

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Косілова Максима Сергійовича «Удосконалення технологій кування пустотілих поковок зі змінною товщиною стінки способом розкочування ступінчастим інструментом», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском

### Актуальність теми дисертації

Дисертація Косілова М. С. спрямована на вирішення актуальної науково-технічної задачі вдосконалення технологічних процесів кування пустотілих поковок зі зміною товщиною стінки типу обичайки з фланцем з застосуванням східчастого інструменту, які забезпечують наближення форми поковки до форми деталі.

Підвищення техніко-економічних показників та збільшення технологічних можливостей процесів кування є основними напрямками розвитку вітчизняних підприємств, тому вимагають розробки нових схем деформування. Використання традиційних технологій виготовлення обичайок з фланцем шляхом розкочування гладкої циліндричної заготовки, пов'язане з застосуванням напуску, що призводить до збільшення кількості відходу металу при подальшому отриманні профілю деталі, та до перерізу волокон в містах зміни поперечного перерізу. Тому застосування східчастого бойка при виготовленні пустотілих поковок зі зміною товщиною стінки є доволі перспективним способом кування.

На сьогоднішній день в теорії та практиці з обробки металів тиском відсутні наукові основи проектування процесів і рекомендації для кування пустотілих поковок зі зміною товщиною стінки. Процеси розкочування подібних поковок досить складні для теоретичного аналізу, також є певні питання з вирішенням проблем дефектоутворення та зниження неоднорідності механічних властивостей за перетином. Це ускладнює розробку технологічних процесів кування подібних поковок. Вирішення задач визначення кінцевої та граничної формозміни потребує створення абс удосконалення відповідних методик та математичних моделей. Але використання цих схем дотепер стримувалось відсутністю теоретичних залежностей і математичних моделей, які б враховували найбільш важливі чинники, що впливають на характер формозміни, дозволяють впливати на нього, а також рекомендацій щодо оцінки технологічних режимів і можливостей використання цих процесів. З цього приводу необхідність розробки науково обґрунтованої методики проектування подібних технологічних процесів кування представляє значний науковий і практичний інтерес і підтверджує актуальність теми дисертаційної роботи.

З вищевикладеного можна зробити висновок, що тема дисертаційної роботи Косілова Максима Сергійовича, спрямована на удосконалення процесів виготовлення пустотілих поковок зі зміною товщиною стінки з застосуванням східчастого інструменту, є актуальною.

### **Зв'язок з державними та галузевими науковими програмами**

Дисертаційна робота виконана у рамках держбюджетних науково-дослідних робіт, які відповідають планам Міністерства освіти і науки України, на кафедрах «Механіка пластичного формування» (МПФ) та «Обробка металів тиском» (ОМТ) Донбаської державної машинобудівної академії (роботи 0114U002536, 0116U003614, 0118U003047). Автор був відповідальним виконавцем при виконанні держбюджетної теми № 0118U003047.

### **Структура і зміст дисертації**

Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів з опціональним формуванням списку використаних джерел (загалом 135 джерел) та восьми додатків. Загальний об'єм роботи 222 сторінки, в тому числі 131 сторінка основного тексту, 22 рисунка, 3 таблиці, список використаних джерел зі 135 найменувань та 8 додатків на 48 сторінках.

### **Достовірність та обґрунтованість наукових положень та висновків, сформульованих в дисертації**

За результатами роботи встановлено, що існує велика кількість способів розкочування пустотілих поковок із застосуванням профільованого інструменту, які забезпечують раціональне використання металу та кращу проробку металу на основі чого визначені пріоритетні напрямки виготовлення крупногабаритних кільцевих поковок. Обґрунтовано напрям дослідження ресурсозберігаючих процесів кування східчастих обичайок та намічені шляхи їх удосконалення.

Основні теоретичні результати роботи базуються на використанні методу скінчених елементів і знаходяться у відповідності з відомими положеннями та математичним апаратом теорії пластичності. МСЕ дозволяє отримувати велику кількість інформації, який дозволяє провести з використанням комп'ютерних моделей імітаційний математичний експеримент і за рахунок використання спеціалізованих програмних пакетів прогнозувати характер формозміни деталей складних конфігурацій в умовах великих і пластичних течій, характерних для процесів розкочування. Завдяки теоретичному аналізу обрані параметри, які впливають на виникнення конусності до яких віднесені діаметри виступу, уступу, діаметр отвору, ступінь обтискання. Також встановлено, що при розкочуванні заготовки з різницею відносних діаметрів 0,43, виступ та уступ одночасно деформуються під час всього процесу розкочування, при цьому уступ інтенсивніше збільшується у діаметрі ніж виступ, че-

