

ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертаційну роботу
Завадюка Сергія Вікторовича
на тему:

«Керування процесами формування із порошків сплавів заліза деталей складної
форми з підвищеними фізико-механічними властивостями»
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
галузі знань 13 Механічна інженерія
за спеціальністю 132 матеріалознавство

Актуальність теми дисертаційної роботи

Подана до захисту дисертаційна робота Завадюка С.В. присвячена вирішенню важливої науково-технічної проблеми – підвищенню фізико-механічних властивостей деталей складної форми, що виготовляються за технологією інжекційного лиття порошків (ІЛП) із низьколегованих сталей, до рівня необхідного для сучасного машинобудування.

Проведені автором дослідження дозволили сформулювати теоретичні та технологічні засади отримання з порошків промислових марок виробів складної форми конструкційного призначення з заданим рівнем властивостей, що має вагоме як наукове, так і практичне значення.

Вищенаведене характеризує тему дисертаційної роботи Завадюка С.В., що рецензується, як актуальну і підтверджує її відповідність встановленим вимогам з ознакою “актуальність обраної теми дисертації”.

Основною перевагою даної технології є можливість отримання заготовок дуже складної форми з розмірною точністю та якістю вищою за литво

**Зв’язок дисертаційної роботи з державними науковими програмами,
планами, темами, пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки**

Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі високотемпературних матеріалів та порошкової металургії Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” за планом науково-дослідної роботи “Створення фізичних основ керування, ущільненням формування деталей для екстремальних умов експлуатації (номер державної реєстрації 0120U102142).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, їх достовірність

Обґрунтованість результатів одержаних в дисертаційній роботі Завадюка С.В., забезпечена використанням для їх отримання широкого інструментарію сучасних методів досліджень та відповідного обладнання, а саме: оптичної мікроскопії з застосуванням оптичного мікроскопу “Meiji Techno”, для проведення локального мікрорентгеноспектрального аналізу використовувався електронний мікроскоп РЕМ 106U (Україна) з приставкою Oxford X-act (США). Рентгенівські дослідження проводились на дифрактометрі Ultima IV (Японія). Для визначення комплексу механічних властивостей застосовувалися традиційні методи статичних та динамічних випробувань.

Сформульовані положення і висновки по роботі, що рецензується, не вступають в протиріччя з фундаментальними основами матеріалознавства технології машинобудування.

Достовірність отриманих у дисертації теоретичних напрацювань, положень, висновків і рекомендацій підтверджена достатнім збігом їх з отриманими експериментальними даними, співпаданням результатів виконаних різними методами експериментів та апробацій результатів досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів

У роботі отримано ряд результатів що становлять наукову новизну проведених досліджень, серед яких слід відмітити наступні найголовніші:

1. На сумішах порошків для інжекційного формування PolyPOM8740 і Catamold8740 доведено, що частинки порошку лігатур крупністю більш 40 мкм активують процес локально неоднорідного ущільнення, який призводить до формування крупних пор та зниження ударної в'язкості спеченої порошкової сталі – **зроблено вперше**.

2. Встановлено величину напружень, що виникають в пресовці, що спікається внаслідок фазового переходу альфа заліза в гамма залізо під час нагрівання і в зворотному напрямку під час охолодження. Доведено, що величина напружень розтягування та стиснення в матеріалі частинок порошку перевищує межу пластичності і спричиняє формування сходинок проковзування дислокацій, що виявляються растровою електронною мікроскопією – **зроблено вперше**.

3. Доведено, що величина напружень в порошковій пресовці під час спікання тим більша, чим менший середній розмір порошку і міцніші зв'язки між частинками порошку. Іншими словами, напруження в пресовці тим більші, чим більша міцність міжчастинного контакту зусилля розтягування, що обумовлені локально неоднорідним ущільненням в макрооб'ємах – **зроблено вперше**.

4. Встановлено, що механічна міцність спечених сталей після термообробки практично не залежить від величини щільності, яка значно змінює механічні характеристики міцності, пружності та граничного видовження сталей після спікання.

Одержані результати, їх аналіз і висновки дозволяють стверджувати, що вони мають не тільки теоретичне, але й практичне значення. Результати роботи реалізовано в КНВО «ФОРТ» для виготовлення компонентів стрілецької зброї, що працюють в умовах ударно-абразивної взаємодії.

Повнота опублікованих результатів

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано в 9 наукових працях, з яких: 4 статті у наукових фахових виданнях України за спеціальністю 132 “Матеріалознавство”, 3 статті у яких число співавторів (разом із здобувачем) більше двох осіб; 2 статті у періодичних наукових фахових виданнях, що індексуються в міжнародних наукометричних базах даних Scopus з квантилем Q3.

Опубліковані праці вичерпано відображають основні положення, результати, висновки та рекомендації, які сформульовані в роботі.

