

УДК 621.777.4

DOI: 10.37142/2076-2151/2020-1(50)33

Абхари П. Б.
Чучин О. В.
Кузенко О. А.
Махмудов К. Д.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ДЕКІЛЬКОХ ФЛАНЦІВ ПО ВИСОТІ ПОРОЖНИСТОЇ ДЕТАЛІ

Класифікацію процесів точного об'ємного штампування (ТОШ) видавлюванням в залежності від способу деформування можна побудувати на основі поділу всіх способів на два класи: - базові або прості способи і комбіновані способи, тобто складні процеси, які одержують шляхом об'єднання базових схем деформування. За основу класифікації базових процесів видавлювання приймемо напрямок руху інструменту і течії металу, співвідношення напрямків докладання зовнішніх сил і вид одержуваних деталей. В залежності від співвідношення напрямків руху інструменту і течії металу заготовки видавлювання розділяється на поздовжнє і поперечне. Поздовжнє видавлювання характеризується тим, що в процесі деформації заготовки площа її поперечного перерізу зменшується, а частина деталі, що видавлюється, переміщається уздовж осі вихідної заготовки. Поперечне видавлювання характеризується тим, що видавлюється частина заготовки переміщається під кутом до осі заготовки [1–3].

У процесах поздовжнього і поперечного видавлювання використовуються чотири основних (базових) способи видавлювання: пряме, зворотне, радіальне і бокове видавлювання. Вони відрізняються схемами напружено–деформованого стану та докладання сили тертя, об'ємом використання і видом одержуваних деталей.

При прямому видавлюванні пластична течія металу відбувається в напрямку прикладання сили і збігається з напрямком руху пуансону. Для способу характерне переміщення всієї заготовки уздовж стінок порожнини інструменту (матриці). При зворотному видавлюванні пластична течія металу відбувається в напрямку, протилежному руху пуансона, а відносного ковзання недеформуємої частини заготовки по інструменту не відбувається.

Радіальне видавлювання характеризується поперечною пластичною течією металу в кругову порожнину, що призводить до утворення вісесиметричних деталей з потовщеннями (фланцями). Для бокового видавлювання характерна пластична течія металу в одну або кілька канальних поперечних порожнин з утворенням на деталі відростків різної конфігурації. Поєднанням (відцентровим і доцентровим) поперечним видавлюванням можна утворити потовщення або відростки на зовнішній і внутрішній поверхні трубчастої заготовки [4, 5].

Значно розширити можливості отримання складнопрофільних деталей можна шляхом освоєння способів комбінованого видавлювання, заснованих на поєднанні прямого, зворотного і поперечного видавлювання. Процеси комбінованого видавлювання поєднують в собі переваги поздовжнього і поперечного видавлювання. Даним способом можна отримувати деталі більш складної форми в порівнянні з традиційними способами штампування. Застосування процесів комбінованого видавлювання дозволяє збільшити коефіцієнт використання металу до 0,98 за рахунок максимального наближення форми і розмірів заготовок до параметрів готової деталі. Завдяки цьому досягається значна економія металу, зменшується трудомісткість подальшої обробки різанням. Ці особливості дозволяють застосовувати процеси комбінованого видавлювання замість лиття, гарячого штампування і обробки різанням при виробництві заготовок і деталей різної конфігурації з чорних і кольорових металів і їх сплавів [6].

Для отримання складнопрофільних деталей з фланцем доцільно використовувати комбіновані способи штампування видавлюванням, активно регулюючи кінематику течії металу в порожнині штампа. Прості схеми прямого, зворотного і поперечного видавлювання комбінують в різних варіантах, як за часом, так і по шляху деформування за рахунок синхронного або асинхронного переміщення складових частин деформуючого інструменту.

Комбінування схем радіального і зворотного (прямого) видавлювання відрізняється меншою енергоємністю процесу в порівнянні з багатоперехідним штампуванням, більшою стійкістю вихідної заготовки в області фланця і різноманітністю можливих технологічних схем силового і кінематичного впливу на заготовку [7].

Приклади освоєння комбінованих процесів штампування видавлюванням східчастих стрижневих деталей з фланцем вельми обмежені. Ці процеси вимагають вивчення напружено-деформованого стану, аналізу силового режиму, кінцевого і граничного формозмінення. Тому, для підвищення ефективності процесів точного об'ємного штампування необхідно вирішити завдання, що стоять перед технологами і конструкторами за визначенням силового і кінематичного режимів деформування на основі моделювання комбінованого видавлювання і комбінованого штампування.

