

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Грибкова Едуарда Петровича

«Розвиток наукових основ і удосконалення обладнання та технологій деформування довгомірних металопорошкових виробів в оболонці»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

за спеціальністю 05.03.05 – «Процеси та машини обробки тиском»

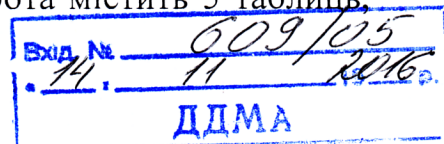
Ознайомившись з дисертацією, авторефератом та роботами, опублікованими по темі дисертації, офіційний опонент відзначає.

Актуальність теми

Використання порошкових матеріалів в металургійному і зварювальному виробництві дозволяє знизити собівартість продукції, підвищити її якість та у ряді випадків отримати унікальні властивості. Виробництво композиційних матеріалів з використанням порошкового сердечника такими безперервними процесами як прокатка та волочіння, має ряд переваг, високу продуктивність і широко застосовується при виробництві порошкових електродів. Прокатка порошкових стрічок достатньо повно вивчена в роботах вітчизняних та зарубіжних вчених. Однак вплив параметрів оболонки на протікання процесу пластичної деформації порошкового матеріалу на даний час досліджений недостатньо повно і носить емпіричний характер. Те ж саме відноситься до волочіння порошкового дроту. Теоретичне дослідження процесу плющення зовсім відсутнє для порошкових стрічок, а існуючі технології виготовлення такого виду продукції засновані на аналізі дослідних даних. Тому подальший розвиток наукових основ процесів виробництва довгомірних порошкових виробів з урахуванням впливу оболонки є актуальним.

Структура, об'єм, зміст і завершеність дисертаційної роботи

Дисертаційна робота містить вступ, сім розділів, висновки, список використаної літератури та додатки. Основний зміст роботи без додатків, бібліографії, рисунків і таблиць складає 262 сторінки, робота містить 5 таблиць.



168 рисунків і 306 літературних джерел. Загальний об'єм роботи складає 394 сторінки.

У вступі наведено постановку наукової проблеми, надано обґрунтування актуальності дослідження, визначено мету і завдання роботи, вказано практичну цінність, наукову новизну та предмет, методологію і методи досліджень.

У першому розділі проведено аналіз стану питання в області виробництва довгомірних металопорошкових виробів в оболонці. Освітлено конструкції і області застосування таких виробів, наведені технології їх виробництва і конструктивні особливості устаткування. Детально проаналізовано теоретичні методи розрахунку процесів деформації порошкових матеріалів, наведені основні залежності, які були використані вітчизняними і зарубіжними вченими при моделюванні процесів прокатки порошків. Вказані переваги і недоліки даних методів, зроблений критичний аналіз кожної з них. У підсумковій частині розділу зазначено, що стосовно до процесів виробництва порошкових стрічок і дроту в існуючих методах розрахунків є загальний недолік, що полягає у відсутності урахування впливу форми і матеріалу оболонки на напружено-деформований стан в осередку деформації, що робить актуальним розвиток наукових основ процесів виробництва довгомірних порошкових виробів в оболонці.

В другому розділі виконано вибір напрямків і методів дослідження процесів виготовлення довгомірних металопорошкових виробів в оболонці.

В основу було покладено метод кінцевих різниць, який дозволяє при достатній точності розрахунку вирішувати задачі оптимізаційного плану. З метою перевірки правомірності прийнятих припущень в роботі також було використане метод кінцевих елементів, що дозволяє розглядати задачі, які вирішуються в тривимірній площині. Для оцінки впливу варіацій технологічних і конструктивних параметрів обладнання було обрано імітаційні моделі, засновані на методі Монте-Карло. Адекватність теоретичних моделей була

перевірена на основі експериментальних досліджень. У розділі дано опис методики проведення експерименту і обладнання, що використовувалось.

В третьому розділі наведена адаптація еліптичної умови пластичності для пористих матеріалів у випадку прокатки та волочіння порошкових матеріалів, яка була використана при моделюванні процесів, що досліджувались.

У четвертому розділі наведені математичні моделі процесів прокатки порошкових матеріалів в металевій оболонці. Показано основні залежності, які були використані при моделюванні, а також ітераційні процедури з пошуку нейтральних перетинів і довжини осередку деформації. Наведено аналіз отриманих результатів для випадків ущільнювальної прокатки, прокатки двошарових порошкових стрічок і калібрувальної прокатки порошку в закритій оболонці. Для підтвердження правомірності прийнятих припущень наведені результати кінцево-елементного моделювання.