Основні наукові результати досліджень та положення доповідались і були схвалені на конференціях, а саме:

XLVIII Науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту (2019), Міжнародна наукова конференція «Матеріали для роботи в екстремальних умовах – 10» (2020), Школа-конференція молодих вчених. Сучасне матеріалознавство: фізика, хімія, технології (2021).

Загалом положення стосовно повноти публікації та апробації роботи виконано у повному обсязі.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

Дисертація Завадюка С.В. відповідає всім вимогам Стандарту вищої освіти для спеціальності 132 – Матеріалознавство і є цілком завершеною науковою роботою, яка показує особистий внесок автора у науково-технічний напрям "Порошкова металургія". Перевірка на наявність текстових співпадінь показала, що дослідження проводилися самостійно, без фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату чи запозичень. Використані ідеї, результати та тексти інших авторів правильно відзначені посиланнями на джерело.

Структура, оцінка мови стилю та оформлення

Дисертаційна робота має наукові положення які раніше не були захищені, і нові науково-обґрунтовані результати досліджень та задовольняє вимогам паспорту спеціальності 05.02.01 Матеріалознавство.

Дисертаційна робота Завадюка С.В. має традиційну структуру і складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаних літературних джерел.

Дисертаційна робота написана українською загальноприйнятною науковою мовою із використанням сучасної наукової термінології. Зміст дисертації є виваженим та цілісним в достатній мірі, робота відповідає темі досліджень.

Загальний обсяг дисертації складає 145 сторінок, у тому числі 54 рисунки, 22 таблиці, список використаних джерел зі 63 найменувань.

Здобувач дотримується вимог академічної доброчинності, дисертація не містить елементів плагіату та запозичень, має посилання на відповідні джерела інформації у випадку використання ідей, результатів та текстів інших авторів. Автор дотримується норм законодавства про авторське право, надає повну та достовірну інформацію про результати наукової діяльності, а також використання методики досліджень.

Анотація дисертації повністю відображає її основні положення. У висновках в достатньо повній мірі сформульовано основні результати дисертаційної роботи.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета, завдання, методики дослідження, наукова новизна, наведені відомості про апробацію та публікацію основних результатів роботи.

Перший розділ містить огляд технічної літератури з теоретичного аналізу технологій інжекторного лиття порошків. Автором показано що поєднання

інжекторного лиття полімерів та спікання металевих порошків розкриває нові можливості для отримання точних деталей складної форми у великій кількості. Виконаний автором аналітичний огляд літературних вітчизняних та закордонних джерел, проведений його глибокий аналіз є змістовним і цікавим з наукової точки зору і свідчить про необхідність проведення спеціальних досліджень.

У розділі 2 описано вихідні матеріали, методику виготовлення зразків, методи дослідження мікроструктури, хімічного і фазового складу та фізико-механічні властивості.

У розділі 3 проведено аналіз гранулометричного та хімічного складу вихідних матеріалів. Встановлено, що порошки Catamold8740 та PolyPOM8740 суттєво відрізняються за гранулометричним складом та середнім розміром частинок порошку – середній розмір частинок порошку PolyPOM8740 менший ніж у Catamold8740. Аналіз рентгенограм показав відсутність мікронапружень для обох вихідних порошків. Встановлено велику кількість локальних дефектів. Як показав локальний мікрорентгеноспектральний хімічний аналіз, такі неоднорідності є включеннями оксидів кремнію.

У розділі 4 описано вплив параметрів спікання, гранулометричного складу порошків на пористість після спікання. Для з'ясування впливу локально-неоднорідного ущільнення на швидкість і повноту спікання пресовок досліджували кінетику процесів усадки пресовок із суміші порошків заліза з розміром частинок 5 і 100 мкм взятих в співвідношенні 100% – 5 мкм, 70/30, 50/50, 30/70, 100% – 100 мкм. Зі збільшенням вмісту фракції порошку в суміші збільшується неоднорідність пор за розмірами, що дозволяє змодельовати в рамках фізичного експерименту вплив локально-неоднорідного розподілу рушійних сил на локально-неоднорідне ущільнення і відповідно на усадку та формування мікроструктури по об'єму пресовки.

Доведено, що швидкість ущільнення (кінетичні криві) збільшується по мірі зменшення середнього розміру частинок порошку заліза в суміші. Підвищення швидкості нагрівання активує процес ущільнення. Найбільший рівень мікронапружень формується в спечених пресовках з найменшим розміром частинок порошку 5 мкм. Зняття напружень корелює з розмірами областей когерентного розсіювання. Чим більші області когерентного розсіювання, тим менші напруження виявляються в пресовці після спікання, що може бути свідченням більш повного протікання процесу спікання в локально-неоднорідних областях пресовки.

