

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

### **ВІДЗИВ**

**офіційного опонента на дисертаційну роботу Жбанкова  
Ярослава Геннадійовича «Розвиток наукових основ процесів  
гарячого пластичного деформування і удосконалення  
технологій кування крупних поковок», поданої на здобуття  
наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю  
05.03.05 – «Процеси та машини обробки тиском»**

**1. Актуальність теми.** Однією з проблем вітчизняного важкого машинобудування є конкурентоспроможність на зовнішньому та внутрішньому ринках. Для забезпечення високої якості та низької собівартості продукції необхідно впровадження нових ресурсозберігаючих технологій, у тому числі, кування великих поковок на заводах важкого машинобудування України.

Якість кованих виробів в значній мірі визначається способом кування, який впливає на механічні властивості виробу, а також на їхню анізотропію. Крім того часто спосіб кування обумовлює появу невиправних дефектів, що призводять до повернення всієї деталі у піч для переплавки.

Протиріччя підходів до застосування того чи іншого способу кування, нові вимоги до якості виробів, нові прийоми пластичного деформування індукують дослідження нових способів кування та уточнення технологічних параметрів вже існуючих.

Теоретичні дослідження в дисертаційній роботі проведені із застосуванням методу скінченних елементів, який дозволяє прогнозувати з високим ступенем вірогідності параметри напружено-деформованого стану заготовки в процесах кування та штампування. Метод скінчених елементів не дозволяє прогнозувати такий параметр якості кованого виробу як його мікроструктура, крім того він заснований на застосуванні великої кількості експериментальних даних. Розширення можливостей методу скінчених елементів на онові використання нових методів розрахунку є актуальним.

У зв'язку з вищезазначеним, подальший розвиток методів розрахунку і удосконалення технологічних режимів, оснащення і заготовок для кування великих поковок є актуальною науковою проблемою і має важливе науково-практичне та народногосподарське значення для економіки України.

**2. Відповідність планам наукових досліджень.** Результати докторської дисертації Жбанкова Я. Г. спрямовані на вирішення завдань, поставлених у Державній програмі розвитку і реформування гірничо-металургійного комплексу України на період до 2011 року і в Програмі науково-технічного розвитку Донецької області на період до 2020 року (постанова обласної Ради від 22.03.2002 р, номер 3/25-656). Тема дисертаційної роботи відповідає пріоритетному напрямку розвитку науки і техніки "Новітні ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі» та відповідає науковому напрямку «Розвиток ресурсозберігаючих процесів обробки тиском на основі створення нових технологічних способів і методик аналізу закономірностей пластичного деформування» наукової школи кафедри «Обробка металів тиском» (ОМТ) Донбаської державної машинобудівної академії. Робота виконана в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт (НДР), передбачених планами Міністерства освіти і науки України та виконаних на кафедрі ОМТ ДДМА (№ держреєстрації 0106U001619, 0111U000883, 0113U000608, 0115U003123, 0109U002664, 0106U003216, 0111U006174, 0115U004736, 0112U001244), а також в рамках госпдоговірної науково-дослідної роботи з ПАТ «Новокраматорський машинобудівний завод» (договір Х-14-2013, № 0113U004776). Автор був відповідальним виконавцем при виконанні держбюджетної теми №0115U003123.

### **3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації, та їх достовірність.**

Високий ступінь достовірності та обґрунтованості наукових результатів роботи визначається використанням базових фундаментальних залежностей обробки металів тиском для визначення нових методів розрахунку технологічних параметрів процесів кування крупних поковок. Достовірність отриманих результатів забезпечена використанням методів планування експерименту і статистичної обробки даних, сучасної вимірювальної апаратури, а також підтверджена експериментально в лабораторних умовах та в умовах виробництва. Крім того достовірність та обґрунтованість підтверджується всебічною та багаторазовою апробацією дисертації на міжнародних конференціях, наявністю рецензованих міжнародних публікацій в рейтингових виданнях, впровадженням у виробництво результатів досліджень та нових методів розрахунку.

### **4. Наукова новизна отриманих результатів.**

1. Отримав подальший розвиток метод оцінки властивостей металу в процесах гарячого пластичного деформування з високою частотою деформування, який враховує ефект відновлення пластичності металу в технологічних паузах, що дозволило розробити раціональні режими кування поковок типу дисків і валів, які забезпечують підвищену пластичність заготовки.

2. Удосконалено аналітичну залежність, що описує зміну напруги течії металу під впливом температури і швидкості деформування, заснована на використанні та узагальненні стандартних механічних характеристик металу.

