

## ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Косілова Максима Сергійовича  
**«Удосконалення технологій кування пустотілих поковок зі змінною товщиною стінки способом розкочування ступінчастим інструментом»**,  
яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – Процеси і машини обробки тиском.

Дисертаційна робота присвячена важливому науково-технічному завданню – удосконаленню технологій кування пустотілих поковок зі змінною товщиною стінки способом розкочування ступінчастим інструментом.

Робота має комплексний характер і містить:

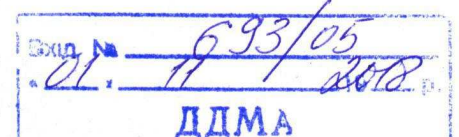
- теоретичні і експериментальні результати стосовно розвитку технологій, ковальського обладнання та інструменту для отримання пустотілих поковок зі зміною товщиною стінки;
- розробку регресійних рівнянь процесів розкочування з застосуванням східчастого бойка, які дозволяють визначити режими формозміни поковки в процесі деформування;
- оцінку особливостей деформування заготовок під час процесу розкочування з виявленням зон, можливого утворення дефектів та рекомендації щодо їх усунення;
- розробку рекомендацій з проектування технологічних процесів та оснащення для процесу розкочування пустотілих поковок зі зміною товщиною стінки;
- впровадження результатів роботи у виробництво.

*Дисертація відповідає спеціальності 05.03.05 – Процеси та машини обробки тиском.*

## ОЦІНКА СТРУКТУРИ, ЗМІСТУ ТА ЗАКІНЧЕНОСТІ ДИСЕРТАЦІЇ

Надана до захисту дисертація складається з вступу, п'яти розділів з списком використаних джерел (загалом 135 джерел) та восьми додатків. Загальний об'єм роботи 222 сторінки, в тому числі анотації на 14 сторінках, 135 сторінок основного тексту, 22 рисунка на окремих сторінках, 3 таблиці на окремих сторінках, список використаних джерел та 8 додатків на 48 сторінках.

Структура роботи і розбиття по розділах відповідає в цілому необхідним вимогам і не викликає заперечень. У першому розділі виконаний критичний аналіз існуючих способів та процесів отримання кільцевих виробів з профільованою



поверхнею. Слід зазначити широке охоплення останніх вітчизняних і зарубіжних публікацій в цій галузі. В результаті зроблено висновок про необхідність вдосконалення процесів кування на основі розробки і застосування нового способу розкочування пустотілих поковок з профільованою поверхнею внаслідок використання східчастого бойка, створення наукових основ і практичних рекомендацій з проектування технологій і інструменту для виробництва. *Другий розділ* присвячений вибору методів теоретичного аналізу процесів розкочування і розробці лабораторних установок та інструменту для експериментального дослідження процесів розкочування. *У третьому розділі* розглянуті питання теоретичного аналізу процесів розкочування пустотілих поковок зі змінною товщиною стінки шляхом використання східчастого бойка. Методом скінченних елементів проведено ряд досліджень, які дозволили оцінити напружено-деформований стан та формозміну при застосування східчастого бойка. *У четвертому розділі* розглянуто результати експериментальних досліджень, присвячених дослідженню формоутворення та механічним властивостям поковки, зокрема утвореній структурі та твердості. Розроблені регресійні рівняння, які дозволяють отримати геометрію заготовки для розкочування. *П'ятий розділ* присвячений створенню методики і рекомендацій з проектування нового технологічного процесу кування, розробці нової технології кування та розширенню можливостей і практичного використання способів отримання кільцевих виробів.

У кожному розділі надано висновки, а загальні висновки досить повно підводять підсумок всієї роботи. У додатках наведено ряд результатів, що доповнюють матеріали основних розділів, акти використання результатів дисертаційної роботи.

В цілому дисертація є завершеною науково-дослідною роботою. Робота виконана на хорошому науковому рівні з використанням методів аналізу, які відповідають сучасним уявленням в теорії обробки металів тиском (ОМТ). Наукові положення, висновки і рекомендації мають наукову і практичну цінність. Перспективність розширення обсягів застосування східчастого бойка для розкочування кільцевих ступінчастих поковок не викликає сумнівів.