У розділі 5 показано вплив технологічних параметрів виготовлення та термічної обробки на механічні властивості матеріалів Catamold 8740 та PolyPOM 8740. Виявлено, що при спіканні матеріалу PolyPOM 8740 за температури 1340°C, зі швидкістю нагріву 5°C/хв та витримкою 30 хв, ударна в'язкість за Шарпі для зразків з надрізом є найвищою порівняно з іншими випробуваними зразками. Встановлено, що матеріал PolyPOM 8740 відрізняється більшою ударною в'язкістю як після спікання, так і після термічної обробки в порівнянні з Catamold 8740 за рахунок більш дисперсних частинок вихідного порошку, більшої щільності та хімічної однорідності. Встановлено, що дані матеріали мають суттєву варіацію границі міцності після спікання, що може бути пов'язано з різним фазовим складом та розміром зерен. Після вирівнювання фазового складу шляхом термічної обробки, зразки мають однакові значення граничної міцності, яка не залежить від густини матеріалу.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

За результатами досліджень опубліковано 9 наукових публікацій, у тому числі:

- 4 статті у наукових фахових виданнях України (на момент опублікування) за спеціальністю 132 Матеріалознавство, у тому числі 3 статті, в яких число співавторів (разом із здобувачем) більше двох осіб;
- 2 статті у періодичних наукових фахових виданнях, проіндексованих у базах Scopus з квантилем Q3.

Публікація результатів дисертаційних досліджень у рецензованих виданнях, які передбачають попередню перевірку на відсутність запозичень, є одним з елементів підтвердження відсутності порушень академічної доброчесності. У дисертаційній роботі порушень академічної доброчесності не виявлено.

Таким чином, описані в дисертаційній роботі наукові результати повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Основні зауваження щодо змісту дисертації

Загалом дисертаційна робота Завадюка Сергія Вікторовича за своїм змістом відповідає зазначеній спеціальності 132 - Матеріалознавство, однак не є вільною від певних недоліків, до яких можна віднести:

1. В анотації, де проведено опис розділу 4, пропущене уточнення якої саме фракції: «Зі збільшенням вмісту фракції порошку в суміші збільшується неоднорідність пор за розмірами...»

2. На рисунку 3.9 показано мікрорентгеноспектральний аналіз, зроблений від поверхні руйнування зразка, що викликає сумнів. Більш достовірні результати будуть на шліфах або тонких фольгах.

3. У тексті вживається «фрактографія поверхні руйнування». Фрактографія і аналіз поверхні руйнування – це одне і те саме.

4. На с.73 вживається слово «димпл», якого немає в українській мові. Варто було б перекласти з англійської на українську. На с. 94 вказано температуру спікання 1225 °С, проте на рис. 4.1 зазначено 1250 °С. На рисунку 4.10 вказано про зміну макронапружень в порошках, але це фізично не можливо, варто було б уточнити, що це в пресовках чи матеріалі. Не всі підписи на рисунках виконані українською мовою.

5. На с. 71 автор припускає наявність у сталях спечених у атмосфері азоту включень нітридів, проте, в роботі не проведено додаткових досліджень з їх виявлення. Також зазначено, що сторонні включення можуть збільшувати твердість та міцність матеріалу. Значення твердості не наведено.

6.Що стосується літературних джерел, то хотілося б побачити більше посилань на роботи вітчизняних та іноземних вчених за останні 5-10 років. Доцільно звернути увагу на недоцільність використання російськомовних джерел.

Однак, зроблені вище зауваження ніякою мірою не знижують загальної позитивної оцінки дисертації в цілому і її значення для науки та виробництва. Матеріал у роботі викладено послідовно, грамотно, логічно, розділи взаємопов'язані і повністю розкривають поставлену в роботі мету.

Висновок про дисертаційну роботу

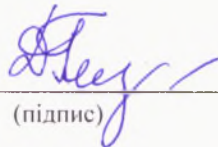
Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Завадюка Сергія Вікторовича на тему «Керування процесами формування із порошків сплавів заліза деталей складної форми з підвищеними фізико-механічними властивостями» є самостійним та завершеним науково-прикладним дослідженням, виконаним на достатньо високому науковому рівні та належним чином оформленим. Основні розділи роботи достатньо проілюстровані рисунками та таблицями, повною мірою відображають наукові та практичні

результати. Загальні висновки роботи відповідають завданням дослідження і меті роботи.

Дисертаційна робота відповідає вимогам передбаченим в п. 6-9 "Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії", затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44, а здобувач Завадюк Сергій Вікторович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 - Механічна інженерія за спеціальністю 132 - Матеріалознавство.

Офіційний опонент:

завідувачка кафедри технології металів та матеріалознавства Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, доктор технічних наук, професор.


(підпис)

Діана ГЛУШКОВА

Підпис Глушкова Д.В. підтверджено
Проректор  *Михайло Михайлов*