

УДК 621.777.4

В. М. ГОРНОСТАЙ, С. Ф. САБОЛ, А. М. ПОТЯТИНИК, О. С. ГОЛОВКО**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНОСТІННОСТІ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ
НА ЯКІСТЬ КІНЦЕВОГО ВИРОБУ ПРИ ВИДАВЛЮВАННІ З ПОТОНШЕННЯМ**

Робота присвячена визначенню: впливу різностінності вихідної заготовки на якість кінцевого виробу при виготовленні холодним об'ємним штампуванням, технологічних параметрів поопераційних переходів шляхом чисельного експерименту та розробки технологічного процесу та штампного оснащення для отримання виробів спеціального призначення. Шляхом моделювання в програмному комплексі DEFORM-3D проведено чисельний експеримент технологічних переходів процесу холодного витягування з потоншенням послідовних трьох переходів з вихідної заготовки з різницею в товщині стінки 0,2, 0,1 та 0,05 мм, яка отримується холодним зворотним видавлюванням. Моделювання виконували в пружно-пластичній постановці з врахуванням розвантаження після операцій формозміни.

Ключові слова: холодне об'ємне штампування, різностінність вихідної заготовки, якість кінцевого виробу, технологічні переходи.

Работа посвящена определению: влияния разностенности исходной заготовки на качество конечного изделия изготовленного холодной объемной штамповкой, технологических параметров пооперационных переходов путем численного эксперимента и разработке технологического процесса и штампной оснастки для получения изделий специального назначения. Путем моделирования в программном комплексе DEFORM-3D проведен численный эксперимент технологических переходов процесса холодного вытягивания с утонением последовательных трех переходов из исходной заготовки с разницей в толщине стенки 0,2, 0,1 и 0,05 мм, которая получается холодным обратным выдавливанием. Моделирование выполняли в упруго-пластической постановке с учетом разгрузки после операций формоизменения.

Ключевые слова: холодное объемная штамповка, разностенность исходной заготовки, качество конечного изделия, технологические переходы.

The work is devoted to the definition: the influence of varying wall thickness the initial workpiece on the quality of the final product was cold bulk punching process parameters variables and events navigation by means of numerical experiment and development of technological process and forging the snap-in to obtain special-purpose products. By modeling in DEFORM-3D software package, a numerical experiment technological transition process of cold drawing with thinning three successive transitions of the original billet with a difference in wall thickness of 0.2, 0.1 and 0.05 mm, which is obtained by cold extrusion reverse. Modeling was performed in the elastic-plastic formulation based on discharge after the forming operations. The effect of the variation in wall thickness of the initial preform in the quality of the final product and the ability to produce products in the manufacture of cold forging blanks for hollow articles. Experimentally established process parameters of operational transitions, stress-strain state of the blanks after deformation, the distribution of the use of the plasticity resource for the transaction. By calculation, the optimal parameters of the deforming tool and specific effort on it, determine the number of transitions for the final product of the required quality. The results obtained are necessary for the design of the die tooling.

Keywords: cold forging, variation in wall thickness of the initial, initial billet, the quality of the final product, technological transitions.

Вступ. Чисельні експерименти дозволяють встановити напружено-деформований стан в об'ємі здеформованої заготовки, кінцеві форми та розміри виробу з урахуванням пружної деформації, а також отримати розподіл нормальних напружень на контактуючих поверхнях заготовки з інструментом, що дозволяє розраховувати інструмент на міцність, отримати залежність зусилля процесів від переміщення пуансона, визначити ступінь використання ресурсу пластичності – можливість отримання даних виробів при певних вихідних параметрах процесу ще на стадії розробки технологічних процесів. Все це дозволяє суттєво скоротити час на розробку та впровадження нових технологій.

Постановка задачі. На рис. 1 показано розрахункова схема процесу (рис. 1, а, де 1 – матриця, 2 – пуансон, 3 – вихідна заготовка) та поопераційні ескізи напівфабрикатів. Вихідна заготовка (рис. 1, б) із сталі 10 з наступними властивостями: умовна межа течії $\sigma_{0,2} = 260$ МПа, модуль Юнга $2,1 \cdot 10^5$ МПа та коефіцієнт Пуассона 0,3 яка отримується холодним

зворотним видавлюванням з різницею товщини стінки 0,2, 0,1 та 0,05 мм, поступає на першу операцію холодного видавлювання з потоншенням, після якої отримують заготовку (рис. 1, в). Далі виконується 2 переходи витягування з потоншенням стінки (рис. 1, г, д), з відпадом між переходами. Отриманий напівфабрикат після останнього переходу є заготовкою під обтиск та механічну обробку для отримання кінцевого виробу спеціального призначення.

