

*В спеціалізовану вчену раду Д12.105.01
Донбаської державної машинобудівної академії,
84313, м. Краматорськ, вул. Академічна, 72*

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Картамишева Дмитра Олександровича «Удосконалення процесів формоутворення порожнистих деталей на основі способів послідовного комбінованого видавлювання»**, представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском

1. Актуальність теми. Процеси холодного об'ємного штампування (ХОШ) мають високу ефективність та дозволяють виготовляти деталі або напівфабрикати високої якості з мінімальними витратами на механічну обробку.

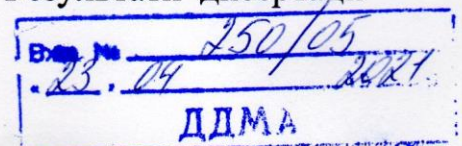
Порожністі осесиметричні вироби типу гільз та корпусів, які мають глухі отвори, широко використовуються у сучасному машинобудуванні. Застосування простих схем поздовжнього (зворотного і прямого) видавлювання пов'язане з великими навантаженнями на інструмент та змушують для їх зниження застосовувати додаткові переходи зі зменшеним ступенем деформації, що суттєво знижує їх ефективність.

Способи комбінованого видавлювання, в яких схеми поздовжнього видавлювання поєднані зі схемами поперечного (радіального і бокового) видавлювання, дозволяють значно зменшити енергосилові параметри деформування, скоротити кількість операцій, підвищити якість деталей та стійкість штампового інструменту.

Однак застосування комбінованого видавлювання при виробництві порожнистих деталей стримується недостатнім розвитком розрахункового апарату та відповідних методик для проектування технологічних режимів деформування, а також недостатньою вивченістю напружено-деформованого стану (НДС) заготовок при деформуванні способами послідовного комбінованого видавлювання. Вирішення цих питань пов'язане з подальшим проведенням теоретичних та експериментальних досліджень для створення рекомендацій та методик проектування процесів послідовного комбінованого радіально-прямого та прямого видавлювання з роздачею.

Зважаючи на вищевикладене, тема дисертаційної роботи, присвяченої удосконаленню процесів виготовлення порожнистих деталей на основі використання способів послідовного поперечно-поздовжнього видавлювання є актуальною.

2. Відповідність планам наукових досліджень. Результати дисертації



спрямовані на вирішення завдань, які відповідають пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки в Україні «Нові речовини і матеріали» (Закон України №2519-IV від 9 вересня 2010 року) і науковому напрямку «Розвиток ресурсозберігаючих процесів обробки тиском на основі створення нових технологічних способів і методик аналізу і закономірностей пластичного деформування» наукової школи кафедри обробки металів тиском (ОМТ) Донбаської державної машинобудівної академії (ДДМА). Роботу виконано у рамках держбюджетних науково-дослідних робіт кафедри ОМТ ДДМА, передбачених планами Міністерства освіти і науки України (0115U003123, 0117U001164, 0119U000242) та в рамках ряду договірних науково-дослідних робіт з підприємствами.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації, та їх достовірність. Достатньо високий ступінь достовірності та обґрунтованості наукових результатів роботи визначається використанням для теоретичних досліджень енергетичних методів верхньої оцінки і балансу потужностей та спеціалізованих програмних комплексів Deform і QForm 2D на основі методу скінченних елементів (МСЕ).

Достовірність отриманих результатів підтверджено експериментально (для вимірювання технологічних сил використано методи фізичного моделювання і тензометрії, а для визначення напружено-деформованого стану заготовок – методи сіток і вимірювання твердості) та забезпечено використанням методів статистичної обробки даних.

4. Наукова новизна отриманих результатів. Наукову новизну дисертаційної роботи складають наступні її основні положення.

Отримали подальший розвиток на основі енергетичного методу верхньої оцінки моделі штампування порожнистих деталей при плоскому і осесиметричному послідовному поперечно-поздовжньому видавлюванні і встановлені закономірності впливу схем деформування та умов тертя, що дозволило підвищити точність прогнозування зусиль формоутворення деталей з плоскими і конічними фланцями і прогнозувати граничні можливості з точки зору навантаження на інструмент.

Уточнені аналітичні залежності для розрахунку параметрів силового режиму та формоутворення порожнистих деталей з глухим отвором за способом прямого послідовного комбінованого видавлювання з роздачею, які відрізняються від існуючих врахуванням реальної конфігурації осередку деформації за допомогою запропонованого осесиметричного трикутного кінематичного модулю з криволінійною стороною.