## АКТУАЛЬНІСТЬ ОБРАНОЇ ТЕМИ

Тема дисертації відповідає 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 методики аналізу і закономірностей пластичного деформування» наукової школи кафедр «Механіка пластичного формування» (МПФ) та «Обробка металів тиском» (ОМТ) Донбаської державної машинобудівної академії (ДДМА). Робота виконана в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт (НДР), передбачених планами

Міністерства освіти і науки України та виконаних на кафедрі МПФ ДДМА (№ держреєстрації 0114U002536, 0116U003614, 0118U003047).

Сучасними вимогами до машинобудівного виробництва є зниження енергетичних та матеріальних витрат при високій якості продукції. Традиційні методи виготовлення пустотілих поковок зі зміною товщиною стінки, за рахунок використання напусків, призводить до суттєвого підвищення ціни продукції, та до збільшення часу виготовлення. Крім того, отримання пустотілих виробів зі зміною товщиною стінки пов'язано з труднощами прогнозування формозміни поковки, небезпекою появи дефектів та складністю виготовлення інструменту.

Застосування східчастого бойка для розкочування дозволяє значно розширити номенклатуру отримуваних пустотілих поковок одночасно зі скороченням використовуваного металу. Використання бойка зі зміною вставкою робить його більш універсальним і призводить до зменшення витрат при виготовленні парку оснащення.

Проте використання схем розкочування східчастим бойком вимагає точного вибору режимів деформування з урахуванням ступеня деформації та геометрії робочого інструмента. Кожне нове застосування таких способів вимагає ретельних попередніх досліджень, які б полегшували проектування та використання східчастого інструменту на практиці. Зокрема, необхідне дослідження напружено-деформованого стану заготовки для попередньої оцінки небезпеки дефектоутворення і розробки інструменту з метою реалізації нових способів формоутворення на виробництві. Вирішення цих питань пов'язане з подальшим проведенням теоретичних та експериментальних досліджень для створення рекомендацій та методик проектування процесів розкочування.

*Все вищевикладене вказує на безумовну актуальність представленої на розгляд дисертаційної роботи.*

## СТУПІНЬ ОБҐРУНТОВАНOSTІ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ, СФОРМУЛЬОВАНИХ В РОБОТІ

У дисертаційній роботі проведено широкий огляд літературних джерел за всіма напрямками розкочування поковок з використанням профільованого інструменту. Розглянуто особливості напружено-деформованого стану, механізми утворення дефектів при застосуванні подібного інструменту. Визначені переваги використання інструменту з профільованою робочою поверхнею для отримання профільних виробів типу обичайка з виступом.

При виконанні теоретичного аналізу процесу розкочування з застосуванням профільованого східчастого бойка виконувався на основі методу скінчених елементів. Завдяки методу скінчених елементів були досліджені та виявлені особливості напружено-деформованого стану поковок. Знайдені характерні особливості розподілу деформацій за перетином та зони утворення дефектів.

Для проведення експериментальних досліджень був використаний метод планування експерименту. На основі отриманих даних за допомогою методів статистичного аналізу були отримані регресійні рівняння, які описують взаємозв'язок основних параметрів розкочування.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується створеними та впровадженими на виробництві технологічними процесами та конструкцією інструменту.

*Вищевикладене дає підставу стверджувати, що ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи відповідає науковим вимогам до кваліфікаційних робіт такого рівня.*

### ДОСТОВІРНІСТЬ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ, СФОРМУЛЬОВАНИХ В РОБОТІ

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, що наведені у дисертаційній роботі підтверджується:

- застосуванням сучасних методів математичного моделювання з використанням сучасного програмного забезпечення, що дає можливість оцінити комплексний вплив конструктивних, технологічних та фізико-механічних параметрів при формозміні металів;
- аналізом результатів експериментальних досліджень, за допомогою стандартних методів статистичного аналізу, завдяки яким отримані регресійні моделі формозміни поковки при розкочуванні;
- впровадженням розроблених методик проектування технологічних процесів та рекомендацій з проектування конструкції інструменту у виробництво.

*Вищевикладене дозволяє стверджувати, що наукові положення, висновки і рекомендації цієї дисертації є достовірними.*

### НОВИЗНА НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ, СФОРМУЛЬОВАНИХ В РОБОТІ

Наукова новизна роботи полягає у наступному.

