

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри

обробки металів тиском ім. акад. О.П. Чекмарьова

Українського державного університету науки та технологій (м.Дніпро)

Кузьміної Ольги Михайлівни на дисертаційну роботу

Панова Володимира Володимировича

«Удосконалення технологічного процесу розкочування конусних втулок
східчастим бойком»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 13
«Механічна інженерія» за спеціальністю 132 «Матеріалознавство».

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Відмова від російського природного газу та зниження об'ємів його закупівлі Україною та країнами Європейського союзу призвели до істотного збільшення споживання електроенергії промисловістю та побутовими споживачами зазначених держав. Україна сьогодні почала істотно збільшувати продаж електроенергії у Європу. Це дозволяє не тільки заробити додаткові кошти, але й є істотною допомогою стабілізації економічної ситуації в країні і всій Європі в умовах протистояння газовому шантажу агресора. В свою чергу, така ситуація вимагає збільшення виробництва електроенергії, що потребує нарощування потужностей, виготовлення нових атомних енергетичних установок, а також ремонту існуючих реакторів, в яких закінчується терміни експлуатації (Хмельницька та Рівненська АЕС). Більш того, в умовах війни, при захопленні російськими агресорами атомних електростанцій (таких як Чорнобильська та Запорізька), виникла актуальна потреба підвищення міцності корпусів атомних реакторів. Елементи реакторів працюють у надзвичайно складних умовах — при високих температурах і тисках, за постійної дії радіаційної корозії. У такій ситуації підвищення механічних властивостей та довговічності конструктивних деталей є одним із ключових завдань машинобудування. Саме на вирішення цього завдання спрямована дисертаційна робота, яка пропонує нові технологічні рішення для зменшення витрат металу та

енергії під час виготовлення конусних втулок реакторів шляхом удосконалення процесів кування пустотілих заготовок із буртом. Таким чином, обрана тема має не лише наукову, а й стратегічну державну значущість.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, темами, планами

Дослідження органічно вписується у науковий напрям кафедри «Обробка металів тиском» та відповідає загальній стратегії розвитку галузі «Матеріалознавство». Дисертація виконана в межах науково-дослідної роботи 0120U101973 «Розробка та дослідження нового технологічного процесу виготовлення цільно кованих східчастих обичайок реакторних блоків АЕС», яка реалізовувалася впродовж 2020–2022 рр., де здобувач виступав у ролі виконавця на посаді фахівця 3 категорії. Це свідчить про інтеграцію роботи у широкий науковий контекст та про її практичну спрямованість.

3. Наукова новизна одержаних результатів

Суттєвим науковим здобутком дисертації є розробка нової концепції проектування технологічних процесів кування великогабаритних конусних втулок, яка забезпечує раціональне використання металу та формування оптимальної внутрішньої структури.

До переліку найважливіших результатів входять:

- обґрунтування технологічної схеми, що дозволяє зменшити витрати металу та підвищити якість структури виробу;
- встановлення залежностей зміни форми та напружено-деформованого стану втулок при використанні східчастого інструменту, з формуванням рекомендацій щодо параметрів процесу;
- створення математичної моделі формозмінення заготовок, яка враховує ступінь обтискання та спосіб розкочування, що дозволяє точно визначати початкові розміри заготовок;
- виявлення критичних зон, де можливе утворення затиску металу, та визначення оптимальних параметрів інструменту для їх усунення;

- встановлення впливу способу розкочування на механічні характеристики готових виробів.

Ці результати становлять значний внесок у розвиток теорії процесів обробки металів тиском, особливо у сегменті виробництва деталей відповідального призначення для атомної енергетики.

4. Наукове та практичне значення

Наукове значення за роботою мають для науки такі результати.