Процеси холодного видавлювання відносяться до прогресивних методів обробки тиском і мають ряд технічних і економічних переваг перед іншими процесами обробки металів тиском. Широке поширення у виробництві може отримати комбіноване видавлювання, що дозволяє виготовляти складнопрофільовані деталі унікальної конфігурації.

Характерним недоліком цього процесу є нестійкість швидкостей течії матеріалу в різних напрямках. У виробництві це призводить до того, що технолог повинен задавати значні припуски на обрізку, а якщо вони не виконуються, то деталь вважається остаточним браком, при цьому коефіцієнт використання металу істотно скорочується. За допомогою методу розривних полів швидкостей вирішена задача комбінованого видавлювання деталей типу ступінчастих втулок з додатком протитиском до елементів деталі. Досліджено вплив додаткових сил на кінематику пластичної течії, силові параметри і стійкість процесу деформування [8, 9].

При комбінованому видавлюванні ступінчастої втулки з похилою перемичкою деформація локалізується в клинових каналах інструменту, тому для досягнення нестационарної стадії необхідно зблизити кромки інструменту до відстані, близької до товщини стінки виробу. Таким чином, стаціонарна стадія займає більшу частину часу деформування, і чим більше нахил перемички, тим більше цей час.

Технологічні схеми деформування в роз'ємних матрицях характеризується орієнтуванням площини роз'єму матриці по відношенню до осі пуансона, числом площин роз'єму матриці, числом переходів штампування і т.д.

Технологічна надійність і ефективність процесів ковальсько-штампувального виробництва багато в чому залежить від стійкості деформувального інструменту, умови роботи якого, як правило, посилюються пропорційно зростанню складності і вимог до якості і точності одержуваних виробів

Процеси точного об'ємного штампування є сучасним рішенням в отриманні деталей з підвищеною якістю та точністю. У порівнянні з іншими способами закритого видавлювання в роз'ємних матрицях має найбільші технологічні можливості. Застосування таких схем деформування дозволяє розширити номенклатуру отримуваних виробів суцільних та пустотілих, вісесиметричних та неосесиметричних виробів. Тому є тенденція до збільшення практичного освоєння подібних процесів [10].

Метою роботи є моделювання силового режиму процесу комбінованого зворотно-радіального видавлювання складнопрофільованої порожнистої деталі і дослідження можливостей формоутворення фланців в суміщеному процесі.

На рис. 1 розглядається схема процесу комбінованого зворотно-радіального видавлювання (а) і отримана деталь (б).

Вихідними даними для моделювання процесу комбінованого зворотно-радіального видавлювання в програмі QForm 2D/3D (на основі методу скінченних елементів) є:

– матеріал заготовки АМцМ (крива істинних напружень описується рівнянням $\sigma_s(\varepsilon) = 188,4 \cdot \varepsilon^{0,15}$, межа плину $\sigma_{0,2} = 105$ МПа, модуль Юнга $E = 75000$ МПа, коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,3$ і коефіцієнт тертя між матеріалом заготовки і інструментом $\mu = 0,08$ за законом Зібеля);

– $R_0 = 22,5$ мм (R_0 – радіус заготовки), $R_1 = 18,5$ мм (R_1 – радіус пуансона), $R_2 = 26,5$ мм (R_2 – радіус фланця), $L_0 = 45$ мм (L_0 – висота заготовки), $L_1 = 20$ мм (L_1 – відстань між флан-

цями), $h = 4; 6; 8$ мм (h – висота приймальної порожнини для фланця в півматрицях, що видавлюється), $t = 4$ мм (t – товщина стінки стакана), $r = 0,4$ мм (r – радіус заокруглення кромки інструменту);

– силові параметри процесу: P – сила видавлювання, V – швидкість пуансона.