Шляхом чисельного експерименту в програмному комплексі DEFORM-3D проведено чисельний експеримент технологічних переходів процесу холодного витягування з потоншенням послідовних трьох переходів з вихідної заготовки з різницею в товщині стінки 0,2, 0,1 та 0,05 мм, яка отримується холодним зворотним видавлюванням. Моделювання виконували в пружно-пластичній постановці з врахуванням розвантаження після операцій формозміни.

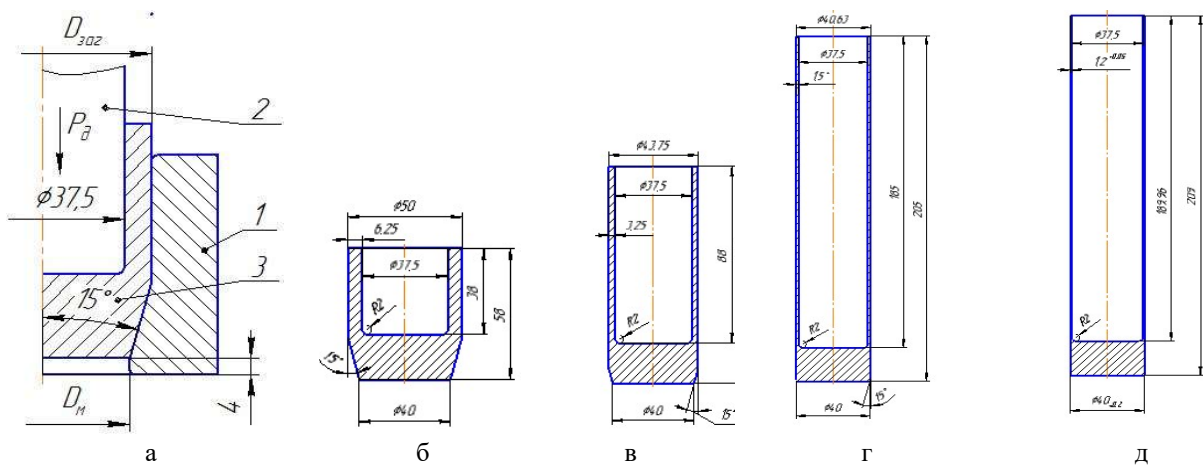


Рис. 1 – Розрахункова схема та поопераційні ескізи напівфабрикатів:
а – схема процесу; б – вихідна заготовка; в – перша операція; г – друга операція; д – кінцева операція

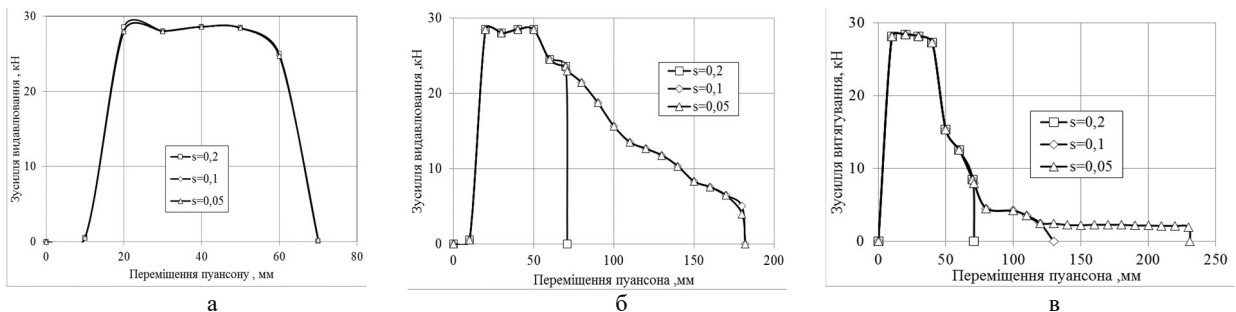


Рис. 2 – Залежність зусилля операції від переміщення пуансона:
а – перший перехід, б – другий перехід, в – третій перехід

Залежність зусилля процесу від переміщення пуансона для відповідних переходів представлено на рис. 2. Для витягування з потоншенням максимальне значення зусилля склало 275 кН на початку робочого ходу. Для різностінності 0,2 мм спостерігається відривання стінки заготовки на другому та третьому

переході, а для різностінності 0,1 мм відрив стінки може виникнути на третьому переході. За отриманими значеннями максимальних зусиль орієнтовно вибираємо обладнання для відповідних операцій.