1. Розроблені основи нової концепції кування великогабаритних конусних втулок. Підхід відрізняється тим, що дає можливість забезпечити зміну напружено-деформованого стану заготовки при розкочуванні, відмінну від кування конусних втулок без буртів, та дозволяє виробляти деталі з високим комплексом механічних властивостей, що має важливе значення з точки зору матеріалознавства. Аналіз характеру течії металу при деформуванні конусної втулки східчастим бойком дозволяє визначити точні початкові геометричні розміри заготовки, що є важливим для подальшого розвитку теорії матеріалознавства. Уточнені закономірності для визначення розмірів поковки залежно від розмірів заготовки дозволяють призначити технологічні режими кування, відмінні від існуючих на даний момент, та є важливими для теорії процесів розкочування конусних раструбів. Встановлені параметри поетапної зміни напружено-деформованого стану конусного раструбу мають важливе значення, оскільки дозволяють передбачати положення та розміри небезпечної з точки зору формування геометрії та структури матеріалу зони та прогнозувати утворення затисків при розкочуванні, що дає розвиток проектуванню нових технологічних процесів кування конусних втулок. Розроблені рекомендації для проектування нового технологічного процесу кування та спеціальний деформуючий інструмент для розкочування конусних кілець дозволяють стабільно отримувати високоякісні конусні втулки реакторів АЕС та становлять інтерес з точки зору матеріалознавства.

Практична цінність дослідження полягає в підвищенні експлуатаційної надійності реакторів за одночасного обґрунтованого зниження ресурсних витрат. Запропонована технологія:

- дозволяє отримувати продукцію з підвищеними міцнісними характеристиками відносно отримуваних за існуючими технологіями на 10–20 %;
- зменшує витрати металу відносно існуючих аналогів на 15–25 %;
- скорочує споживання природного газу при нагріванні багатотонних заготовок на 20–30 %;
- знижує трудомісткість виготовлення на 10–15 %.

Крім того, відмова від надлишкових напусків під механічну обробку сприяє збереженню волокнистої структури металу, що позитивно впливає на його втомлювальну міцність та довговічність.

5. Повнота викладення матеріалу в наукових публікаціях

Наукові результати дисертації повністю відображено у 12 публікаціях, серед яких 9 статей у фахових виданнях України, 1 у закордонному науковому журналі та 2 у виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами. Додатково отримано 2 патенти України на корисну модель, що підкреслює прикладний характер дослідження.

6. Ступінь обґрунтованості наукових положень

Запропонована нова концепція кування великогабаритних конусних кілець, обґрунтована комплексом скінчено-елементних моделювань та експериментальними дослідженнями. Закономірності формування та кількісні параметри напружено-деформованого стану конусної втулки при розкочуванні не були відомі раніше та були встановлені на базі використання достовірного метода скінчених елементів, який з високим ступенем достовірності дозволяє моделювати процеси кування. Параметри поетапної зміни напружено-деформованого стану конусної поковки були перевірені макроструктурними дослідженнями на сталевих зразках. Методики для розробки нового

технологічного процесу та деформуючого інструменту для кування конусних кілець були перевірені у виробничих умовах на ПрАТ «Енергомашспецсталь».

Висновки ґрунтуються на поєднанні теоретичних розрахунків, моделювання методом скінченних елементів та експериментальних досліджень на моделях зі свинцю і сталі. Результати моделювання підтверджено практичними експериментами, а рекомендації перевірено в умовах промислового виробництва, що гарантує їх достовірність і придатність до впровадження.

7. Структура, зміст і оформлення дисертації

Робота має чітко вибудовану структуру, яка включає вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел та додатки. Обсяг становить 190 сторінок. Логічна послідовність викладу забезпечує цілісне уявлення про проблему, методи дослідження, результати та їхнє практичне значення.

Вступ дисертаційної роботи слугує концептуальним підґрунтям усього дослідження. У ньому не лише обґрунтовано актуальність обраної теми, а й показано її органічний зв'язок із сучасними науковими програмами та стратегічними напрямками розвитку галузі. Тут чітко сформульовано мету та конкретизовано завдання, визначено об'єкт і предмет дослідження, а також наведено детальний опис застосованих експериментальних і теоретичних методик. Особливу увагу приділено обґрунтуванню наукової новизни та практичної цінності результатів, окреслено особистий внесок здобувача, підтверджений участю у наукових конференціях, і наведено перелік публікацій із чітким зазначенням авторського вкладу.

Перший розділ окреслює проблематику роботи через ґрунтовний аналіз сучасних технологічних підходів до виготовлення деталей реакторів. В ньому розглянуто не лише загальний стан виробництва великогабаритних втулок і кілець, що є ключовими елементами важкого енергетичного машинобудування, але й виявлено характерні проблеми та специфіку їх виготовлення. Проведено детальний огляд литих заготовок, які застосовуються для кування втулок, проаналізовано їх обмеження з точки зору досягнення необхідної якості

кінцевого виробу. Окремий акцент зроблено на технологіях кування великогабаритних обичайок; підкреслено, що саме вибір способу обробки та конструкції деформуючого інструменту безпосередньо впливає на внутрішню структуру металу і, як наслідок, на його механічні властивості. Завершується розділ визначенням перспективних напрямів розвитку технологій та інструментального оснащення, які стали базою для формування нової концепції кування втулок і кілець.