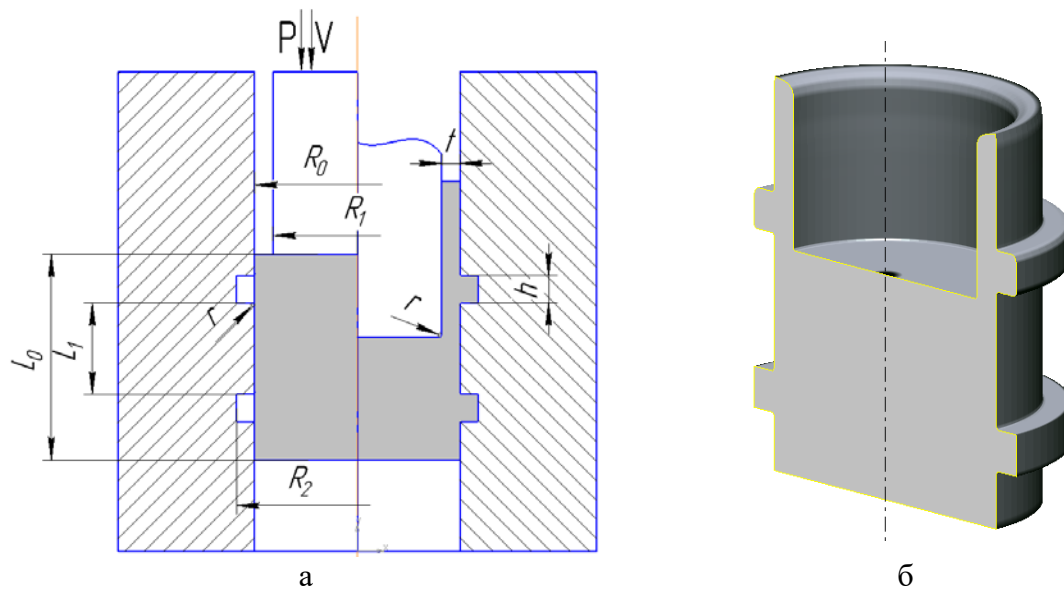
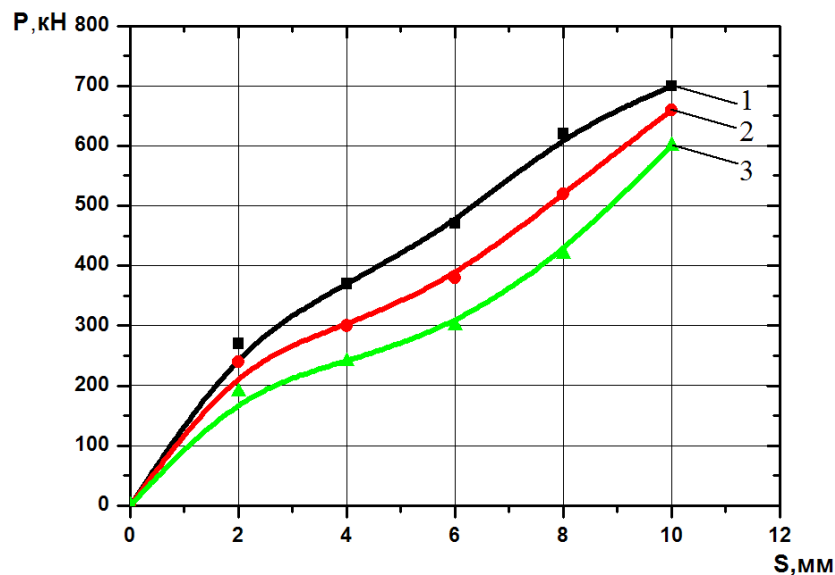


Рис. 1. Схема процесу комбінованого зворотно-радіального видавлювання (а) і отримана деталь (б)



крива 1 – відповідає відношенню $h/t = 1$; крива 2 – $h/t = 1,5$; крива 3 – $h/t = 2$

Рис. 2. Графік залежності сили видавлювання P від ходу робочого пуансона S

На рис. 2 представлений графік залежності сили процесу видавлювання від ходу пуансона при різній відносній величині ($h/t = 1; 1,5; 2$), на якому видно, що з ходом пуансона сила видавлювання збільшується. На протязі всього ходу крива 1 знаходиться вище інших (кривої 2 і 3). Тому що крива 1 відповідає найбільшим значенням сили видавлювання P через найбільшу ступінь деформації та найменшу висоту порожнини для фланців з трьох розглянутих випадків.