3. Вперше для кування за новими схемами деформування з керованим плином металу на основі моделей оцінки еволюції мікроструктури металу при гарячій пластичній деформації отримано залежності розподілу величини зерна в об'ємі заготовки, що дозволили встановити раціональні режими кування які забезпечили підвищення рівномірності розподілу механічних властивостей крупних поковок типу валів і дисків.

4. Вперше для процесів протягування довгомірних поковок похилими та ступінчастими асиметричними бойками на основі методу скінченних елементів встановлено закономірності зміни компонент зсувних деформацій, які інтенсифікують проробку литого металу, що дозволило встановити раціональні форму і розміри ковальського інструменту.

5. Вперше на основі результатів теоретичних досліджень процесів кування валів встановлені залежності параметрів напружено-деформованого стану заготовки від форми і градієнта температурного поля, а також його розташування по відношенню до деформуючого інструменту, що дозволило запропонувати механізм управління деформаційним полем поковки і розробити раціональні режими деформування.

6. Отримали подальший розвиток уявлення про вплив термомеханічного режиму деформування заготовок з карбідних малопластичних сплавів на пластичність металу, які полягають у встановлених залежностях пластичності металу від технологічних режимів обробки, особливістю яких є нагрівання і витримка заготовки при температурі яка перевищує верхню межу температурного інтервалу кування та диференційоване кування з паузами.

7. Вперше на основі теоретичних та експериментальних досліджень отримані аналітичні залежності які описують формоутворення заготовки та враховують її вихідну форму, температурне поле, форму інструмента та кінематику його руху в процесах осадження, що дозволило розробити раціональні режими кування поковок типу дисків з мінімальною величиною відхилень форми та нерівномірності розподілу деформацій.

8. Отримали подальший розвиток закономірності формозміни заготовки в процесах кування порожнистих поковок типу труб і профільованих кілець, що дозволило запропонувати механізм перерозподілу металу заготовки в заданих напрямках за рахунок узгодження режимів обтиснень і подач інструменту, а також варіювання параметрів температурного поля, для підвищення точності і розширення номенклатури одержуваних виробів.

**5. Практична цінність роботи.** У роботі отримані основні практичні результати:

- розроблені класифікації процесів кування поковок типу валів, плит, дисків, кілець і труб, отримані на основі застосування методу морфологічних карт;

- методики моделювання процесів гарячого пластичного деформування, що дозволяють найбільш повно досліджувати процеси кування великих поковок з урахуванням таких фізичних процесів в металі як еволюція розмірів зерна і відновлення пластичності;

- нові способи кування поковок типу валів і плит, засновані на застосуванні спеціальних форм інструменту, кінематичного і температурного факторів;

- нові способи кування поковок дисків, засновані на застосуванні нових форм інструменту, механічного режиму і температурного стану заготовки, що дозволяють мінімізувати нерівномірність розподілу деформацій в заготовці, підвищити точність одержуваних виробів і розширити їх номенклатуру;

- методики проектування технологічних процесів кування поковок труб і кілець;

- алгоритм проектування технологічних процесів кування крупних поковок основних типів, заснований на застосуванні нових методів розрахунку процесів гарячого пластичного деформування;

- розроблено, апробовано та впроваджено нові технологічні процеси кування великих валів, кілець і дисків, які дозволяють підвищити якість поковок, знизити кількість браку і зменшити їх собівартість за рахунок зменшення кількості переходів кування, нагрівань і часу підготовки виробництва.

## **6. Повнота викладення результатів в опублікованих працях.**

Матеріали дисертаційної роботи опубліковані в 85 роботах, з них 7 статей в міжнародних наукових журналах, що входять в міжнародну базу даних Scopus і мають імпакт-фактор більш 1.0, 64 статей в збірниках наукових праць

з них 20 стаття в зарубіжних виданнях, 26 статей в фахових виданнях України, 18 тез за матеріалами МНТК. Також матеріали опубліковано в 1 навчальному посібнику з грифом МОН України та 1 колективній монографії. Нові технічні рішення захищені 19 патентами України. Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Проведено апробацію та обговорення результатів досліджень на більш ніж 30-ти конференціях та семінарах.

### **7. Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому.**

Робота складається з введення, восьми розділів, висновку, що містить основні результати і висновки, списку літератури і додатків. Об'єм роботи без додатків, бібліографії, малюнків і таблиць складає 282 сторінки, робота містить 53 таблиці, 307 рисунків, і 357 джерел літератури; загальний об'єм роботи – 594 сторінки.