Вперше на основі результатів аналізу методом скінченних елементів поетапного протікання процесу комбінованого прямого видавлювання з роздачею і оцінки напружено-деформованого стану заготовки побудовані шляхи деформування і виявлені небезпечні жорсткі зони з додатними показниками напруженого стану в осередку деформування, що дає змогу визначити граничні ступені деформації і технологічні можливості способу.

Отримали подальший розвиток знання про закономірності формування осередку деформації з розділенням потоків металу при формозміни заготовки в процесі деформування з роздачею, що дозволило встановити можливість комбінування схем послідовного і суміщеного видавлювання в одному процесі та забезпечити розширення номенклатури деталей за рахунок складних порожнистих виробів типу стакану з фланцем в придонній частині.

5. Практична цінність роботи. Практичну цінність дисертаційної роботи представляють наступні її основні результати:

- на основі встановлених закономірностей силового і деформаційного режимів послідовного комбінованого радіально-поздовжнього видавлювання розроблені розрахункові залежності для силових параметрів і методики проектування технологічних процесів послідовного прямого з роздачею та поперечно-прямого видавлювання порожнистих деталей;

- досліджені можливості нових способів отримання порожнистих деталей зі складним зовнішнім профілем і з усуненням дефектів типу утягнень на основі послідовного керування кінематикою інструменту для комбінованого видавлювання;

- запропоновані технологічні рекомендації з комбінованого видавлювання передані для промислового освоєння на ПрАТ НКМЗ і ПрАТ ДЗМВ і розроблені конструкції штампів для реалізації процесів комбінованого поперечно-поздовжнього видавлювання з використанням роз'ємних матриць.

- результати теоретичних і експериментальних досліджень використовуються студентами спеціальності «Металургія» при виконанні проектних та практичних робіт.

6. Повнота викладення результатів в опублікованих працях. Матеріали дисертаційної роботи опубліковані в 23 роботах, з яких 1 колективна монографія (зарубіжне видання), 2 статті в виданнях, що включені до наукометричної бази Scopus, 7 статей в фахових виданнях України, 12 робіт – в матеріалах міжнародних конференцій. На нове технічне рішення отримано 1 патент України на корисну модель.

Обсяг друківаних робіт та їх кількість відповідають вимогам щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Проведено апробацію та обговорення результатів досліджень на всеукраїнських і міжнародних науково-технічних конференціях та об'єднаному науковому семінарі з ОМТ ДДМА.

7. Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому. Робота складається з анотацій із переліком праць, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Об'єм основного тексту дисертації складає 156 сторінок друкованого тексту. Робота містить 10 таблиць, 137 рисунків і 265 джерел літератури. Загальний об'єм роботи – 294 сторінки.

У *вступі* обґрунтовано актуальність, визначено мету роботи та коло вирішених завдань, показано зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами і темами, вказано практичну цінність і наукову новизну роботи. Розглянуто питання предмету і методів проведення досліджень.

Перший розділ присвячено аналізу сучасних тенденцій та шляхів розвитку технологій пластичного деформування. Встановлено, що процеси точного штампування завдяки техніко-економічним перевагам знаходять все більше застосування в металообробних галузях промисловості.

Для виготовлення методами холодного об'ємного штампування поширених у машинобудуванні порожнистих деталей, які представляють собою гільзи (стакан, чаша) або корпуси з глухим отвором, за традиційно застосованими простими схемами поздовжнього (зворотного та прямого) видавлювання характерні більші енерговитрати і кількість переходів та підвищена різностінність деталей. Комбінування традиційних схем поздовжнього видавлювання з новими способами поперечного видавлювання при виготовленні деталей складних конфігурацій відкриває нові можливості для інтенсифікації процесів штампування. Відзначено, що для розширення можливостей процесів об'ємного штампування та заготовок перспективно застосовувати послідовні схеми обробки.

В результаті аналізу попередніх досліджень встановлено, що для інтенсифікації освоєння технологічних процесів точного об'ємного штампування деталей необхідне створення математичних моделей, що дозволяють визначити силовий режим деформування, прогнозувати відхилення форми деталей на послідовних стадіях процесів обробки за новими технологічними способами з регулюванням кінематики руху деформуючого інструменту та пластичного формозмінення заготовки.

На основі проведеного аналізу сформульовано мету роботи і завдання дослідження.