У п'ятому розділі розглянуті математичні моделі процесів волочіння і плющення порошкового дроту. З метою оцінки відсутності руйнування оболонки в моделі волочіння була розглянута крім деформації сердечника ще й пластична деформація оболонки, що дозволило надалі вирішити завдання щодо оптимізації кількості переходів і разових обтиснень. У моделі процесу плющення порошкового дроту було враховано крім деформації порошку ще й пружну деформацію оболонки, що дозволило уточнити величини енергосилових параметрів процесу і, як наслідок скорегувати вимоги до обладнання. Як і в попередньому розділі, правомірність прийнятих при моделюванні припущень була підтверджена результатами кінцево-елементного моделювання.

У шостому розділі наведені результати експериментальних досліджень процесів прокатки порошкових стрічок, волочіння і плющення порошкового дроту. Експерименти проведені на лабораторних установках, що наближені до промислового виробництва за параметрами і конструктивним виконанням обладнання. При проведенні досліджень використовувалися методи тензометрії і статистичної обробки даних. Результати експериментів підтвердили адекватність розроблених математичних моделей.

У цьому розділі наведені методики розрахунку з проектування технологічних режимів процесів, що досліджувались. Показані процедури пошуку оптимального рішення і наведені результати в графічному вигляді, які дозволяють без використання математичного апарату вибирати раціональні вихідні дані і режими обтиснення в залежності від необхідних параметрів готової продукції. Тут же наведені результати імітаційного моделювання процесів прокатки порошкових стрічок, які дозволили сформулювати вимоги до діапазонів варіації вихідних параметрів і точності виготовлення обладнання в залежності від необхідних параметрів якості порошкових стрічок. У розділі наведена математична модель занурення твердих частинок порошкового сердечника в матеріал оболонки, заснована на методі полів ліній ковзання, результати якої дозволили визначити максимальний рівень обтиснень при прокатці, при якому не спостерігається порушення суцільності оболонки. На основі результатів кінцево-елементного моделювання були сформульовані рекомендації з вибору діапазону обтиснень в залежності від регламентованого стандартами відхилення коефіцієнта заповнення порошкових стрічок.

У висновках по роботі відображені основні результати роботи та надані практичні рекомендації щодо вдосконалення процесів виготовлення металопорошкових виробів в оболонці.

У списку використаних джерел наведено достатню кількість літератури по предмету дослідження з опрацюванням результатів в даній області як вітчизняних, так і зарубіжних вчених.

У додатках наведені методика та результати експериментального дослідження з визначення фізико-механічних властивостей порошкових матеріалів, роздруківки кодів розроблених програмних продуктів, а також акти використання результатів роботи, що, в цілому, доповнює загальну картину щодо дисертаційної роботи.

Наукові і практичні результати роботи викладені в логічній послідовності. Отримані результати обґрунтовані, підтверджені експериментально і носять завершений характер.

Таким чином, можна відзначити що дисертація виконана на актуальну тему. Робота має логічну структуру і послідовність. Вона написана зрозумілою мовою, добре ілюстрована і акуратно оформлена. Усі основні положення дисертації отримані автором особисто, знайшли відображення в публікаціях, у тому числі в монографіях, а також достатньо були обговорені на науково-технічних конференціях та семінарах. Зміст автореферату відповідає змісту дисертації, а тема роботи не співпадає з темою кандидатської дисертації автора.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації, та їх достовірність

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи в повній мірі обґрунтовані з наукової і технічної точки зору. Обґрунтованість і достовірність результатів підтверджується значним обсягом експериментальних досліджень, використанням сучасних апробованих методів, застосуванням статистико-математичної обробки даних. В теоретичних дослідженнях застосовано основні положення теорії пружності та пластичності. При розробці математичних моделей процесів виготовлення довгомірних металопорошкових виробів були використані методи кінцевих різниць, кінцевих елементів і полів ліній ковзання. Правомірність розроблених математичних моделей була перевірена шляхом фізичного моделювання і натурних досліджень із застосуванням методів тензометрії та математичної статистики. Експериментальні дослідження проводились на лабораторному, наближеному до промислового, обладнанні з використанням розроблених і виготовлених пристроїв. Також результати роботи багаторазово обговорювались на науково-технічних конференціях і семінарах, пройшли рецензування в наукових виданнях і були впроваджені у виробництво, що ще раз підтверджує їх правомірність.

Новизна отриманих результатів

На думку опонента наукову новизну містять наступні винесені на захист положення.

