

А. В. Спусканюк : Физика и техника высоких давлений, 1995. – № 1. – С. 18–25. **6. Розов Ю. Г.** Исследование процесса гидроэкструзии трубчатой заготовки на профильной оправке методом компьютерного моделирования [Текст] / Ю. Г. Розов // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2013. – № 12. – С. 21–25. **7. Розов Ю. Г.** Исследование напряжённо-деформированного состояния деформирующего инструмента при гидропрессовании трубчатых заготовок методом конечных элементов [Текст] / Ю. Г. Розов // Вестник Херсонского национального технического университета : инженерные науки. – Херсон, 2014. – № 1 (48). – С. 48–54. **8. Розов Ю. Г.** Проектирование оснастки и технологии изготовления ствольных заготовок методом гидроэкструзии на гладкой подвижной оправке / Ю. Г. Розов // Обработка материалов давлением : сб. науч. тр. – Краматорск : ДГМА, 2013. – № 1 (35). – С. 106–109.

Bibliography (transliterated): **1.** Tuktanov A. G. Tehnologija proizvodstva strelkovopushhechnogo i artillerijskogo oruzhija. A. G. Tuktanov. Moscow : Mashinostroenie, 2007. Print. **2.** Beresnev B. I. Nekotorye voprosy bol'shikh plasticheskikh deformacij metallov pri vysokih davlenijah. B. I. Beresnev, L. F. Vereshhagin, Ju. N. Rjabinin i dr. Moscow : Izd-vo AN USSR, 1960. Print. **3.** Beloshenko V. A. Teorija i praktika gidrojekstuzii. V. A. Beloshenko, V. N. Varjuhina, V. Z. Spuskanjuk. Kiev : Naukova dumka, 2007. Print. **4.** Beresnev B. I. Vysokie davlenija v sovremennyh tehnologijah obrabotki materialov. B. I. Beresnev, K. I. Ezerskij, E. V. Trushin i dr. Moscow : Nauka, 1988. Print. **5.** Bejgel'zimer Ja. E. Naprjazhenno-deformirovannoe sostojanie metalla pri bezopravochnom gidropressovanii tolstostennyh trubnyh zagotovok. Ja. G. Bejgel'zimer, A. V. Spuskanjuk : Fizika i tehnika vysokih davlenij, 1995. No 1. 18–25. Print. **6.** Rozov Ju. G. Issledovanie processa gidrojekstuzii trubchatoj zagotovki na profil'noj opravke metodom komp'juternogo modelirovanija. Ju. G. Rozov. Kuznechno-shtampovocnoe proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem. 2013. No 12. 21–25. Print. **7.** Rozov Ju. G. Issledovanie naprjazhjonno-deformirovannogo sostojanija deformirujushhego instrumenta pri gidropressovanii trubchatyh zagotovok metodom konechnyh jelementov. Ju. G. Rozov. Vestnik Hersonskogo nacional'nogo tehničeskogo universiteta : inzhenernye nauki. Herson, 2014. No 1 (48). 48–54. Print. **8.** Rozov Ju. G. Proektirovanie osnastki i tehnologii izgotovlenija stvol'nyh zagotovok metodom gidrojekstuzii na gladkoj podvizhnoj opravke. Ju. G. Rozov. Obrabotka materialov davleniem : sb. nauch. tr. Kramatorsk : DGMA, 2013. No 1 (35). 106–109. Print.

Поступила (received) 30.01.2015

УДК 621.777

С. Ф. САБОЛ, канд. техн. наук, доц., НТУУ «КПІ»;

В. В. ПІМАНОВ, асистент, НТУУ «КПІ»;

Є. М. КОРОБКА, студент, НТУУ «КПІ», Київ

КОМБІНОВАНЕ ХОЛОДНЕ ВИДАВЛЮВАННЯ КОНІЧНОЇ ПОРОЖНИСТОЇ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ВИРОБУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Запропоновано схему комбінованого видавлювання конічної порожнистої заготовки. За допомогою методу скінчених елементів (МСЕ) в програмному комплексі DEFORM-3D проведено теоретичний аналіз процесу. Визначено залежність зусилля процесу від переміщення пуансону, отримано розподіл нормальних напружень на матриці, пуансоні та виштовхувачі штамп. Приведено розподіл

© С. Ф. Сабол, В. В. Піманов, Є. М. Коробка, 2015

інтенсивності напружень та деформацій а також ступеню використання ресурсу пластичності в zdeформованій заготовці в моменті дії максимального зусилля процесу.