- вперше з застосуванням методу скінчених елементів отримані кількісні оцінки напружено-деформованого стану поковки типу "обичайка з фланцем", в залежності від геометричних параметрів заготовки, ступеню деформації та схем деформування, що дозволило визначити раціональні режими досліджуваних процесів розкочування, які відрізняються кількістю зон в осередку деформації;
- вперше на основі регресійного аналізу даних експериментальних досліджень процесу розкочування кільцевих поковок ступінчастим бойком визначені рівняння для розрахунку розмірів заготовки для розкочування, які

дозволяють встановити раціональні розміри і форму вихідної заготовки для підвищення точності розмірів і форми поковок, що виготовляються;

– вперше на основі теоретичного та експериментального аналізу процесу розкочування профільованим інструментом визначено характер поетапного змінення напружено-деформованого стану кільцевої поковки з одnobічним виступом в залежності від різниці між діаметрами виступу та уступу та встановлена небезпечна перехідна зона біля основи виступу, яка може призвести до утворення кільцевого затиску, для усунення якої пропонується вдосконалити форму деформуючого інструменту шляхом вибору раціонального кута східчастого переходу;

– отримали подальший розвиток уявлення про закономірності зміни деформованого стану пустотілих поковок зі змінною товщиною стінки при розкочуванні, які відрізняються від існуючих встановленням можливості підвищення рівномірності розподілу деформацій шляхом застосування ступінчастого бойка, що дозволило удосконалити технологічні режими кування шляхом підвищення точності та зниження металоємності виробів.

*Таким чином, із наведеного випливає, що положення, висновки та рекомендації представленої роботи мають всі ознаки новизни.*

## ОЦІНКА ВИСНОВКІВ ЗДОБУВАЧА ЩОДО ЗНАЧУЩОСТІ ЙОГО ПРАЦІ ДЛЯ НАУКИ І ПРАКТИКИ

Відносно оцінки висновків здобувача можна стверджувати наступне: стосовно наукової значущості роботи:

- на основі математичного моделювання встановлено напружено-деформований стан поковок та визначені небезпечні зони, які сприяють утворенню дефектів; в результаті виконання роботи встановлені регресійні моделі, які описують формозміну поковки в процесі деформування та приріст лінійних розмірів заготовки; експериментальними дослідженнями підтверджені небезпечні зони, що дозволило надати рекомендації щодо конструкції інструменту.

стосовно практичної значущості :

– запропоновано спосіб розкочування обичайок, який сприяє підвищенню якості великогабаритних пустотілих поковок завдяки направленій течії металу та виникненню сприятливої волокнистої структури (на цей спосіб отримано патент);

– розроблені рекомендації для проектування технологічних процесів розкочування обичайок з фланцем, завдяки яким знижуються витрати металу на 20...30 % внаслідок виключення напусків;

– розроблено методику проектування технологічного процесу кування, яка дозволяє отримати геометричні параметри заготовки для розкочування, що дозволяє отримувати конічні або циліндричні поковки;

– запропонована універсальна конструкція профільованого деформуючого інструменту та раціональна його геометрія, яка забезпечує керовану течію металу та дозволяє уникнути появи дефектів;

– спроектовано новий технологічний процес кування обичайки з фланцем, яка передбачає отримання профільованої заготовки і подальше її кування східчастим бойком.

*Отже, оцінка висновків здобувача щодо значущості його праці для науки і практики є об'єктивною.*

## МОЖЛИВІ КОНКРЕТНІ ШЛЯХИ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Представляється доцільним подальше розширення впровадження способу розкочування з застосуванням східчастого бойка, що розроблений в дисертації. Результати роботи можуть бути використані на підприємствах, які спеціалізуються на отриманні виробів шляхом кування на гідравлічних кувальних пресах та ковальських молотах. Для цього у роботі запропоновані методики проектування технологічного процесу виготовлення поковок зі зміною товщиною стінки та конструкція бойка. Розробки будуть корисними для науково-дослідним та навчальним організаціям для використання у навчальному та дослідному процесі.

## ПОВНОТА ВИКЛАДУ В ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЯХ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ, СФОРМУЛЬОВАНИХ В РОБОТІ

Матеріали і основні положення дисертаційної роботи опубліковані в 23 роботах з наукової тематики, з них 7 статей у спеціалізованих виданнях (з яких 5 статті, що входять до міжнародних наукових баз даних), 6 робіт у збірниках за матеріалами конференцій. Отримано 4 патенти України на корисну модель. Результати роботи доповідались на 7 міжнародних науково-технічних конференціях у 2016–2018 роках (м. Краматорськ, м. Київ, м. Тернопіль, м. Харків, м. Херсон, м. Кременчук).