1 Вперше для процесів виробництва довгомірних металопорошкових виробів встановлено вплив форми, товщини і механічних властивостей матеріалу оболонки на параметри осередку деформації та показники якості готової металопродукції.

2 Вперше для процесу прокатки металопорошкових матеріалів у відкритій та закритій оболонці встановлені закономірності формування щільності порошку і енергосилових параметрів в залежності від параметрів оболонки на основі визначення зон її прогину і прилягання до робочої поверхні валків.

3 Вперше для процесу прокатки двошарових металопорошкових матеріалів в оболонці встановлені залежності щільності та обтиснення шарів порошку, а також силових характеристик від параметрів металевої оболонки.

4 Вперше для процесу плющення порошкового дроту в оболонці встановлена закономірність формування геометрії стрічки, щільності сердечника і величин енергосилових параметрів в залежності від товщини і матеріалу оболонки.

5 Уточнено для процесу волочіння порошкового дроту в оболонці механізм формування показників якості продукції та забезпечення стабільності процесу в залежності від величини обтиснення дроту та натяжінь оболонки.

6 Уточнено умову пластичності порошкових матеріалів для випадків плоского та вісісиметричного напруженого стану, що дозволило підвищити достовірність математичних моделей процесів прокатки і волочіння та точність розрахунків.

Значимість роботи для науки і практики

Наукову та практичну цінність мають всі положення та висновки по роботі. Головним значенням отриманих автором результатів є вдосконалення методів розрахунку процесів виробництва довгомірних металопорошкових виробів щодо врахування впливу оболонки на протікання процесів пластичної деформації, що дозволило підвищити ефективність процесів виготовлення та підвищити якість порошкових стрічок та дроту. Основними практичними результатами роботи є наступні:

- комплекс математичних моделей і програмних засобів з розрахунку напружено-деформованого стану матеріалу при виготовленні довгомірних виробів з металопорошків в оболонці прокаткою, волочінням та плющенням;
- методики та програмні засоби з автоматизованого розрахунку основних показників якості при виробництві довгомірних виробів з металопорошків в оболонці;
- алгоритми з автоматизованого проектування технологічних режимів процесів виготовлення металопорошкових матеріалів в оболонці, що дозволяють визначати режими обтиснень і здійснювати вибір вихідної заготовки;
- вдосконалена установка для експериментального визначення фізико-механічних властивостей порошкових матеріалів;
- нові способи і пристрої для виробництва порошкових стрічок і дроту, що дозволяють поліпшити технологічні, якісні та експлуатаційні характеристики продукції, підвищити продуктивність процесу і знизити кількість обладнання, необхідного для його реалізації;
- практичні рекомендації та науково обґрунтовані технічні рішення з вибору матеріалу, форми і товщини оболонки для реалізації процесів виробництва довгомірних виробів з металопорошків.

Повнота викладення результатів в опублікованих працях

Матеріали дисертаційної роботи опубліковані в 64 роботах, серед яких 31 стаття в фахових виданнях України, 7 статей в зарубіжних виданнях, до того ж 4 з них – в рейтингових міжнародних наукових журналах (Scopus). Без співавторів опубліковано 7 статей. Матеріали дисертації в тому числі опубліковані в 3 колективних монографіях, а нові технічні рішення захищені 14 патентами України. Апробація результатів досліджень пройшла на більш ніж 45 конференціях та семінарах.

Кількість та обсяг друкованих робіт відповідають вимогам щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

Ступінь використання і рекомендації до використання результатів дисертації

Тема дисертації відповідає науковому напрямку однієї з провідних наукових шкіл Донбаської державної машинобудівної академії «Створення нових і вдосконалення діючих технологій, обладнання та засобів автоматизації в прокатному виробництві». Робота виконувалась в рамках 6 держбюджетних науково-дослідних робіт відповідно до координаційних планів Міністерства освіти і науки України і в рамках госпдоговірних науково-дослідних робіт.

Результати дисертаційної роботи у вигляді програмних продуктів, технічних рішень і практичних рекомендацій використані на ПАТ «Науково-дослідний і проектно-технологічний інститут машинобудування» (м. Краматорськ), ПрАТ «Фінпрофіль» (м. Харків), ПрАТ «Краматорський завод металевих конструкцій» (м. Краматорськ), ПАТ «Новокраматорський машинобудівний завод» (м. Краматорськ) і в Донбаській державній машинобудівній академії. Економічний ефект за рахунок зниження трудомісткості проектно-конструкторських і проектно-технологічних робіт склав 2653 тис. гривень. Окремі положення дисертації використовуються в навчальному процесі.