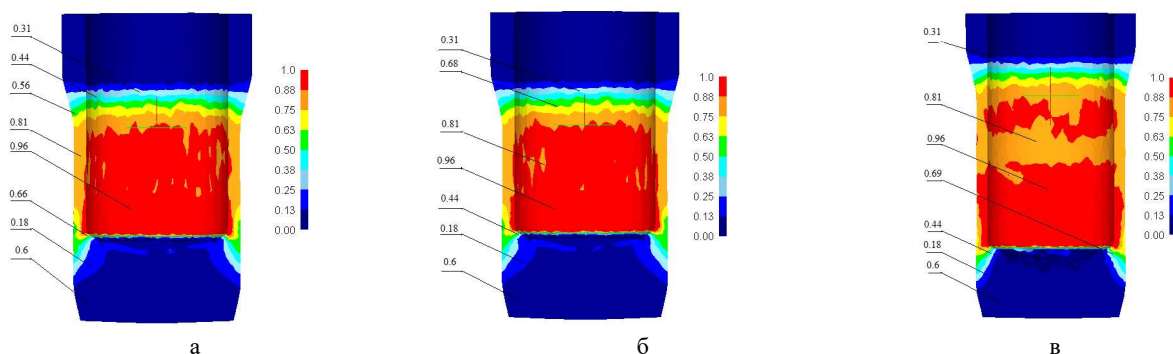


Рис.3 – Розподіл ступеня використання ресурсу пластичності ψ після першого переходу:
а – 0,05 мм, б – 0,1 мм, в – 0,2 мм)

На рис. 3 показано розподіли ступеня використання ресурсу пластичності ψ після першого переходу. З якого видно що при різностінності 0,05 мм ступінь використання ресурсу пластичності максимальна на поверхневих шарах порожнини, при

збільшенні різностінності до 0,2 мм пластичність матеріалу вичерпується по всьому об'єму стінки. Враховуючи ці данні при розробці технологічного процесу необхідно вводити операцію відпалу після видавлювання.

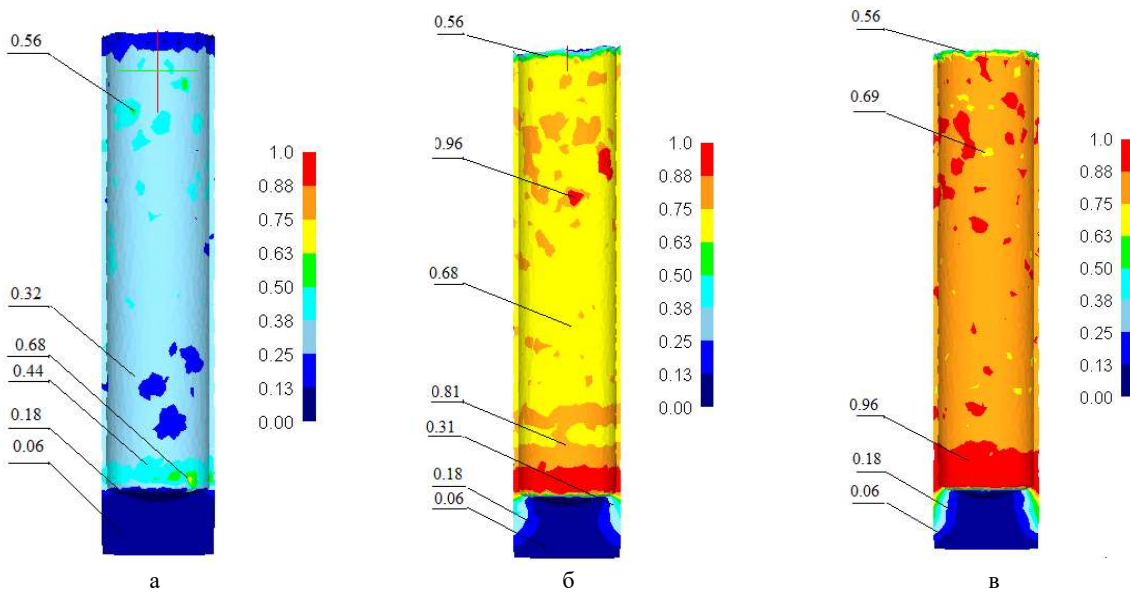


Рис.4. Розподіл ступеня використання ресурсу пластичності ψ після другого переходу:
а – 0,05 мм, б – 0,1 мм, в – 0,2 мм)