Ключові слова: комбіноване холодне видавлювання, конічний порожнистий виріб, зусилля видавлювання, інтенсивність напружень та деформацій, ступінь використання ресурсу пластичності.

Вступ. Сучасне виробництво потребує високопродуктивних та мало витратних технологій, які дозволяють отримати високоточні вироби та напівфабрикати з підвищеними експлуатаційними властивостями. Вказані задачі можна вирішити використовуючи високоефективні процеси холодного об'ємного штампування, які дають змогу отримувати точні деталі, форма та розміри яких визначаються точністю виготовлення деформуючого інструменту [1]. За рахунок зміцнення при холодній деформації, вироби отримані вищевказаним способом мають підвищені механічні характеристики, що в ряді випадків, дозволяє заміну дорогих марок сталей на більш дешеві. Особливою ефективністю характеризуються процеси комбінованого видавлювання при якому забезпечується одночасна течія металу в різних напрямках та яке здійснюється за різними технологічними схемами видавлювання [2].

Метою роботи є розробка схеми та проведення дослідження комбінованого видавлювання конічної порожнистої заготовки для спеціального виробу.

На рис. 1 показано ескіз заготовки, що видавлюється. Вказана заготовка отримується комбінованим видавлюванням: пряме видавлювання по конусу та зворотнє видавлюванням ступінчастої порожнини. Схему процесу видавлювання зображено на рис. 2. Ліворуч від осі показано положення штамп у вихідному стані, а праворуч – після видавлювання. Заготовка 2 встановлюється в контейнер 1, у якому в донній частині контейнера встановлений виштовхувач 4. Заготовка 2 позиціонується фаскою по діаметру контейнера. видавлювання заготовки виконується ступінчатим пуансоном 3.

Вихідні розміри заготовки визначали з умови постійності об'ємів та допустимого ступеню деформації. Дана заготовка виготовляється із сталі 10 з наступними характеристиками: модуль Юнга $2,1 \cdot 10^5$ МПа, коефіцієнт Пуассона 0,3, умовна межа течії $\sigma_{0,2}=260$ МПа.

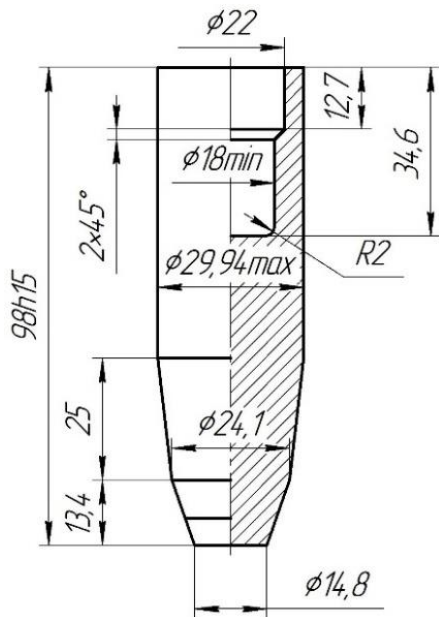


Рис. 1 – Ескіз заготовки, що видавлюється

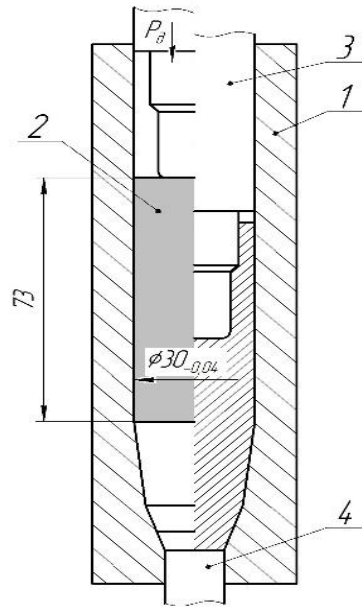


Рис. 2 – Схема процесу видавлювання

Чисельним моделюванням, за допомогою методу скінчених елементів (МСЕ) в програмному комплексі DEFORM-3D проведено теоретичний аналіз процесу холодного видавлювання заготовки діаметром 30 мм. Моделювання виконували в пружно-пластичній постановці задачі з врахуванням розвантаження. Теоретичний аналіз МСЕ дозволяє встановити напружено-деформований стан в об'ємі заготовки, кінцеві розміри виробу з урахуванням пружної деформації, зусилля видавлювання а також отримати розподіл нормальних напружень на контактуючих поверхнях заготовки з інструментом, що дозволяє розраховувати інструмент на міцність [3].



