

# **ВІДГУК**

## **офіційного опонента**

на дисертацію **Жбанкова Ярослава Геннадійовича**

"Розвиток наукових основ процесів гарячого пластичного деформування і удосконалення технологій кування крупних поковок", представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – «Процеси та машини обробки тиском»

Детальний аналіз дисертації Жбанкова Я.Г. «Розвиток наукових основ процесів гарячого пластичного деформування і удосконалення технологій кування крупних поковок» дозволяє сформулювати наступні узагальнені висновки щодо актуальності, ступеня обґрунтованості основних наукових положень, висновків і рекомендацій, достовірності, наукової новизни, практичного значення, завершеності, а також загальної оцінки роботи.

### **1. Актуальність теми дисертаційної роботи**

Дисертація присвячена розробці та розвитку нових методів розрахунку процесів гарячого пластичного деформування і удосконалення на їх основі технологій кування крупно габаритних виробів типу валів, плит, дисків, кілець та труб.

Сучасний стан технології кування крупних поковок дозволяє отримувати вироби будь яких типів з високою якістю. Однак досягнення високої якості в більшості випадків супроводжується суттєвим збільшенням матеріальних та часових витрат. Так, при наявності в літературі великої кількості рекомендацій по здійсненню технологій кування, які дуже часто протилежні одна до одного, в умовах виробництва доводиться оптимальне рішення знаходити дослідним шляхом. Такий підхід веде до зростання кількості браку та до збільшення собівартості виробів. Це приводить до втрати конкурентоспроможності вітчизняної продукції на світовому ринку.

Відсутність науково обґрунтованих методик розробки технологічних процесів, які б опирались на використання сучасних методів розрахунку, є однією з причин проблем вітчизняного виробництва. Існуючі методи

розрахунку не дають змогу в повній мірі врахувати всі фізичні процеси, що притікають під час гарячого пластичного деформування, та засновані на використанні великої кількості експериментальних даних, що також обмежує їх використання.

Таким чином дисертаційна робота Жбанкова Я.Г., що спрямована на удосконалення технологій кування та розвиток наукових основ процесів гарячого деформування, є актуальною та своєчасною.

## **2. Наукова новизна одержаних результатів.**

Оцінюючи найважливіші здобутки дисертаційного дослідження, варто вказати на наступні результати, що мають вагому наукову новизну:

1. Подальший розвиток отримав метод оцінки пластичності металу в багатостадійних процесах деформування, який дає змогу врахувати відновлення пластичності металу під час паузи, що дозволило розробити раціональні режими кування дисків та валів.

2. Подальший розвиток отримав метод розрахунку напруження течії металу в залежності від температури та швидкості деформації на основі використання та узагальнення стандартних механічних характеристик металу.

3. Вперше на основі використання методу розрахунку еволюції мікроструктури металу в процесах гарячого пластичного деформування отримані залежності розподілу величини зерна в об'ємі заготовки при куванні за новими схемами деформування.

4. Вперше на основі теоретичних та експериментальних досліджень встановлено закономірності зміни компонент деформацій зсуву в об'ємі заготовки при куванні валів асиметричними похилими та ступінчастими бойками, що дозволило встановити раціональні параметри механічного режиму та геометрії інструменту.

5. Вперше на основі теоретичних досліджень встановлені закономірності розподілу компонент деформацій та напружень в об'ємі

заготовки у залежності від форми і градієнту температурного поля та його розташування відносно ковальського інструменту.

6. На основі теоретичних та експериментальних досліджень подальший розвиток отримали уявлення про вплив температурного та механічного режимів деформування заготовок з карбідної сталі X12МФ, які дозволили встановити раціональні режиму деформування, що забезпечують максимальну технологічну пластичність металу.

7. Вперше на основі теоретичних та експериментальних досліджень отримані залежності, які описують параметри деформаційного стану 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.

8. Подальший розвиток отримали закономірності, які описують формозміну заготовки в процесах кування труб і профільованих кілець, що дозволили запропонувати механізм перерозподілу металу заготовки в заданих напрямках за рахунок узгодження режимів обтиснень і подач інструменту, а також варіювання параметрів температурного поля.

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

Наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, є достовірними, обґрунтованими і підтвердженими практичною реалізацією. Обґрунтованість і достовірність результатів підтверджується значним обсягом експериментальних досліджень, використанням сучасних методів, застосуванням статистико-математичної обробки даних.

Порядок викладення матеріалу у дисертаційній роботі відображає логіку проведення наукового дослідження.

Рішення поставлених завдань в розділах виконано на високому науковому рівні із застосуванням сучасного інструментарію досліджень.

Точність аналітичних залежностей, отриманих в ході теоретичних досліджень, підтверджується прийнятним збігом з дослідними даними. Результати комп'ютерного моделювання з використанням методу скінченних елементів підтверджені натурними експериментами. Результати експериментальних досліджень підтверджуються вживанням сучасних засобів вимірів і методів статистичної обробки.