При видавлюванні заготовок з різностінністю 0,2 мм спостерігається критичні значення ступеня використання пластичності рис. 4, в, що може призвести до відриву стінки заготовки на першому-другому переходах витягування. Експериментальні дослідження показують, що приблизно 60 % заготовок з різностінністю 0,2 мм, та більше, при витягуванні на другому переході руйнуються. Вплив різностінності на механічні властивості досліджено в роботі [4].

На рис. 5 представлено залежність зміни різниці товщини стінки в залежності від кількості переходів. З нього видно, що при видавлюванні за запроповану кількість переходів отримуємо кінцевий виріб, який задовільняє вимогам по товщині стінки та фізико-механічним властивостям у дні та стінці виробу.

Відповідно до отриманих розрахунків було спроектовано технологічне оснащення для трьох переходів. На рис. 6 показано схему штапу для отримання заготовки під подальше видавлювання з потоншенням, який складається з блоку (нижня плита 14 та верхня плита 13, а також для направлення дві колонки 18, 19 та дві втулки 20, 21) та пакету штапа. На нижній плиті встановлена плита 12, на якій в свою чергу стоїть обойма 5 з опорним кільцем 3, п'ятою 6 та виштовхувачем 2.

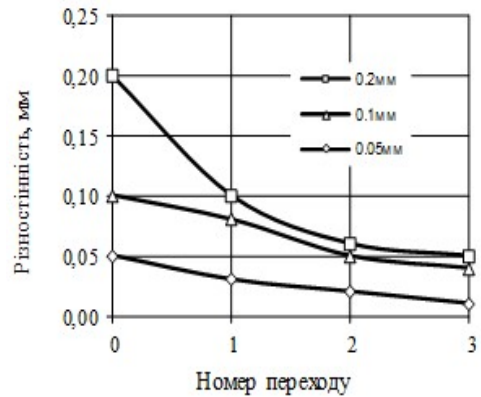


Рис.5 – Різностінність заготовки по переходам

На обойму встановлена бандажована матриця 1, що фіксується на нижній плиті притисним кільцем 4 за допомогою болтів 25 і шайб 31. До верхньої плити 13 за допомогою гвинтів 28 прикріплений пуансонотримач 10. В ньому розміщена п'ята 7 і конусне кільце 23. За допомогою шайби 8 і конусного кільця 23, пуансон 11 опирається на п'ята 7, яка притискається до плити 13. Пуансон 11 додатково направляється по матриці за допомогою направляючої втулки 9.