Розроблені автором методики, моделі та програмне забезпечення будуть корисними на стадії проектування та підготовки виробництва, а також безпосередньо при виготовленні довгомірних металопорошкових виробів в оболонці, а також у навчальному процесі. Виконані в дисертації розробки можуть бути використані на машинобудівних та металургійних підприємствах при розробці технології та обладнання для виробництва порошкових стрічок і дроту.

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації

Автореферат за змістом повністю відповідає змісту дисертації. Оформлення автореферату відповідає вимогам п. 9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробіт-

ника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567.

Зауваження по змісту і оформленню дисертації

1 При виборі методів дослідження слід більш детально обґрунтувати вибір взятого за основу закону сухого тертя (розділ 4, стор. 132, формули 4.1-4.3), привести результати попередніх досліджень з експериментального визначення коефіцієнтів тертя між порошком і монометалом.

2 У другому розділі автором за основу вибрано еліптичну умову пластичності для пористих матеріалів (стор. 102; стор. 8 автореферату). Даний вибір потрібно було більш детально обґрунтувати, порівняти з іншими варіантами і показати її адаптацію до умов кінцево-елементного моделювання.

3 У роботі процеси прокатки порошкових матеріалів розглядаються як задачі плоско-деформованого стану, в той час як при деформації сердечник буде чинити певний вплив на стінки оболонки, що вимагало додаткового аналізу результатів тривимірного кінцево-елементного моделювання (стор. 197...198; стор. 24 автореферату) і формулювання рекомендацій щодо припустимого рівня обтиснень з точки зору збереження форми оболонки. Також результати роботи варто було доповнити аналізом поведінки стикувального з'єднання під час волочіння і плющення порошкових дротів.

4 У роботі прокатка двошарових порошкових стрічок (підрозділ 4.2) розглянута з точки зору підвищення рівномірності розподілу щільності порошку по перерізу заготовки, в той же час цей процес можна використовувати для отримання заготовок з шарами з різних матеріалів, що слід було відобразити в роботі і доповнити відповідними дослідженнями.

5 При дослідженні прокатки порошкових матеріалів наведені результати впливу коефіцієнта асиметрії процесу (стор. 149 ... 150; рис. 4 автореферату), в той же час немає інформації щодо його природи, максимально припустимого рівня і правомірності припущення щодо строго ве-

ртикального розташування перерізів в осередку деформації (розділ 4, стор. 130).

6 Математичні моделі прокатки порошкових стрічок побудовані на припущенні вільного провисання оболонки на вході в осередок деформації (розділ 4, стор. 140), що може внести певну похибку в результати розрахунку при використанні проводкової системи.

7 Результати роботи з проектування технологічних режимів прокатки слід було доповнити дослідженнями структур порошкових стрічок для оцінки ступеня впливу нерівномірного розподілу щільності порошкового сердечника на якість наплавленого шару.

8 У роботі автор спирається на результати інших вчених щодо встановлення мінімально припустимого рівня щільності порошкового сердечника, який визначається умовами його транспортування (стор. 21), в той же час, в рекомендаціях щодо технологічних режимів чисельні значення щільності відсутні, що впливає на практичну значимість проведених досліджень.

9 Дослідження щодо занурення твердих частинок порошку в металеву оболонку проведені на основі рішення плоскої задачі з використанням методу полів ліній ковзання, в той час як в роботі використовується більш точний метод кінцевих елементів, який дозволяє вирішувати цю задачу в тривимірній площині з урахуванням реальної форми частинок карбідів вольфраму і титану.

10 Рекомендації щодо вдосконалення технологічних режимів при виготовленні довгомірних металопорошкових виробів слід було підтвердити технологічними інструкціями з виробництва даного виду продукції.

Висновок

Дисертаційна робота Грибкова Едуарда Петровича «Розвиток наукових основ і удосконалення обладнання та технологій деформування довгомірних металопорошкових виробів в оболонці» є самостійною завершеною працею на актуальну тему, у якій вирішено науково-технічну проблему з підвищення

техніко-економічних показників процесів виготовлення та підвищення якості довгомірних металопорошкових виробів в металевій оболонці. Недоліки і зауваження не знижують цінності та значимості роботи.

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.

Вважаю, що Грибков Едуард Петрович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском.

Офіційний опонент

Завідуючий відділом диспергування матеріалів та пластичної деформації прокатуванням Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НАН України

К.О. Гогаєв

Підпис член-кор. НАН України
Гогаєва К.О. засвідчую
Учений секретар Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
к. ф-м. наук



В.В. Картузов