Організація дисертаційного дослідження дозволила втілити можливість практичного застосування основних теоретичних положень, отриманих за допомогою грамотного використання сучасних математичних методів.

#### **4. Оцінка змісту та завершеності дисертації.**

У **вступі** обґрунтовано актуальність проблеми, науково коректно сформульовано мету, яка корелює з темою, та конкретизується у завданнях, окреслено об'єкт, предмет роботи та систему використаних в роботі дослідницьких методів, відображено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

В **першому розділі** проведено аналіз стану питання в процесах кування крупних поковок та теоретичних методів їх дослідження. На основі літературного аналізу виділені основні фактори, що впливають на параметри напружено-деформованого стану (НДС) заготовки в процесах кування. Встановлено вплив гарячої пластичної деформації та термічної обробки металів та сплавів на їх структуру та механічні властивості.

В розділі розкриті основні проблеми сучасного проектування технологічних процесів кування крупних поковок основних типів.

В **другому розділі** проведена розробка класифікацій схем кування поковок типу валів, плит, дисків, кілець та труб. Класифікація зроблена на основі використання методу морфологічних карт за признаками, які встановлені в першому розділі, а саме за формою інструменту, заготовки, кінематикою деформування та температурним полем заготовки.

Встановлені основні напрями досліджень та вибрані методи розрахунків процесів кування. В розділі розроблені методики теоретичних та експериментальних досліджень.

**Третій розділ** присвячений розробці та розвитку методів розрахунку процесів пластичного деформування. Зокрема розроблений метод розрахунку технологічної пластичності металу в процесі ізотермічного деформування при підвищених температурах, який дозволяє враховувати вплив технологічної паузи. На основі використання цього методу проведений аналіз процесу багатостадійного осадження заготовки зі сталі У7. Встановлено механічний режим осадження, який дозволяє максимально підвищити ступінь деформації заготовки без її можливого руйнування.

В розділі розвинуто метод побудови кривих течії металу, який дозволяє за обмеженою кількістю експериментальних даних у вигляді межі міцності та межі текучості, прогнозувати механічні властивості металу в широкому діапазоні швидкостей деформацій та температур. Метод застосований для встановлення граничних умов у вигляді кривих течії металу при моделюванні процесів кування програмними пакетами Deform 3D, Q-Form 2D/3D. Наведені рекомендації з використання методу розрахунку еволюції мікроструктури металу в процесах кування крупних поковок. Проведений аналіз формування структури в об'ємі заготовки при куванні осадженням та протягуванням.

**Четвертий розділ** присвячений дослідженню процесів кування довгомірних виробів протягуванням. Встановлено вплив форми інструменту та заготовки на формування параметрів НДС матеріалу заготовки. Проведені дослідження процесів протягування інструментом асиметричної форми: плоскими скошеними, комбінованими, вирізними асиметричними та ступінчастими бойками.

Встановлено вплив форми та розмірів інструменту на НДС заготовки. Зроблено висновки щодо раціональності використання ступінчастих бойків для кування поковок типу валів з профільованих на прямокутну форму

поперечного перетину заготовок. Такі бойки дозволяють підвищити рівень проробки центральної дефектної зони злитка та мінімізувати горизонтальні сили, що діють на колони пресу.

**В п'ятому розділі** проведено дослідження впливу температурного поля та кінематики деформування заготовки в процесах кування довгомірних виробів на їх якість. Проведено дослідження процесів кування плоскими, комбінованими та вирізними бойками циліндричних заготовок з нерівномірним симетричним температурним полем. Встановлені залежності, що описують вплив градієнту температур заготовки на її деформаційне поле в процесі протяжки. Розроблені раціональні режими кування традиційним інструментом, які дозволяють отримувати заготовки з керованою мінімальною нерівномірністю розподілу деформацій.

Проведено дослідження впливу форми температурного поля на параметри НДС заготовки. Зокрема досліджено процес протяжки плоскими бойками заготовки з нерівномірним температурним полем у вигляді двох низькотемпературних зон та різних їх розташувань по відношенню до інструменту. Встановлені залежності, які описують вплив розташування температурного поля по відношенню до деформуючого інструменту на деформований стан заготовки.

Досліджено вплив кінематики та механічного режиму деформування на НДС заготовки. Встановлені механічні режими кування, які дозволяють керувати деформаційним полем заготовки та підвищити її якість і точність.

**В шостому розділі** проведено дослідження процесів кування дисків. Встановлено вплив форми інструменту та заготовки на формування її якості. Так, використання несиметричних кілець для осадження злитку дозволяє отримувати поковки типу ексцентриків. Отримано залежності, що описують вплив форми плит на формозміну заготовки при куванні ексцентриків.