рез що поковка має конусну форму. Це пояснюється різними ступенями деформації, які утворюються у виступі та уступі. При чому ступінь деформації в уступі збільшується інтенсивніше ніж у виступі. Різниця у ступенях деформації виникає через різницю у товщині стінок виступу та уступу. При ступені деформації виступу 0,25 конусність дорівнює 0,17. Для зменшення конусності при одночасному розкочуванні виступу та уступу найбільш дієвим способом є розкочування заготовки з напуском з боку виступу. В цьому випадку конусність знижується до 0,05. Однак наявність напуску викликає збільшення використаного металу, тому у роботі даний спосіб пропонується застосовувати при поєднанні двох деталей в одній поковці. При розкочуванні заготовки з різницею відносних діаметрів 0,58 утворюється конічна поковка з більшим діаметром з боку виступу. Це виникає через більшу сумарну деформацію виступу через те, що на початковій стадії розкочування при ступені деформації виступу більшому 0,1. При подальшому одночасному розкочуванні виступу та уступу ступінь деформації в уступі менший ніж у виступі.

Експериментальні дослідження були проведені у лабораторних умовах на універсальному пресовому обладнанні з використанням спеціально виготовленого оснащення для розкочування. Для їх проведення використовувалися як свинець так і сталеві заготовки. Для виконання експериментів застосовувалися принципи фізичного моделювання, теорії подоби та метод планування експерименту. Для обробки отриманих результатів експериментальних досліджень та створення регресійної моделі використовувалися методи математичної статистики. За допомогою експериментального дослідження встановлено, що при розкочуванні заготовок зі змінною товщиною стінки східчастим бойком збільшення відносного діаметру уступу призводить до збільшення ступеня деформації уступу, що викликає збільшення діаметру з боку уступу. В свою чергу збільшення відносного діаметру виступу заготовок призводить до збільшення ступеня деформації виступу, що викликає збільшення діаметру отвору з боку виступу. Через це різниця між діаметрами виступу та уступу впливає на зміну конусності під час розкочування. Менша різниця призводить до виникнення більшого діаметру отвору з боку уступу, а більша різниця – до більшого діаметру отвору з боку виступу. Встановлено що, оптимальною є різниця між діаметрами виступу та уступу 0,4 тому, що під час розкочування вона змінюється рівномірно. Важливим є аналіз структури металу який дозволив встановити, що завдяки протягуванню уступу та розкочуванню заготовки зі змінною товщиною стінки східчастим бойком волокна металу повторюють контур виробу, що сприяє підвищенню його механічних властивостей. Насамперед твердість в уступі за новою технологією більша на 4-6 одиниці HRb, ніж за базовою, що складає приблизно 5-7%. Це виникає через подрібнення кристалічної будови під час протягування уступу при отриманні заготовки для розкочування та виникненню більшої деформації в уступі при розкочуванні східчастим бойком. На основі теоретичних та експериментальних досліджень розроблена нова технологія розкочування східчастих обичайок та інструмент для її реалізації. Встановлені основні дефекти, які виникають під час розкочування східчастим бойком, та надано рекомен-

дації, що до їх усунення, які полягають у збільшенні кута нахилу ділянки між виступом та уступом до  $20^{\circ}$ – $30^{\circ}$ . Рекомендації були використані при розробці бойка.

Результати досліджень у вигляді рекомендацій з проектування технологічних процесів кування пустотілих поковок зі зміною товщиною стінки передані для промислового освоєння на ПрАТ «Новокраматорський машинобудівний завод», також вони використовуються в начальному процесі на кафедрах ОМТ та МПФ ДДМА, що підтверджено актами впровадження.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

Серед положень, які представлені в дисертації, науковою новизною відрізняються наступні.

- вперше на основі методу скінчених елементів оцінено напружено-деформований стан пустотілої поковки з фланцем від геометричних параметрів заготовки, ступеня деформації та схем деформування, завдяки чому встановлені раціональні режими досліджуваних процесів розкочування;

- вперше шляхом регресійного аналізу експериментальних даних встановлено залежності для розрахунку розмірів заготовки для розкочування від розмірів поковки, ступеня та схеми деформації, що дозволяє встановити раціональні розміри і форму вихідної заготовки для підвищення точності розмірів і форми кільцевих поковок;

- вперше на основі аналізу результатів теоретичного та експериментального досліджень процесу розкочування визначено характер поетапної зміни НДС 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 дефекту у вигляді 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 кільцевих поковок з фланцем під час розкочування, які відрізняються від існуючих встановленням можливості підвищення рівномірності розподілу деформацій шляхом використання профільованого інструменту для розкочування, що дозволило удосконалити технологічні режими кування шляхом підвищення точності та зниження металоємності виробів.