У *другому розділі* обґрунтовано вибір напрямків досліджень, методів теоретичного та експериментального досліджень процесів видавлювання.

Для теоретичного аналізу задач осесиметричного і плоского деформування обрано енергетичний метод верхньої оцінки, заснований на балансі потужностей зовнішніх і внутрішніх сил на кінематично можливих швидкостях переміщень. Метод скінченних елементів (пакети Deform, QForm 2D), використаний для отримання інформації про напружено-деформований стан заготовки, необхідний для оцінки ступеня опрацювання металу та використаного ресурсу пластичності в процесах комбінованого деформування та видавлювання.

Для експериментальних досліджень розроблене і виготовлене універсальне експериментальне оснащення для випробувальних машин, яке дозволяє здійснювати комбіноване радіально-пряме та радіально-зворотне видавлювання з різними геометричними параметрами інструменту.

У третьому розділі представлено результати теоретичних досліджень комбінованого прямого видавлювання з роздачею порожнистих деталей. Теоретичний аналіз процесу виконано енергетичним методом верхньої оцінки з використанням кінематичних модулів, які точно описують форму осередку деформації, деталі і інструмента, що дозволило оцінити силові характеристики процесу з урахуванням реальної геометрії. Рішення, необхідне для аналізу комбінованого видавлювання деталей з відростками, виконано з використанням плоского розривного поля швидкостей і годографа швидкостей.

Результати аналізу МСЕ послідовного прямого видавлювання з роздачею деталі дали змогу проаналізувати зміну напружено-деформованого стану в ході процесу.

У четвертому розділі на основі енергетичного балансу потужностей розглянуто схему послідовного поперечно-прямого видавлювання з роздачею та отримано числові залежності для розрахунку енергосилових характеристик в межах як складових модулів, так і для варіантів їх сукупності в одному процесі видавлювання порожнистих деталей.

Моделювання МСЕ напружено-деформованого стану при послідовному поперечно-прямому видавлюванні виконано для заготовок з алюмінієвого сплаву АД1. Виявлено декілька зон з характерним розподілом показників НДС: осьова придонна сильно деформована зона, зона фланця (дна), зона розвороту металу в стінку і зона стінки стакану. Порівняння результатів оцінки деформованого стану, отриманих методами ділільних сіток і МСЕ, показало схожість характеру зростання і накоплення деформації при послідовному видавлюванні порожнистої деталі.

У п'ятому розділі на основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень розроблено методичку проектування технологічного процесу послідовного комбінованого поперечно-поздовжнього видавлювання. Сформульовано рекомендації щодо призначення технологічних параметрів, вибору схем штампування порожнистих деталей різної конфігурації на основі

використання способів комбінованого видавлювання і програмного забезпечення для розрахунку режимів комбінованого видавлювання. Запропоновано спосіб видавлювання, що дозволяє усунути дефект типу утягнення в корпусі порожнистої деталі за рахунок комбінування впливу на течію металу. На спосіб отримано патент України.

Розроблені і передані для промислового освоєння технологічні рекомендації з проектування процесів і оснащення для виготовлення деталей на ПрАТ НКМЗ і ПрАТ ДЗМВ. Результати досліджень використовуються в навчальному процесі в проектних роботах студентів спеціальності «Металургія».

У висновках відмічено основні результати досліджень з обґрунтуванням рекомендацій для практичного використання результатів роботи при проектуванні процесів і штамів комбінованого прямого і поперечно-прямого видавлювання з роздачею.

Виходячи з аналізу основної частини дисертації, можна зробити висновок, що мета дисертаційної роботи у ході виконання досліджень була досягнута, а дисертація є завершеною науковою працею.

Список використаних джерел є інформативним та достатньо повно охоплює предметну галузь, відображає опрацювання здобувачем значної кількості сучасних іноземних джерел.

Зміст автореферату достатньо повно розкриває основні положення дисертації та відповідає вимогам до оформлення.

8. Зауваження:

- за змістом дисертації:

1. Не наведене техніко-економічного обґрунтування переваг способів послідовного комбінованого видавлювання у порівнянні з іншими способами видавлювання або штампування порожнистих деталей з перемінною товщиною стінки.

2. Використання пакетів для скінчено-елементного моделювання (Deform, QForm) потребує обґрунтування вибору типу (форми) скінчених елементів, що у роботі не проведене.

3. Не проведені дослідження з впливу радіусів заокруглення пуансонів і матриці на напружено-деформований стан, силові характеристики процесу та показники якості деталей.