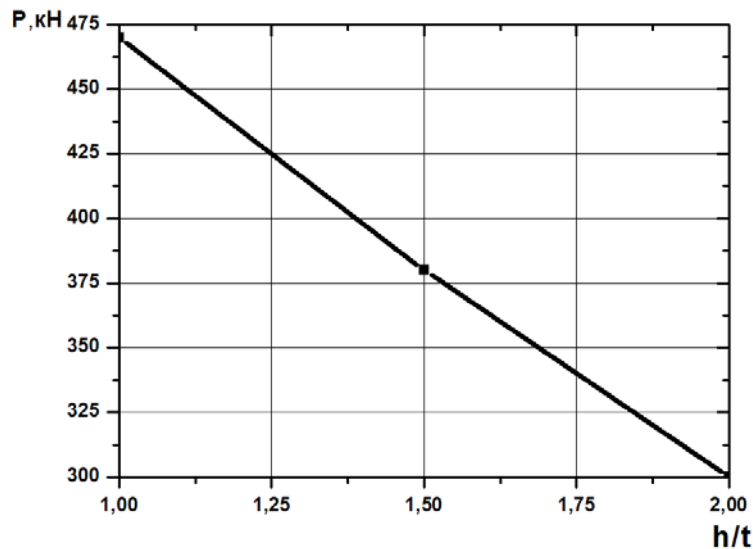


Рис. 3. Графік залежності сили видавлювання P від відносної величини h/t при ході робочого пуансона $S = 6$ мм

На рис. 3 показаний графік залежності сили видавлювання P від відносної величини h/t при ході робочого пуансона $S = 6$ мм, на якому ми бачимо, що зі збільшенням величини h/t від 1 до 2 значення сили видавлювання зменшується лінійно від 470 до 300 кН, за рахунок зниження можливості перебігу матеріалу в радіальному напрямку.

ВИСНОВКИ

Розрахунки в Qform 2D/3D підтвердили можливість виготовлення складнопрофільованої порожнистої деталі комбінованим зворотно-радіальним видавлюванням в умовах реального виробництва, також підтвердили що зі збільшенням висоти фланцю зменшується ступінь деформації та сила видавлювання. Наприклад, для ходу пуансона $S = 10$ мм при відношенні $h/t = 1$ сила видавлювання рівна $P = 700$ кН. При переході від відношення $h/t = 1,5$ та $h/t = 2$ сила видавлювання зменшується відповідно на 4,3 %. При переході від відношення $h/t = 1$ та $h/t = 2$ сила видавлювання зменшується відповідно на 14,3 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алієв І. С. Методи пошуку нових технологічних способів видавлювання. Теорія та практика обробки матеріалів тиском : колективна монографія. Під ред. Богуслаєва В. О., Бобиря М. І., Тітова В. А., Качана О. Я. Запоріжжя : АТ «МоторСіч», 2016. С. 364–385.
2. Калюжний В. Л., Цибенко А. С., Чувільов Ю. О., Чувільов Є. О. Використання холодного штампування для отримання порожнистого виробу з необхідними властивостями zdeформованого металу. *Вісник НТУУ «КПІ». Серія машинобудування*. 2015. 1(73). С. 124–130.
3. Алиева Л. И. Совершенствование процессов комбинированного выдавливания: монография. Краматорск: ООО «Тираж - 51». 2018. 352 с. ISBN 978-966-379-846-2
4. Абхари П. Б. Исследование деформированного состояния деталей с фланцем в разъемных матрицах. *Матеріали 14 Міжнародної науково-технічної конференції. Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку*. Краматорськ: ДДМА, 2016. С. 8–9.
5. Абхари П. Б. Теоретический анализ процесса выдавливания деталей с фланцем в закрытых матрицах. *Вісник Херсонського національного технічного університета*. Херсон, 2017. 2 (61). С. 11–18.
6. Алиев И. С., Абхари П. Б. Формоизменение полых деталей с фланцем в процессе холодного выдавливания. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції. Університетська наука-2017*. Мариуполь ПГТУ, 2017. 1. С. 190–191.
7. Алиева Л. И., Абхари П. Б., Ибрагимов А. И., Корденко М. В. Способы управления формообразованием деталей при выдавливании. *Матеріали 9 Міжнародної науково-технічної конференції Ресурсозбереження та енергоефективність процесів і обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії*. Харків: НТУ «ХПІ», 2017. С. 8–10.