Рис. 3 – Залежність зусилля від переміщення пуансона

Залежність зусилля від переміщення пуансона показано на рис. 3. Максимальне значення зусилля склало 1003кН в кінці робочого ходу.

Розподіл нормальних напружень на деформуючому інструменті зображено на рис. 4. Результати виводили в момент дії максимального зусилля.

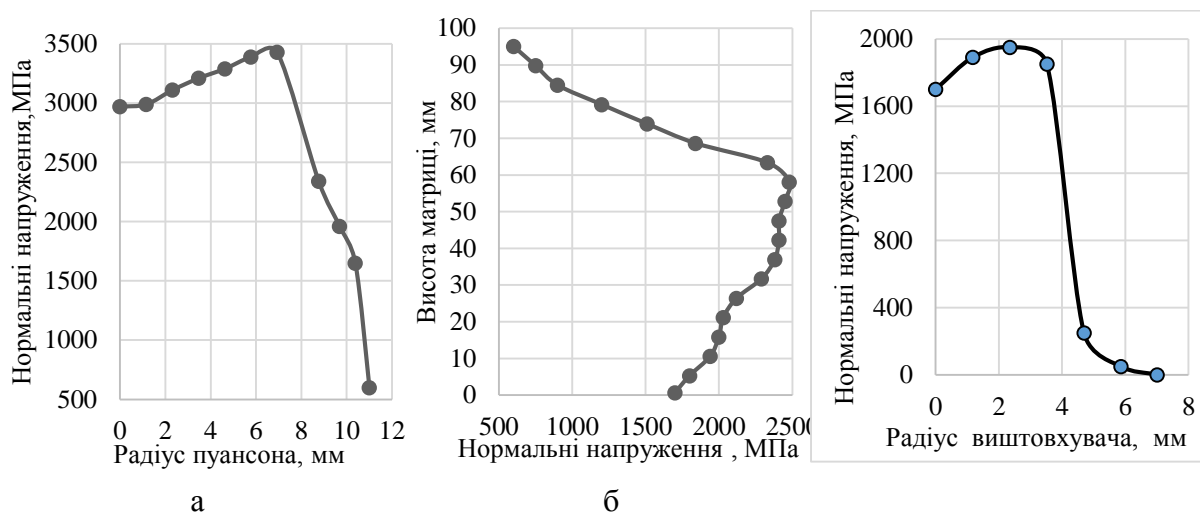


Рис. 4 – Розподіл нормальних напружень на деформуючому інструменті:
 а – на пуансоні, б – на матриці, в – на виштовхувачі

Як слідує з графіка представленого на рис. 4 а), максимальні напруження на пуансоні – 3500 МПа спостерігаються на поверхні радіуса 6,8 мм., інтенсивно зменшуючись до зовнішньої поверхні. Максимальні нормальні напруження на матриці діють на висоті 60 мм., та сягають значення 2500 МПа. За результатами чисельного експерименту було визначено кінцеву геометричну форму заготовки, напружено-деформований стан та ступінь використання ресурсу пластичності ψ здеформованого металу (рис. 5), який дає можливість прогнозувати отримання порожнини без руйнування.

На рис. 5 наведено розподіл інтенсивності деформації. По розподілу (рис. 6) ϵ_i можна оцінити пропрацювання структури металу холодною пластичною деформацією. Розподіл інтенсивності напружень σ_i в об'ємі здеформованого металу з урахуванням розвантаження, який дає можливість оцінити зміцнення матеріалу за рахунок холодної деформації наведено на рис. 7.