У **вступі** сформована проблема дослідження, обґрунтована її актуальність, визначена мета роботи і круг вирішених завдань, вказана її практична цінність і наукова новизна. Розглянуті питання предмету, методології і методів ведення досліджень.

**Перший розділ** присвячений аналізу стану питання в процесах кування валів, плит, дисків, труб та кілець.

Проведений аналіз відомих способів кування основних типів поковок. Виділені основні фактори що впливають на параметри напружено-деформованого стану заготовки в процесах кування. Встановлено, що до таких факторів можна віднести фактор форми (форма інструменту та заготовки), кінематичний фактор (механічний режим кування та кінематика руху інструменту) та температурний фактор.

В розділі розглянуто питання впливу гарячої пластичної деформації та виду термічної обробки на мікроструктуру металів і сплавів та їх механічні властивості. Виділені основні групи матеріалів для яких деформація є вирішальною при формуванні структури та механічних властивостей.

Розглянуту основні методи розрахунку процесів гарячого пластичного деформування, та встановлені основні проблеми проектування процесів кування крупних поковок.

У **другому розділі** проведений вибір напрямків та методів дослідження процесів кування крупних поковок. На основі методу морфологічних карт проведено розширення області досліджень, розроблені класифікації процесів кування заготовок типу валів, дисків, плит, кілець та труб.

Наведена методика проведення теоретичних та експериментальних досліджень.

**Третій розділ** присвячений розробці та розвитку методів розрахунку процесів гарячого пластичного деформування. Зокрема розроблений метод розрахунку технологічної пластичності металу з урахуванням її відновлення під час технологічної паузи. Метод дозволяє розраховувати складні багатостадійні технологічні процеси кування крупних поковок та встановлювати раціональні режими деформування, які б дали змогу підвищити технологічну пластичність заготовки.

Вдосконалено метод побудови кривих течії металу за стандартними характеристиками такими як межа міцності та межа текучості. Цей метод дозволяє за обмеженою кількістю експериментальних (довідкових) даних отримувати криві течії металу в широкому швидкісному діапазоні.

Запропоновано для встановлення раціональних параметрів процесів кування крупних поковок використовувати метод розрахунку еволюції мікроструктури металу. За допомогою цього методу та запропонованого алгоритму можливо встановлювати раціональні режими кування які б надали змогу отримувати вироби з прогнозованим рівнем розміру зерна.

У **четвертому розділі** проведено дослідження можливості керування параметрами напружено-деформованого стану заготовки в процесах кування протягуванням за рахунок видозмінення форми інструменту. Підтверджено, що асиметрія форми інструменту дозволяє в значній мірі інтенсифікувати деформації зсуву в заготовці. Деформації такого характеру підвищують якість

кінцевого виробу за рахунок більш інтенсивної проробки структури литого металу. Розглянуто також схему кування ступінчастими в поперечному перерізі бойками. Встановлено, що ця схема має певні переваги перед бойками розглянутими вище. Тут майже відсутні горизонтальні сили що діють зі сторони заготовки на інструмент та на колони пресу. Крім того кування в ступінчастих бойках дозволяє отримати вироби із підвищеним ступенем проробки в центральній частині.

Крім того в розділі проведено дослідження кування поковок типу плит плоскими бойками з робочою кромкою в вигляді скосу. На сонові теоретичних та експериментальних досліджень встановлені раціональні параметри процесу кування плит.

У **п'ятому розділі** проведено дослідження керування напружено-деформованим станом заготовки в процесах протягування за рахунок температурного поля та кінематики процесу деформування.

**Шостий розділ** присвячений дослідженню процесів кування поковок типу дисків. В цьому розділі досліджено вплив форми інструменту та заготовки, механіки деформування і температурного поля заготовки на формування параметрів її напружено-деформованого стану в процесі кування.

В розділі проведено дослідження впливу температурного поля на процес осадження заготовки плоскими плитами. Досліджено процеси осадження заготовки з неоднорідним симетричним та несиметричним температурним полем. Встановлені режими кування які дозволяють отримувати заготовки високої якості та точності.

У **сьомому розділі** проведено дослідження процесів кування порожнистих поковок типу кілець та труб. Проведено дослідження процесів кування порожнистих виробів з безприбуткових злитків.

Проведено дослідження розкочування звичайним ковальським інструментом заготовки з нерівномірним температурним полем. Показана можливість отримання поковок складних форм за рахунок керування температурним полем заготовки.