8. Abhari Payman. Investigation of fracture moment in radial extrusion process by finite element method. *18 International scientific conference New technologies and achievements in metallurgy, material engineering, production engineering and physics*. Series: Monographs. Częstochowa. 2017. 68, pp. 97–101.
9. Abhari Payman. Numerical simulation of cold forging process to investigate folding defect in enclosed dies. *International Journal of Mechanics and Advanced Technologies*. 2017. 2 (80), pp. 71–77. <http://journal.mmi.kpi.ua/author/submission/109198>. DOI: <http://dx.doi.org/10.20535/2521-1943.2017.79.96079>.
10. Hrudkina N., Aliieva L., Abhari P., Kuznetsov M., Shevtsov S. Derivation of engineering formulas in order to calculate energy–power parameters and a shape change in a semi–finished product in the process of combined extrusion. *Eastern–European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. 2. 7 (98), pp. 49–57. DOI: 10.15587/1729–4061.2019.160585.

REFERENCES

1. Aliiev I.S. Methods of searching for new technological methods of extrusion. Theory and practice of material processing by pressure: a collective monograph. Eds. Boguslaev V.O., Bobir M.I., Titov V.A., Kachan O.Ya. Zaporizhia: Motor Sich JSC. 2016, pp. 364–385. (in Ukrainian).
2. Kalyuzhny V.L., Tsybenko A.S., Chuvilov Y.O., Chuvilov E.A. The use of cold stamping to obtain a hollow product with the required properties of the deformed metal. *Bulletin of NTUU "KPI". Mechanical engineering series*. 2015, 1 (73), pp. 124–130. (in Ukrainian).
3. Aliieva L.I. Improvement of combined extrusion processes: monograph. Kramatorsk: LLC "Tiraj - 51". 2018, 352 p. ISBN 978-966-379-846-2. (in Russian).
4. Abhari P.B. Investigation of the deformed state of parts with a flange in detachable matrices. *Proceedings of the 14th International Scientific and Technical Conference. Heavy engineering. Problems and prospects of development*. Kramatorsk: DSEA. 2016, pp. 8–9. (in Russian).
5. Abhari P.B. Theoretical analysis of the process of extrusion of parts with a flange in closed matrices. *Bulletin of Kherson National Technical University*. Kherson. 2017. 2 (61). pp. 11–18. (in Russian).
6. Aliiev I.S., Abhari P.B. Shaping of hollow parts with a flange in the process of cold extrusion. *Proceedings of the International Scientific and Technical Conference. University Science-2017*. Mariupol: PSTU. 2017, 1, pp. 190–191. (in Russian).
7. Aliieva L.I., Abhari P.B., Ibragimov A.I., Kordenko M.V. Methods of controlling the formation of parts during extrusion. *Proceedings of the 9th International Scientific and Technical Conference Resource Conservation and Energy Efficiency of Pressure Processing Processes and Equipment in Mechanical Engineering and Metallurgy*. Kharkiv: NTU "KhPI". 2017, pp 8–10. (in Russian).
8. Abhari Payman. Investigation of fracture moment in radial extrusion process by finite element method. *18 International scientific conference New technologies and achievements in metallurgy, material engineering, production engineering and physics*. Series: Monographs. Częstochowa. 2017. 68, pp. 97–101.
9. Abhari Payman. Numerical simulation of cold forging process to investigate folding defect in enclosed dies. *International Journal of Mechanics and Advanced Technologies*. 2017. 2 (80), pp. 71–77. <http://journal.mmi.kpi.ua/author/submission/109198>. DOI: <http://dx.doi.org/10.20535/2521-1943.2017.79.96079>.
10. Hrudkina N., Aliieva L., Abhari P., Kuznetsov M., Shevtsov S. Derivation of engineering formulas in order to calculate energy–power parameters and a shape change in a semi–finished product in the process of combined extrusion. *Eastern–European Journal of Enterprise Technologies*. 2019, 2. 7 (98), pp. 49–57. DOI: 10.15587/1729–4061.2019.160585.

Абхари П. Б. – д-р техн. наук, проф., професор кафедри ОМТ ДДМА;

Чучин О. В. – канд.техн. наук, ст. викладач кафедри ОМТ ДДМА;

Кузенко О. А. – аспірант кафедри ОМТ ДДМА;

Махмудов К. Д. – канд.техн. наук, професор ДДТУ.

ДДМА – Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ.

ДДТУ – Дагестанський державний технічний університет, м. Каспійськ.

E-mail: omd@dgma.donetsk.ua