### **Практична цінність результатів дисертації**

Практична цінність отриманих в роботі результатів складається в наступному.

- запропоновано спосіб розкочування обичайок з фланцем, завдяки якому покращується якість великогабаритних пустотілих поковок внаслідок направленої течії металу та виникнення сприятливої волокнистої структури. На спосіб отримано патент;

- розроблені рекомендації для проектування технологічних карт кування обичайок з фланцем, завдяки яким знижується металоємність поковок на 20...30 % внаслідок виключення напусків;
- розроблено методику проектування технологічного процесу кування, яка дозволяє отримати розміри заготовки перед розкочуванням для отримання конічних або циліндричних поковок;
- розроблена універсальна конструкція профільованого деформуючого інструменту та раціональна його геометрія, яка забезпечує керувану течію металу та дозволяє уникнути появи дефектів.
- запропоновано технологічний процес кування обичайки з фланцем, який передбачає отримання кільцевої заготовки на оправці і її розкочування східчастим бойком.

### **Ідентичність автореферату змісту дисертації**

Зміст автореферату в основному відповідає положенням дисертації.

### **Апробація роботи**

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 НТК. Отримано 4 патенти України на корисну модель.

Основні результати дисертації доповідалися на міжнародних науково-технічних конференціях (МНТК) у містах Краматорськ, Тернопіль, Маріуполь, Харків, Кременчук, Київ, Херсон, а також на щорічних наукових конференціях ДДМА (2015 – 2018 рр.) і об'єднаному науковому семінарі з МПФ ДДМА.

### **Оцінка оформлення автореферату і дисертації**

Автореферат та дисертаційна робота добре оформлені та ілюстровані. Дисертаційна робота написана грамотною технічною мовою чітко і лаконічно. Кількість та якість ілюстрованого матеріалу досить докладно пояснює основний текст роботи. В дисертації є ряд редакційних неточностей, але загальна кількість таких помилок незначна.

### **Зауваження до дисертації**

1. У розділі 2.2 (стр. 83) вказано «Через значний час моделювання встановлення закономірностей зміни розмірів поковки та заготовки було вирішено встановлювати експериментальним шляхом...». Чому не були змінені параметри моделювання, які змогли б пришвидшити розрахунки.

2. На рисунок 2.2 важко встановити масштабний фактор, тому зображень не зрозуміло, яких розмірів інструмент для виконання експериментів.

3. З роботи не зрозуміло, чому використовується відносний ступінь деформації, який враховує зменшення товщини. Чому ступінь деформації не

розраховується в інший спосіб, наприклад через зміну периметрів поздовжнього перерізу?

4. У третьому розділі (стр. 104) вказано, що для моделювання застосовується коефіцієнт тертя по Зібелю 0,7. Не зavelикий?

5. У розділі 3.5 проведений аналіз зміни розмірів виступу на формоутворення. Однак не проведене варіювання розмірів виступу. Один раз змінена довжина один раз – діаметр. Слід було б провести подібне дослідження для більш повної картини формозміни.

6. На рис. 4.3, 4.9, 4.14 графіки залежності ступеня деформації від обтиснення. На мій погляд вони некоректні, тому що відображають залежність відносного ступеня деформації від абсолютного. Тобто деформація залежить від деформації.

7. У розділі 4 в п. 4.2 та 4.3 наведено графіки залежностей відносних діаметрів отвору, конусності, співвідношення діаметрів отвору в залежності від відносного ступеня деформації виступу, а в п. 4.1 від відносного ступеня деформації уступу. Не зрозуміло, як порівнювати ці результати?

8. На рисунках 4.4, 4.10, 4.15 малий шрифт підписів осей.

9. На стр. 162 вказано, що твердість в уступі підвищується в наслідок використання нової технології кування, а виступу залишається не змінною. Виникає питання чи не зростає анізотропія механічних властивостей?

10. На рисунку 4.22 погано видно напрямок макроструктури.

11. На рисунку 5.8, а погано видно неспіввісність.

### Висновок

Зауваження, зроблені при розгляді матеріалів дисертації, не є принциповими, отже не знижують загальної позитивної оцінки роботи. Дисертацію виконано на достатньо високому рівні. Одержані в ній наукові результати вносять значний вклад в підвищення ефективності отримання у машинобудівному виробництві пустотілих поковок зі змінною товщиною стінки способом розкочування ступінчастим інструментом.

Дисертація Косілова Максима Сергійовича, яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук є самостійною завершеною науковою роботою, що розширює технологічні можливості кування та підвищує техніко-економічні показники виробництва, 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, а **Косілов Максим Сергійович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском.**

Офіційний опонент,  
начальник виробництва  
ООО "Квадроінтернешнел",  
кандидат технічних наук



О. В. Василевський