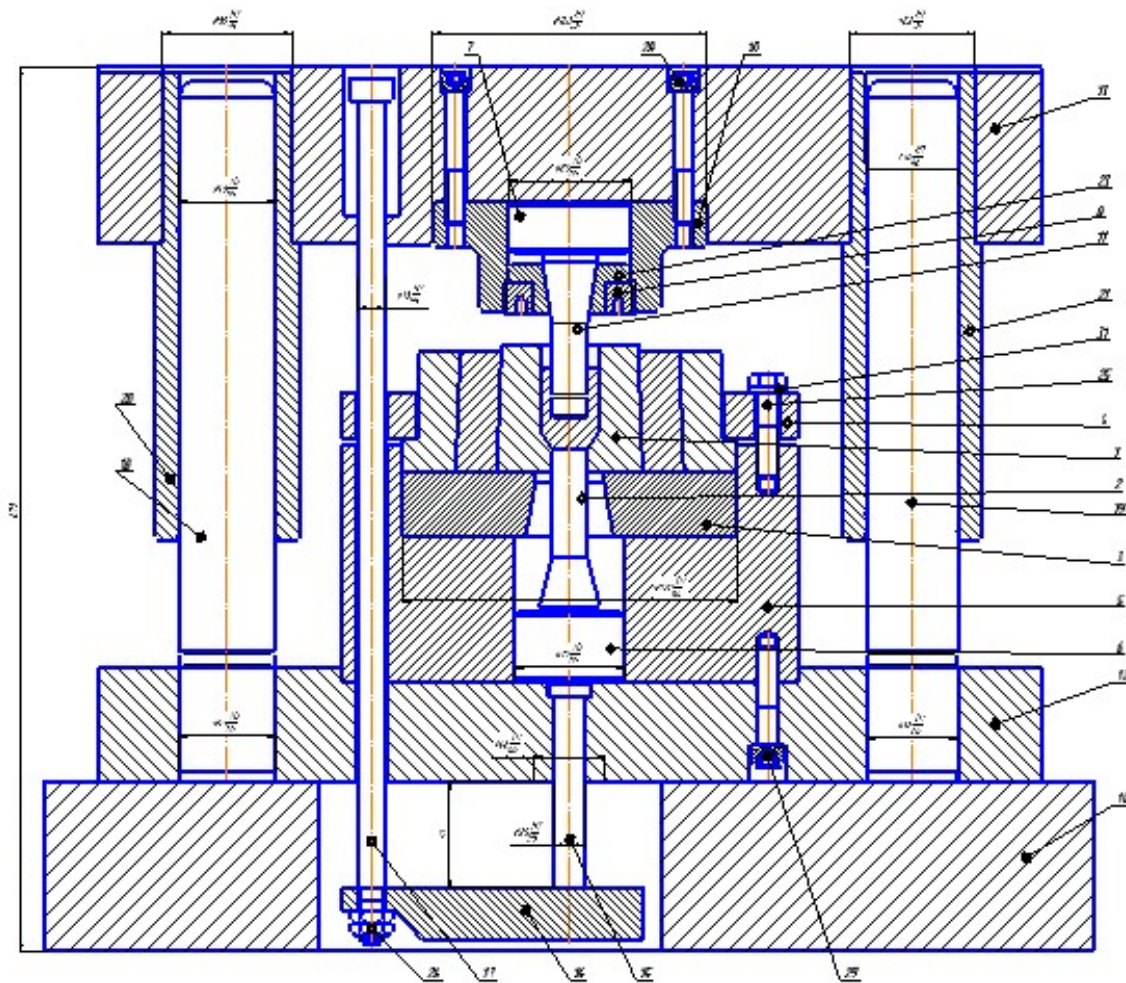


Рис. 6 – Схема штапу для зворотнього видавлювання порожнистих виробів

Для виштовхування деталі з матриці передбачені тяги 17, що зв'язані з верхньою плитою. В обоймі 5 передбачені отвори для тяг, до яких за допомогою гайок 26, кріпиться коромисло 16, на якому встановлено штовхач 15. Перед видавлюванням, зазор між торцем пуансона 11 і поверхнею матриці 1 повинен бути трохи більшим за висоту виробу. Вихідна заготовка встановлюється в матрицю 1. При ході повзуна вниз виконується процес прямого-зворотного видавлювання. Після видавлювання верхня плита 13 піднімається вгору, тяги 17 діють на коромисло, на якому встановлено штовхач 15. Штовхач 15, рухаючись вгору, діє на п'яту 6 і виштовхувач 2, який видаляє заготовку з матриці.

Схема штапу для видавлювання з потоншенням наведено на рис. 7. Штамп складається з блоку, який містить нижню 5 та верхню плиту 4, а також має дві колонки 8, 9 та дві втулки 6, 7. На нижній плиті 5 встановлена обойма, на якій в свою чергу стоїть бандажована матриця 3, що опирається

разом з обоймою до нижньої плити за допомогою болтів. У верхню плиту 4 за допомогою пуансонотримача 10, що кріпиться болтами 13, встановлюється пуансон 2. Перед витягуванням зазор між торцем пуансона і поверхнею бандажованої матриці 3 повинен бути трохи більшим за висоту виробу. Вихідна заготовка встановлюється в матрицю. При ході повзуна вниз заготовка нижнім торцем розклинює знімачі 12 і виконується процес формування горловини. В крайньому нижньому положенні штапу знімачі 12 за допомогою пружин 17 повертаються у вихідне положення, впираючись в пуансон 2. Після чого верхня плита 4 разом з пуансоном рухається вгору, заготовка впирається верхнім торцем у знімачі 12 (3 штуки по контуру пуансона) і відбувається зняття деталі з пуансона. Готовий виріб потрапляє в отвір підставки та виймається. Конструкція штапу універсальна для трьох переходів. Змінними є пуансон з пуансонотримачем та бандажована матриця.