**Восьмий розділ** присвячений розробці технологічних рекомендацій та удосконаленню технологій кування на основі нових способів гарячого деформування. Розроблена методика проектування технологічних процесів кування крупних поковок типу валів, плит, дисків, кілець та труб. На основі переставної методики розроблені технологічні процеси кування крупних поковок типу диск, ротор та кільце. В розділі наведені нові способи кування які були запропоновані в ході виконання роботи та деякі приклади промислового впровадження результатів дисертаційної роботи.

Наприкінці роботи наведено **висновки**, в яких відмічені основні результати досліджень з обґрунтуванням рекомендацій з практичного використання результатів.

**Список використаних джерел** з 357 джерел є інформативним та достатньо повно охоплює предметну галузь, відображає опрацювання здобувачем значної кількості сучасних іноземних джерел.

У **додатки** винесені відомості, які дозволяють на прикладах оцінити результати роботи та її впровадження, результати випробувань технологічних проб та ін.

В цілому викладення отриманих наукових і практичних результатів є послідовним, логічним та обґрунтованим, експериментальна частина не суперечить теоретичній, а дисертаційне дослідження має завершений характер. Вміст автореферату достатньо повно розкриває основні положення дисертації та відповідає вимогам до оформлення.

## **8. Зауваження по змісту і оформленню дисертації.**

1. Стр. 131, підпункт «Определение реологии исследуемого материала». Поліноми для визначення реологічних характеристик металу, що знаходяться на стор. 135 і 136, мають не дуже чіткий опис складових, а також не мають нумерації. Бажано було б обґрунтувати саме таку кількість складових та пояснити фізичний сенс кожної з них.

2. У параграфі 3.1 (стор. 138) бажано було б навести також більш детальну доказову базу, визначення параметрів відновлення властивостей

металу після гарячої деформації. У цьому ж параграфі є неточності у нумерації рисунків.

3. У поясненнях до табл. 3.1 бажано було б надати розмежування груп сталей, а також зазначити, що для різних сталей однакові значення коефіцієнту пропорційності можуть бути досягнуті при різних температурах.

4. У пункті 3.3.3 бажано було б надати відомості про величини подачі металу у зоні деформації, а також про деформацію за одне обтиснення бойком.

5. На рис. 4.18 бракує відомостей про оптичне збільшення. Також у тексті бажано було б дати кількісну оцінку структур, наведених на цьому рисунку.

6. В роботі йде мова про величину перекриття під час кування ступінчастими бойками, яка виражається в абсолютних величинах (0...300 мм). Доцільним було б перейти до оцінки впливу цього параметра у відносних (до розмірів заготовки) величинах.

7. Бажано було б надати класифікацію дефектів поковок, уникнення яких є ціллю досліджень у роботі.

8. У пункті 5.1.2 не дуже зрозумілим є вибір однакових значень коефіцієнту теплопередачі ( $5 \text{ Вт/м}^2\text{°C}$ ) для різних температурних умов контакту металу і інструменту.

9. Практичний досвід говорить про велику небезпеку виникнення дефекту типу «розшарування» при куванні заготовок зі значною температурною нерівномірністю зворотного типу (коли поверхня гарячіше за центр).

10. Під час розробки питання кування труб й кілець бажано було б надати рекомендації стосовно зниження їхньої різностінності, яка є наслідком як нерівномірного температурного поля, так і режимів кування.

**9. Висновок.** На підставі аналізу дисертаційної роботи Я. Г. Жбанкова «Розвиток наукових основ процесів гарячого пластичного деформування і удосконалення технологій кування крупних поковок» і опублікованих праць автора вважаю, що в дисертації з достатньою повнотою обґрунтовано і вирішено актуальну науково-технічну проблему створення та розвитку нових методів розрахунку та науково-обґрунтованих рекомендацій з розробки нових технологічних процесів кування крупних поковок. 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.

За своєю актуальністю, ступенем достовірності та обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, новизною, практичним значенням, повнотою викладу в опублікованих працях дисертаційна робота відповідає вимогам до докторських дисертацій.

Зважаючи на відповідність дисертації вимогам п.п. 9 та 10 «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 Жбанков Ярослав Геннадійович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском.

Офіційний опонент

д. т. н., проф.,

завідувач кафедри обробки металів  
тиском Національної металургійної  
академії України

Я. В. Фролов

Підпис проф. Фролова Я. В.  
*засвідчую*

Начальник відділу кадрів



В. С. Шифрін