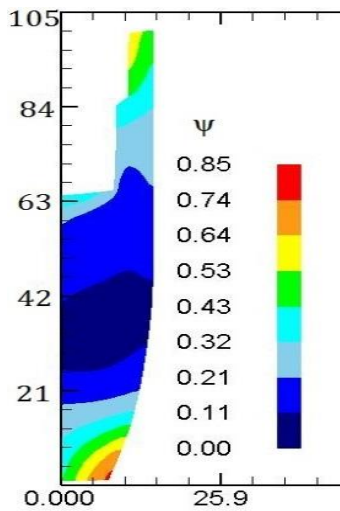


Рис. 5 – Розподіл використання ресурсу пластичності

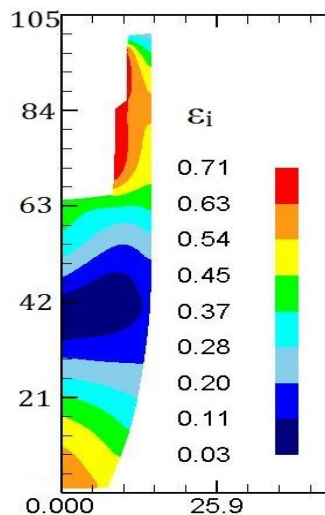


Рис. 6 – Розподіл інтенсивності деформації

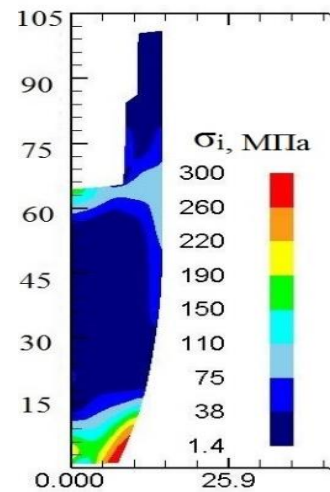


Рис. 7 – Розподіл інтенсивності напружень

ИС
НО
ВО
К.
Та
КИ
М
ЧИ
НО
М,
В

роботі показано можливість отримання якісної конічної порожнистої заготовки холодним комбінованим видавлюванням. Проведений розрахунковий аналіз процесу холодного комбінованого видавлювання, дав змогу визначити зусилля деформування, розподіл питомих зусиль на деформуючому інструменті, розподіл інтенсивності напружень та деформацій, кінцеву геометрію отриманого виробу, зміцнення здеформованого металу та ступінь використання ресурсу пластичності.

Список літератури: 1. Фаворский В. Е. Холодная штамповка выдавливанием / В.Е. Фаворский – М.: Машиностроение, 1966 – 160 с. 2. Ковка и штамповка: справочник в 4-х т./ Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. – М.: Машиностроение Т. 3. Холодная объемная штамповка / под ред. Навроцкого, 1987. – 384 с. 3. Калюжный А. В. Применение метода конечных элементов при расчетах процессов изготовления гильз для артиллерийских и стрелковых боеприпасов / А.В. Калюжный// Артиллерийское и стрелковое вооружение // Международный научно-технический журнал – К.: – 2009. – №2 – С. 32–43. 4. Піманов В. В. Холодне видавлювання конічної порожнистої заготовки /В. В. Піманов, С. Ф. Сабол, Є. М. Коробка // Міжнародна наук.-тех. конференція «Прогресивна техніка технологія та інженерна освіта», м. Одеса, 22–25 червня 2015 р.: Матеріали конференції – Одеса-Київ: 2015. –С. 62–64.

Bibliography (transliterated): 1. Favorsky V. E. Kholodnaya shtampovka vydavlyvanyem / V.E. Favorsky – Moscow: Mashynostroenye, 1966 – 160 p. 2. Kovka y shtampovka: spravochnyk v 4 vol./ Red. совет: E.Y. Semenov (pred.) y dr. – Moscow: Mashynostroenye Vol. 3. Kholodnaya obyemnaya shtampovka / pod red. Navrotskoho, 1987. – 384 p. 3. Kalyuzhniy A.V. Prymenenye metoda konechnikh elementov pry raschetakh protsessov yz-hotovlenyya hyl'z dlya artylleryst-skykh y strelkovikh boeprypasov / A.V. Kalyuzhniy// Artylleryst-skoe y strelkovee vooruzhenye // Mezhdunarodniy nauchno-tekhnychesky zhurnal. – Kiev – 2009. – N2 – P. 32–43. 4. Pimanov V.V. Kholodne vydavlyvannya konichnoyi porozhnystoyi zahotovky /V. V. Pimanov, S.F. Sabol, Ye. M. Korobka // Mizhnarodna nauk.-tekh. konferentsiya «Prohresyvna tekhnicatekhnolohiya ta inzhenerna osvita»,m. Odesa, 22–25 chervnya 2015 r.: Materialy konferentsiyi – Odesa-Kyiv: 2015. – P. 62–64.

Надійшла (received) 05.11.2015