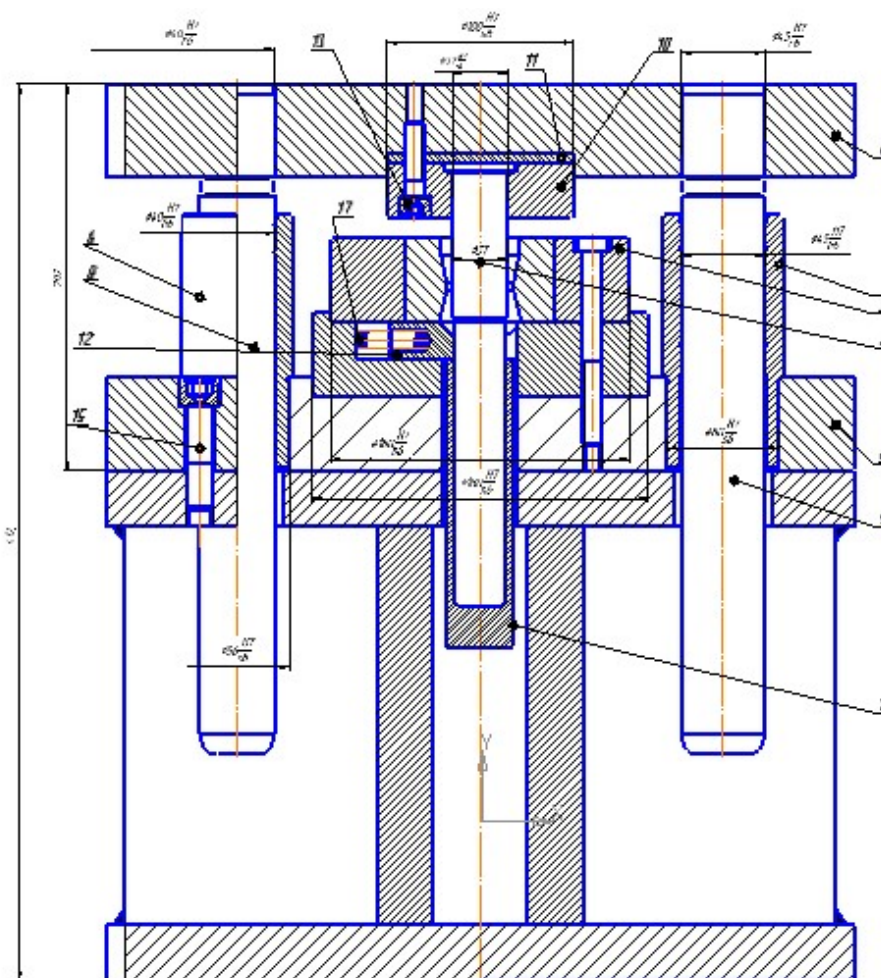


Рис. 7 – Схема штапу для видавлювання з потоншенням порожнистих виробів

Висновки. Досліджено вплив різностінності вихідної заготовки на якість кінцевого виробу та можливість отримання виробів при виготовленні холодним об'ємним штампуванням заготовок для порожнистих виробів, шляхом чисельних експериментів встановлено технологічні параметри поопераційних переходів, напружено-деформований стан заготовок після деформування, розподіл використання ресурсу пластичності для відповідної операції. Розрахунковим шляхом встановлено оптимальні параметри деформуючого інструменту та питомі зусилля на ньому, визначена необхідна кількість переходів для отримання кінцевого виробу необхідної якості (геометричні розміри які відповідають допускам на даний виріб, та фізико механічні властивості в об'ємі кінцевого виробу). Вказані данні необхідні для проектування штапного оснащення.

Список літератури

1. Сафарянц А.Р. Технология патронно-гильзового производства. Учебное пособие для техникумов // А.Р. Сафарянц – ЦИИИ информации, 1975. – С. 208.
2. Калужный В. Л. Математическое моделирование процесса обжима заготовок со ступенчатой полостью / В. Л. Калужный,

А. В. Калужный, В. В. Пиманов // Вестник НТУУ КПИ. Машиностроение, вып.55.–Київ.–2008., стр. 160-167.