У другому розділі характеризується побудова методологічної основи теоретичних досліджень гарячого пластичного деформування великогабаритних конусних втулок і кілець з буртом. Автор послідовно обґрунтовує вибір напрямку роботи — розкочування втулок зі ступінчастою поверхнею — і розробляє детальну методику аналізу цього процесу. Важливим етапом стало створення тривимірних скінченно-елементних моделей, які дозволили комплексно відтворити напружено-деформований стан заготовки під час розкочування, враховуючи особливості геометрії й режимів деформації.

У третьому розділі автор зосереджується на вивченні формозмінення та напружено-деформованого стану втулок при використанні ступінчастого бойка. Спочатку моделюється процес одночасного розкочування уступу та виступу, що дозволяє визначити вплив такої схеми на конусність виробу. Подальше дослідження показує ефективність послідовного деформування виступу та уступу для досягнення оптимальної геометрії. Ретельний аналіз варіацій розмірів виступу дав змогу виявити закономірності формування конусності, а порівняння із процесом розкочування без бурта підкреслило перспективність останнього як альтернативного способу обробки.

Четвертий розділ є логічним продовженням теоретичних досліджень, в ньому викладено результати експериментальної перевірки моделювання. Автор розробляє методику дослідження на свинцевих моделях, що дає можливість відтворити процеси розкочування втулок із різною товщиною стінки уступу. Дослідження охоплюють також кування конусних поковок без фланця, результати якого інтегруються у створену математичну модель. Виявлена висока відповідність між даними моделювання та експерименту підтверджує надійність

обраного підходу. Завершується розділ аналізом змін структури металу та розподілу механічних властивостей на сталевих зразках, що є ключовим для оцінки працездатності готових виробів.

П'ятий розділ підсумовує проведену роботу; в ньому містяться методичні рекомендації з розробки технологічного процесу розкочування конусних втулок і проектування процесів їх кування з буртом. Наведено приклад виробничого технологічного процесу та результати випробувань втулки, виготовленої за вдосконаленою технологією, що підтверджують її ефективність і перспективність впровадження.

8. Дискусійні положення та зауваження

Попри високий науковий рівень, у роботі є кілька дискусійних моментів:

- 1) Не наведено вимог технічної документації щодо конусних втулок або посилання на стандарти, за якими вони виготовляються, хоча вони є елементом конструкцій відповідального призначення.
- 2) Не наведено аналіз критеріїв подоби при натурному моделюванні, в тому числі співставності реологічних характеристик використовуваного виду свинцю та сталі, що є важливим з точки зору матеріалознавства.
- 3) В теорії факторного експерименту важливо продемонструвати незалежність обраних вхідних факторів, що не було викладено в явному вигляді.
- 4) Бажано було б в завершальному розділі навести повну технологічну схему виготовлення конусної втулки з позначенням нових елементів пропонованого рішення.
- 5) Не надано діапазон геометричних розмірів розглянутих виробів або їх співвідношень, в яких чинні виявлені закономірності, а також для яких видів матеріалів можна використати рекомендації, зроблені в роботі.
- 6) В тексті наявні граматичні і стилістичні помилки, використовуються різні терміни для визначення одних та тих самих понять.

Ці зауваження мають уточнювальний характер і не зменшують цінності та значущості отриманих результатів.

9. Загальний висновок

Дисертаційна робота Панова Володимира Володимировича «Удосконалення технологічного процесу розкочування конусних втулок східчастим бойком» відповідає вимогам МОН України та Порядку присудження наукового ступеня доктора філософії. Тема дослідження є актуальною, робота виконано на високому науково-технічному рівні, основні положення дисертаційної роботи достатньо обґрунтовані, результати дослідження мають ознаки наукової новизни та практичної значущості. Вважаю, що дисертаційна робота заслуговує на позитивну оцінку, а її автор — на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 «Матеріалознавство».

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри Обробки металів тиском
ім. акад. О.П.Чекмарьова
Українського державного університету
науки і технологій

Кузьміна Ольга Михайлівна