Встановлено також вплив форми заготовки на її формозміну, зокрема досліджено процес осадження ступінчастої заготовки з конічними уступами.

Виявлено можливість значного зменшення зон ускладнених деформацій у поковці диск при куванні запропонованим способом.

Проведено дослідження впливу кінематики деформування заготовки на параметри її якості. Досліджено процеси осадження протягуванням та отримані залежності, які описують параметри формозміни заготовки та параметри деформаційного стану в процесах кування дисків. Розроблені режими кування, які дозволяють підвищити точність та якість виробів.

Встановлено, що температурне поле має значний вплив на формозміну заготовки в процесах кування дисків осадженням. Отримані рекомендації по осадженню заготовки з нерівномірним температурним полем традиційним інструментом, які дозволяють підвищити точність поковки.

**Сьомий розділ** присвячений дослідженню процесів кування порожнистих виробів типу труб та кілець. Встановлено вплив форми інструменту, кінематики деформування та температурного поля заготовки на технологічні параметри процесів кування порожнистих поковок. Розглянуто процеси кування труб з безприбуткових злитків. Встановлені форми та розміри плит для осадження безприбуткових злитків, які забезпечують максимальне видалення неякісного металу злитка з дефектами металургійного походження. Надані рекомендації по механічному режиму кування труб зі злитків з малою прибутковою частиною, які забезпечують підвищення використання металу.

Досліджено процес кування труб прошиванням, встановлені схема, розміри та кінематика деформування заготовки, що забезпечують максимальну технологічність процесу.

Отримані залежності, що описують вплив градієнту температур в заготовці на її формозміну. Встановлена можливість суттєвого керування точністю та якістю виробу температурним полем заготовки.

**Восьмий розділ** містить результати використання досліджень, описаних в дисертації. Наведена методика проектування технологічних процесів основних типів поковок, яка базується на використанні наданих

рекомендацій та запропонованих нових методів. Розроблено технологічні процеси кування поковок ротор, диск та кільце. Наведені технологічні рекомендації та проведений огляд результатів їх впровадження у виробництво.

Завершується робота досить розгорнутими висновками, що впливають зі змісту роботи, є логічними, слугують віддзеркаленням основних результатів дисертаційної роботи.

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.

### **5. Практична цінність дисертаційної роботи.**

1. Створені класифікації процесів кування поковок типу валів, плит, дисків, кільць та труб, що отримані на основі використання методу морфологічних карт та літературного аналізу стану питання.

2. Розроблені нові способи кування основних типів поковок, що дозволило значно підвищити точність та якість виробів, отриманих куванням зі злитків.

3. Отримані методики моделювання процесів гарячого пластичного деформування куванням, що дозволяють найбільш повно досліджувати процеси кування великих поковок з урахуванням таких фізичних процесів в металі, як зміна розміру зерна та відновлення пластичності.

4. Розроблена методика побудови кривих течії металу за довідковими характеристиками у вигляді межі міцності та межі текучості, яка дозволила значно зменшити залежність сучасних програмних комплексів для аналізу процесів пластичного деформування від експериментальних даних.

5. Розроблені нові способи кування та схеми інструменту для виготовлення довгомірних поковок типу валів та плит, а також рекомендації по призначенню геометричних параметрів інструменту і температурно-швидкісних умов деформування заготовок.



6. Розроблені нові способи кування поковок дисків та рекомендації з призначення технологічних параметрів, які дозволяють отримувати вироби високої якості та підвищеної точності.

7. Запропоновані методики проектування технологічних процесів кування поковок труб і кілець, а також рекомендації по призначенню геометричних параметрів інструменту та заготовки і температурно-швидкісного режиму деформування протягуванням на оправці і розкочуванням на дорні.

8. Розроблено, апробовано та впроваджено нові технологічні процеси кування великих валів, кілець і дисків, що дозволяє 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, 64 статей в збірниках наукових праць з них 20 статей 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.

Результати дисертаційної роботи доповідалися на більш ніж 20 міжнародних науково-технічних конференціях та семінарах.

Основні положення дисертації отримані дисертантом особисто, знайшли відображення в публікаціях автора, у тому числі в монографії і посібнику, а також були повідомлені на науково-практичних конференціях.

#### **7. Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації.**

Ознайомлення з текстом автореферату дисертації дає підстави стверджувати, що за структурою та змістом він відповідає вимогам, що

ставляться МОН України. У тексті автореферату відображено основні положення, зміст, результати і висновки здійсненого Жбанковим Я.Г. дисертаційного дослідження. Зміст автореферату і основних положень дисертації є ідентичними.

