай // Усовершенствование процессов и оборудования для обработки давлением в металлургии и машиностроении: сб. науч. трудов. – Краматорск: ДГМА, 2016. – №1(42). – С. 90–100.
8. Deform-3D – мощная система моделирования технологических процессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.thesis.com.ru/software/deform>.

References (transliterated)

1. Kholodnaya ob'emnaya shtampovka. Spravochnyk. / Pod red. H.A. Navrotskoho. – Moscow. Mashynostroeniye, 1973, – 496 p.
2. Kovka y shtampovka. Spravochnyk. V 4-kh t.; vol. 3. Kholodnaya ob'emnaya shtampovka / pod red. H.A. Navrotskoho. – Moscow.: Mashynostroeniye, 1987. -384 p.
3. Tre't'yakov A.V. Mekhanycheskiye svoystva metallov y splavov pry obrabotke davlenyem / A.V. Tre't'yakov, V.Y. Zyuzyn // 2-e yzd. – Moscow: Metallurhiya, 1973 – 224 p.
4. Kalyuzhnyy V.L. Analiz skhem kholodnoho vydavlyuvannya visesyetrychnykh porozhnistykh vyrobiv / Kalyuzhnyy V.L., Potyatynik A.M. // Naukovi notatky. Mizhvezivskyy zbirnyk. Luts'k 2017. Vypusk No 59. P. 137–143.
5. Kalyuzhnyy V.L. Sravnytel'nyy analiz protsessov obratnoho vydavlyvaniya y pryamoho vydavlyvaniya s razdachey yzdeliy s polost'yu postoyannoho dyametra / V.L. Kalyuzhnyy, L.Y. Alyeva, Y.P. Kulykov // Obrabotka materialov davlenyem: sb. nauch. trudov. – Kramatorsk: DHMA, 2013. – No 4(37). – P. 87–92.
6. Potyatynik A.M. Anallz vplivu parametriv protsesu holodnogo zvorotnogo vydavlyuvannya porozhnistih virobiv z rozdachoyu / Potyatynik A.M., Hornostay V.M, Sabol S.F. // Visnik NTU «HPi». 2017. No 37 (1259). P. 66–70.
7. Kalyuzhnyy V.L. Opredelenye uslyly yzvlachenyya puansona yz sdeformirovannoy zahotovky y vital'kyvaniya zahotovky yz matrytsy pry kholodnom vydavlyvaniy polyx yzdeliy s raznoy stepen'yu deformatsyy / V.L. Kalyuzhnyy, L.Y. Alyeva, V.N. Hornostay // Usovershenstvovanye protsessov y oborudovaniya dlya obrabotky davlenyem v metallurhiy y mashynostroeny: sb. nauch. trudov. – Kramatorsk: DHMA, 2016. – No 1(42). – P. 90–100.
8. Deform-3D – moshchnaya sistema modelyrovaniya tekhnolohycheskykh protsessov [Elektronniy resurs]. – Rezhym dostupa: <http://www.thesis.com.ru/software/deform>.

Надійшла (received) 11.11.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Потятиник Андрій Миколайович (Потятиник Андрей Николаевич, Potiatynik Andrii Mykolaiovych) – аспірант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського, тел.: (095) 3671932 Qdx@ukr.net

Горностай Вадим Миколайович (Горностай Вадим Николаевич, Hornostai Vadym Mykolaiovych) – кандидат технічних наук, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського, доцент кафедри Механіки пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів; тел.: (050) 5358653; e-mail: w.gornostay@kpi.ua

Сабол Сергій Францевич (Сабол Сергей Францевич, Sabol Serhii Frantsevych) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського, доцент кафедри Механіки пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів; тел.: (050) 7193026; e-mail: s.sabol@kpi.ua

Головко Оксана Сергіївна (Головко Оксана Сергеевна, Golovko Oksana Sergeevna) – студентка, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського, тел.: (099) 6074453; e-mail: golovko19951510@gmail.com

Єфремов Михайло Олегович (Ефремов Михаил Олегович, Yefremov Mykhail Olegovich) – студент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського, тел.: (050) 8715287; e-mail: w.gornostay@kpi.ua

Брензей Андрій Олегович (Брензей Андрей Олегович, Brenzei Andriy Olegovich) – студент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського, тел.: (093) 6912038; e-mail: brenzei.andrei@gmail.com