4. Відсутні дослідження щодо стійкості (або попередньої її оцінки) штампового інструменту при нових технологічних процесах послідовного комбінованого видавлювання.

5. Виготовлення порожнистих деталей досліджуваним способом буде характеризуватись появою небезпечних розтягуючих напружень у центральній зоні із небезпекою розривів металу. Тому доцільно було б провести

металографічні дослідження для підтвердження відсутності несучільностей у зоні різнобічного плину металу, чого у дисертації не виконано.

6. Відсутні рекомендації щодо промислового устаткування, для якого є пристосовними технології послідовного комбінованого видавлювання. Тобто не зрозуміло, для кривошипних або гідравлічних пресів розроблено такі технологічні процеси. Це досить важливо як з точки зору можливості розміщення комплекту штампового інструменту в штамповому просторі певного пресу, так і з точки зору впливу різних швидкостей деформування на силові характеристики і напружено-деформований стан металу.

7. Як продовження попереднього зауваження, слід вказати на те, що у дисертаційній роботі наведені графіки «шлях-сила» для робочого ходу повзуна 40 мм та більше. З врахуванням холостого ходу та розмірів штампового оснащення, яке необхідно розміщувати у штамповому просторі пресів, впровадження технології буде вимагати використання пресів значно більшої потужності, ніж потрібно за силовими характеристиками.

8. Не вказано для виробів якої серійності випуску розроблені такі технології. Через відсутність крупносерійного і масового виробництва порожнистих деталей з фланцями на підприємствах України слід було б передбачити проектування інструменту зі змінними і універсальними елементами.

9. Не зрозуміло, як буде монтуватися і замінюватися штамповий інструмент у разі зміни номенклатури виробів при використанні універсального устаткування (кривошипних чи гідравлічних пресів).

- за змістом автореферату:

10. У авторефераті не наведена інформація про те, з якого матеріалу виготовлені робочі деталі штампового оснащення, як враховували при моделюванні і в розрахунках приведенного тиску деформаційне зміцнення матеріалів (сурм'янистий свинець, АД1, АД31, М1, Л63 та ін.) та на якому устаткуванні були проведені експериментальні дослідження. Проте, безпосередньо у самій дисертаційній роботі така інформація є.

- по оформленню роботи:

11. Ініціали деяких вчених вказані невірно. Це, ймовірно, виникло через те, що вони були взяті з російськомовної літератури. Наприклад: А.М. Дмитрієв (на стор. 25-26, стор. 38) – потрібно О.М. Дмитрієв; Г.А. Смирнов-Аляєв (стор. 60) – потрібно Г.О. Смирнов-Аляєв, і т.п.).

12. У табл. 1.1, табл. 2.1 наведені позначення, які не були раніше визначені у тексті роботи. Крім того, не вказані їх одиниці вимірювань. Використаний автором підхід потребує наведення переліку умовних позначень на початку роботи, чого не зроблено.

13. У другому розділі роботи деякі символи, що наведені у формулах, відрізняються за розміром від тих, що наведені у тексті (див. формули (2.1), (2.4), (2.6), (2.19)).

14. У списку використаних джерел використано міжрядковий інтервал, менший за 1,5.

9. Загальний висновок. На підставі аналізу дисертаційної роботи **Картамишева Д. О.** «Удосконалення процесів формоутворення порожнистих деталей на основі способів послідовного комбінованого видавлювання» і опублікованих праць автора вважаю, що в дисертації з достатньою повнотою обґрунтовано і вирішено актуальну науково-технічну проблему підвищення ефективності технологій пластичного деформування на базі створення та розвитку нових методів розрахунку та науково-обґрунтованих рекомендацій з розробки нових технологічних процесів формоутворення. Матеріали дисертації викладено логічно і послідовно, стиль викладу чіткий і зрозумілий. Зміст автореферату повністю відповідає тексту дисертації, а основні наукові положення, які в них містяться, є ідентичними.

Зважаючи на відповідність за своєю актуальністю, ступенем достовірності та обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, новизною, практичним значенням та повнотою викладу в опублікованих працях дисертаційної роботи вимогам п. 9 та п. 11 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, вважаю що її автор **Картамишев Дмитро Олександрович** заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском.

Офіційний опонент

Завідувач кафедри обробки металів тиском
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»,
доктор технічних наук, професор

Кухар Володимир Валентинович

Лідисе Кухара В.В.