### **8. Дискусійні положення, зауваження та побажання**

1. При класифікації факторів впливу на процес кування на стор. 27, 28 і в подальшому автором виділяється «Кінематичний фактор» і «Механічний режим». Разом з тим, механіка, це наука про рух і напружено-деформований стан об'єктів. Тому не зрозуміла обґрунтованість відзначеного поділу, оскільки кінематика беззаперечно впливає на форму і напружено-деформований стан заготовки.

2. У висновку 2 (стор. 94) автор відзначає, що встановлені параметри, на які впливає НДС заготовки в процесі кування. Проте в розділі досліджується вплив на механічні характеристики матеріалів не НДС, а лише його складової – деформованого стану.

3. При перевірці достовірності формули (3.9) автор результати пластичності при монотонному ізотермічному розтягу використовує у якості пластичності матеріалу при осаджуванні. Тому твердження, що дробове деформування дає можливість збільшити ступінь осаджування з 0,63 до 0,75, яке ґрунтується на основі використання пластичності при розтягу, не є цілком обґрунтованим.

4. На стор. 146 автор відзначає, що ступінь осаджування можна збільшити, якщо зменшити дробність деформацій (очевидно навпаки, деформацію слід зробити більш подрібненою). Проте при дробовому деформуванні у паузах відбувається і зниження характеристик міцності матеріалу. Тому не зрозуміло, чому при одно етапному розтягу границя міцності сталі У7 становить 14 МПа (рис. 3.6), а при дробовому – 20 МПа (рис. 3.7).

5. На стор. 235 автор стверджує, що для точки P1 показник жорсткості схеми напруженого стану має більші значення, ніж для точки P2, хоча відповідно до рис. 4.47 більш жорсткий напружений стан характерний для точки P2.

6. На рис 4.47, 4.50 представлена діаграма пластичності сталі 38ХНМ. Сумнів викликає достовірність цієї діаграми, оскільки в роботі не висвітлено, як визначалася пластичність при деформаціях стиску, зсуву, розтягу при дотриманні постійних значень показника напруженого стану з дотриманням температури 1100<sup>0</sup>С і однакових швидкісних параметрів.

7. На рис. 5.23 приведені залежності числа закручувань зразків зі сталі Х12МФ до руйнування від температури і швидкості деформації. У той же час в роботі автор пластичність оцінює показником інтенсивності логарифмічних деформацій. Тому доцільно було б на рис. 5.23 показник числа закручувань перевести в інтенсивність логарифмічних деформацій в зоні руйнування (з урахуванням довжини зразка і нерівномірності розподілу по ньому деформації).

8. На стор. 348 автор відзначає «Из рис. 6.22 видно, что при внедрении в заготовку бойка относительной ширины  $X=0,4$  очаг деформации имеет значительные размеры, высота его равна практически половине высоты заготовки». Очевидно, що автору слід було кількісно ув'язати висоту деформованої зони саме з шириною бойка, що дозволило б надавати більш обґрунтовані і універсальні рекомендації, не прив'язуючись до конкретних відношень H/D.

9. На стор. 356 автор стверджує, що «Анализ рис. 6.29 позволяет заключить, что теоретически полученная зависимость...». Разом з тим, на стор. 353 мова йде про рівняння регресії, отримане за результатами імітаційного моделювання процесу.

10. У роботі зустрічається ряд неточностей: у формулі (1.1) деякі величини мають інші індекси, ніж у поясненнях до формули; на рис 4.22 говориться про логарифмічну деформацію зсуву; стор. 263 – показник

жорсткості схеми напруженого стану в точці А досягає значень  $-1,5...-2,7$  МПа (проте ця величина є безрозмірною).

### 9. Загальний висновок

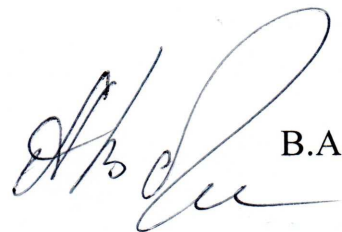
Дисертаційна робота на тему «Розвиток наукових основ процесів гарячого пластичного деформування і удосконалення технологій кування крупних поковок» є завершеною, самостійно підготовленою науковою працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані та практично цінні результати, що розв'язують важливу науково-прикладну проблему розвитку методів розрахунку та удосконалення технологій кування крупних поковок.

Вище зазначені зауваження не носять принципового характеру і не знижують значимість наукових результатів дисертації.

Актуальність дисертації, ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, новизна та повнота викладу в опублікованих працях повністю відповідають вимогам до докторських дисертацій.

Вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам п. 9 та п. 10 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, що висуваються до докторських дисертацій, а здобувач Жбанков Ярослав Геннадійович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском.

Офіційний опонент  
Завідувач кафедри «Електротехнічні системи, технології та автоматизація в АПК», Вінницького національного аграрного університету, д.т.н., проф.



В.А. Матвійчук

Підпис засвідчую

Начальник відділу кадрів



*Н.Т. Вітер*