Суть дисертаційної роботи повною мірою відображена у публікаціях.

Автореферат повністю відповідає змістові дисертаційної роботи.

*Таким чином, повнота викладу в опублікованих працях наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в роботі, є достатньою.*

## ЗМІСТ ТА ЗАВЕРШЕНІСТЬ РОБОТИ

Назва роботи відповідає обраній спеціальності й сутності розв'язуваної задачі. Дисертація складається з анотації із переліком праць, вступу, п'яти розділів з списком використаних джерел, загальних висновків та 8 додатків. Всі розділи достатньо повно розкривають проведені автором дослідження.

Мета роботи та завдання обґрунтовані. Дисертація написана з використанням сучасної технічної термінології. Структура та обсяг дисертації відповідають вимогам, що висуваються до робіт для отримання наукового ступеня кандидат технічних наук.

Зміст викладено послідовно з необхідною для розуміння викладок кількістю ілюстрацій, рисунків та таблиць. Зміст роботи подано чітко і зрозуміло.

Наукові положення та результат роботи не суперечать сучасним науковим досягненням у галузі науки та техніки. Дисертація має наукову і практичну цінність. Робота носить комплексний характер і включає рівноцінні теоретичний, експериментальний та прикладний розділи.

## ЗАУВАЖЕННЯ ЩОДО ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЇ

До змісту дисертації є наступні зауваження:

1. В розділі 2.4 описано планування експерименту та визначені фактори, які впливають на процес розкочування. Чому до уваги не взято довжину виступу, уступу та загальну довжину?
2. На стор. 117 вказано, що досліджується схема розкочування з різницею між відносними діаметрами виступу та уступу 0,58, а в попередньому розділі – з різницею 0,43. Тобто теоретично досліджені дві типові схеми. Виникає питання, як проходить процес з іншими параметрами та чому такі схеми не досліджені? Чому взято саме такі розміри та в чому особливості вибраних схем деформування?
3. При теоретичному моделюванні досліджувався вплив конусності отвору заготовки на форму поковки і конусність отвору взято 1:120 (стор. 111). При цьому на стор. 114 конусність вже складає 1:20, а на стор. 119 вказана остаточна конусність 1:13. Так на яку конусність поковки розповсюджує автор свої розробки?
4. На рис. 3.13 вираз «після проходження першого кола» некоректно сформульований.
5. З рис. 4.18 не зрозуміло, якій кривій відповідає яка форма поковки.
6. У роботі досліджується деформування поковки з різними товщинами стінок виступу та уступу, у кожній з яких формується різний ступень деформації. З роботи не зрозуміло, для ступеня деформування якої частини, виступу чи уступу, розраховані математичні моделі?
7. На рисунку 5.3 погана якість зображення усадочних раковин, які важко розгледіти.
8. На рис. 5.9 автор вказує, що це ескіз осадженої заготовки, а наведений процес прошивки, а не осадки.

## ВИСНОВОК ЩОДО ВІДПОВІДНОСТІ ДИСЕРТАЦІЇ ВСТАНОВЛЕНИМ ВИМОГАМ

Дисертація Косілова Максима Сергійовича, яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук є завершеною науковою роботою та відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567, зокрема – п. п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» щодо кандидатських дисертацій.

Отримані автором науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, які в сукупності встановлюють нові закономірності формозміни поковки зі зміною товщиною стінки шляхом розкочування ступінчастим інструментом в залежності від геометричних параметрів заготовки та ступеня деформації, закономірності формування напружено-деформованого стану поковки є важливими для розвитку наукової галузі «процеси та машини обробки тиском».

Науковий рівень представленої дисертації «Удосконалення технологій кування пустотілих поковок зі змінною товщиною стінки способом розкочування ступінчастим інструментом» і практичні результати, отримані автором, відповідають вимогам до кандидатських дисертацій, а її автор **Косілов Максим Сергійович**, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – Процеси та машини обробки тиском.

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри обробки металів тиском,  
Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»,  
доктор технічних наук, доцент



В. Л. Чухліб

Підпис Чухліба В.Л. засвідчую:

Вчений секретар  
Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»



О.Ю. Заковоротний