3. Калужный А. В. Применение метода конечных элементов при расчетах процессов изготовления гильз для артиллерийских и стрелковых боеприпасов / А. В. Калужный // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2009. – № 2. – С. 31-43.
4. Ageev Н.П. Исследование влияния разностенности штапуемых способом вытяжки с утонением деталей на неравномерность распределения механических свойств в поперечных сечениях/ Ageev Н.П., Затуруха Е.В. // Известия МГТУ «МАМИ», № 2 (16), 2013, т. 2. – с.8–12

References (transliterated)

1. Safaryants A.R. *Tehnologiya patronno-gilzovogo proizvodstva. Uchebnoe posobie dlya tehnikumov* [Technology chuck-the gland production] – TsIII informatsii, 1975. – P. 208.
2. Kalyuzhnyiy V. L. *Matematicheskoe modelirovanie protsessu obzhima zagotovok so stupenchatoy polostyu* // Vestnik NTUU KPI. Mashinostroenie, vyip. 55. – KiYiv. –2008. – P. 160–167.
3. Kalyuzhnyiy A. V. *Primenenie metoda konechnykh elementov pri raschetah protsessov izgotovleniya gilz dlya artilleriyskikh i strelkovykh boeprapasov* / A. V. Kalyuzhnyiy // Artilleriyskoe i strelkovo vooruzhenie. – 2009. – No 2. – P. 31–43.
4. Ageev N.P. *Issledovanie vliyaniya raznostennosti shtampuemykh sposobom vytyazhki s utoneniem detaley na neravnomernost raspredeleniya mekhanicheskikh svoystv v poperechnykh secheniyah* / Ageev N.P., Zateruha E.V. // Izvestiya MG TU «MAMI», No 2 (16), 2013, vol. 2. – P. 8–12

Надійшла (received) 16.11.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Визначення впливу різностінності вихідної заготовки на якість кінцевого виробу при видавлюванні з потоншенням / В. М. Горностай, С. Ф. Сабол, А. М. Потятиник, О. С. Головка // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – № 31(1203). – С. 17–22. – Бібліогр.: 4 назви. – ISSN 2519-2671

Определение влияния разной толщины стенки на качество изделия / В. Н. Горностай, С. Ф. Сабол, А. Н. Потятиник, О. С. Головка // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – № 31(1203). – С. 17–22. – Бібліогр.: 4 назви. – ISSN 2519-2671

To determine the effect of different wall thickness on the quality of products / V. M. Hornostai, S. F. Sabol, A. M. Potiatynuk, O. S. Golovko // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative technologies and equipment handling materials in mechanical engineering and metallurgy. – Kharkiv: NTU «KhPI» – 2016. – No 31(1203). – P. 17–22. – Bibliogr.: 4 – ISSN 2519-2671

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

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

Горностай Вадим Николаевич – кандидат технических наук, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского», доцент кафедры Механики пластичности материалов и ресурсосберегающих процессов; тел.: (050) 5358653; e-mail: w.gornostay@kpi.ua

Hornostai Vadym Mykolaiovych – candidate of technical sciences, National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute them. Igor Sikorsky", Associate Professor of the Department of Mechanics of plasticity of materials and resource saving processes; tel.: (050) 5358653; e-mail: w.gornostay@kpi.ua

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

Сабол Сергей Францевич – кандидат технических наук, доцент, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского», доцент кафедры Механики пластичности материалов и ресурсосберегающих процессов; тел.: (050) 7193026; e-mail: s.sabol@kpi.ua

Sabol Serhii Frantsevych – candidate of technical sciences, Associate Professor, National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute them. Igor Sikorsky", Associate Professor of the Department of Mechanics of plasticity of materials and resource saving processes; tel.: (050) 7193026; e-mail: s.sabol@kpi.ua

Потятиник Андрій Миколайович – аспірант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», тел.: (095) 3671932

Потятиник Андрей Николаевич – аспірант, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского», тел.: (095) 3671932

Potiatynuk Andrii Mykolaiovych – fellow, National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute them. Igor Sikorsky", tel.: (095) 3671932

Головка Оксана Сергіївна – студентка, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», тел.: (099) 6074453; e-mail: oksana.golovko.2017@mail.ru

Головка Оксана Сергеевна – студентка, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского», тел.: (099) 6074453; e-mail: oksana.golovko.2017@mail.ru

Golovko Oksana Sergeevna – Student, National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute them. Igor Sikorsky", tel.: (099) 6074453; e-mail: oksana.golovko.2017@mail.ru