

ОФІЦІЙНИЙ ВІДЗИВ

на дисертацію **ПОВСТЯНОГО Олександра Юрійовича “Багатошарові пористі проникні матеріали з регульованою пористістю з відходів промислового виробництва”**, поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – “Матеріалознавство”

Актуальність теми, новизна досліджень та отриманих результатів

Подана до захисту дисертаційна робота висвітлює проблему створення нової теоретично обґрунтованої технології виготовлення пористих проникних матеріалів та ефективних фільтрових виробів з них різноманітного призначення з використанням відходів промислового виробництва, які з розробкою сучасних технологічних інновацій стають джерелом сировини з одночасним поліпшенням навколишнього середовища. Вирішення проблеми полягало в тому, щоб в процесах формування структури і фізико-механічних властивостей досліджуваних матеріалів поєднанням сучасних обчислювальних методів моделювання та експериментального дослідження оптимізувати процеси підготовки та технологічної переробки вихідних матеріалів до готового виробу за умови відтворюваності їх функціональних властивостей. Складність проблеми пов'язана з випадковим пакуванням частинок порошку на початковій стадії його засипки в прес-форму, тому вивчення особливостей пресування, спікання, додаткової обробки й тестування спечених матеріалів, а також створення нових знань про ці процеси свідчить про актуальність теми дисертації.

Новизна досліджень та отриманих результатів полягає в теоретичному обґрунтуванні і практичному підтвердженні оригінальних підходів у вирішенні поставленої науково-технічної проблеми, які сформульовано у поданих нижче тезах:

- теоретично обґрунтовано та запропоновано узагальнену модель розподілу густини порошкових середовищ за радіусом пористого циліндричного тіла під дією зовнішнього радіального навантаження;
- за результатами кількісного аналізу ущільнення пористих проникних матеріалів в технологічних процесах радіально-ізостатичного пресування запропоновано метод прогнозування їх фізико-механічних властивостей;
- розроблено метод комп'ютерного моделювання, який поряд з визначенням просторового розподілу пористості та інших характеристик порошкового проникного матеріалу, дає можливість встановлення взаємозв'язку між

технологічним режимами їх отримання і експлуатаційними характеристиками виробів з них;

- удосконалено методологію розрахунку розподілу пор у порошковому проникному матеріалі на етапі засипки порошку у бункер з урахуванням його пакування в залежності від гранулометричного складу;
- розроблено комп'ютерну програму для визначення розподілу густини по радіусу кожного шару циліндричної заготовки порошкового проникного матеріалу в різний момент часу його деформування під дією зовнішнього ізо статичного тиску;
- розроблено нову методику нанесення комбінованих покриттів на деталі конструкційного призначення, виготовлених з відходів промислового виробництва, для підвищення їх корозійної стійкості.

Обґрунтованість та достовірність отриманих результатів

Обґрунтованість отриманих у дисертаційній роботі результатів забезпечена використанням сучасних методик випробувань матеріалів та математичних методів для моделювання технологічних процесів, основних фундаментальних положень механіки деформівного тіла, апробованих методів статистичного аналізу результатів експерименту та математичного моделювання, загальної теорії термічних дій на матеріали.

Достовірність отриманих у дисертації теоретичних напрацювань, положень, висновків і рекомендацій в першу чергу не викликає сумніву тому, що вони не суперечать фундаментальним законам фізики. Окрім того, достовірність результатів роботи підтверджується загальним збігом їх з експериментальними даними, а також всебічною апробацією у лабораторних умовах, випробуванням розроблених технологій і впровадженням у виробництво.

Значення для науки і практики висновків і рекомендацій дисертанта

Цінність отриманих у дисертаційній роботі Повстяного О. Ю. положень, висновків та рекомендацій для науки полягає у тому, що дисертантом розроблено і реалізовано концепцію і методологію кількісного аналізу технологічних процесів формування структури порошкових проникних матеріалів, виготовлених з відходів промислового виробництва, для забезпечення їх функціональних властивостей як фільтрувальних матеріалів для очищення різноманітних рідин. Цю методологію реалізовано в технологічних процесах виготовлення та експлуатації пористих проникних матеріалів з врахуванням особливостей засипки порошку і заповнення ним певної форми.

Проведений комплекс ретельно виконаних досліджень репрезентує вагомий внесок в матеріалознавство пористих проникних матеріалів. Дисертантом отримано великий обсяг експериментальних даних і їх теоретичного аналізу, що фіксує певний етап вирішення наукових проблем матеріалознавства проникних матеріалів, який потрібно буде враховувати при вирішенні нових проблем. І це буде стимулом до нових пошуків.

Практичну цінність результатів дисертаційної роботи підтверджено наявними в дисертації документальними даними про винаходи способів отримання фільтрувальних матеріалів з регульованою пористістю для очищення технічних рідин та газів залежно від умов експлуатації, розробку комп'ютерних програм та впровадження у виробництво основних результатів роботи на МПД ДП «Укрспирт» (м. Луцьк) та ТОВ «ВОГ ТРЕЙД» (м. Київ) для очищення технічних рідин та палива від механічних забруднень, а також в компанії Ningbo FUTEC Co., Ltd в місті Нінбо (КНР). В Інституті нових матеріалів Guangdong Juhang Institute For Advancer Material Co., LTD (провінція Гуандун, КНР) впроваджено партію тришарових фільтрів для очищення технічних рідин від механічного забруднювача. Дані фільтри мають коефіцієнт проникності в три, а ресурс і брудоемкість в 1,5 рази вищу порівняно з відомими одношаровими фільтрувальними ППМ, при цьому маса фільтру на 20% менша. Теоретичні результати роботи використовують в учбовому процесі Львівського технічного університету.

Повнота викладу основних результатів дисертації

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 49 наукових публікаціях, з них 12 – у журналах, що входять до Переліку наукових фахових видань України в галузі технічних наук, з яких 6 включено до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science, 2 – у зарубіжному фаховому виданні за напрямком технічних наук, 21 публікацій за матеріалами доповідей на вітчизняних і міжнародних конференціях та симпозіумах. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 2 монографії (у співавторстві), отримано 3 патенти на корисну модель та 3 авторських свідоцтва на твір. Всі друковані праці за темою дисертації виконані автором особисто та у співавторстві.

Оцінка змісту дисертаційної роботи

Дисертація Повстяного О. Ю. є завершеною комплексною науково-дослідною роботою, в якій отримано нові наукові результати, що позитивно вирішують актуальну і важливу наукову проблему прогнозування структури, технології, експлуатаційних властивостей з використанням обчислювальних моделей на етапі створення нових та вдосконалення існуючих технологій

отримання пористих проникних матеріалів методом радіально-ізостатичного пресування з відходів промислового виробництва.

Текст дисертації загальним обсягом 322 сторінок включає вступ, 5 розділів, загальні висновки, перелік використаної літератури з 361 найменування, містить 189 рисунків, 55 таблиць та 5 додатків.

В заслугу автору слід поставити використання методу холодного ізостатичного пресування в сухому гнучкому конверті (який в подальших статтях було названо сухим мішком), створеного для виготовлення високо щільних (мало пористих) заготовок конструкційних матеріалів, для пресування проникних матеріалів з відкритою і регульованою в широких межах пористістю. За результатами досліджень структури вказаних матеріалів отримано великий обсяг даних про радіальний розподіл пористості в кожному окремому шарі дво- та тришарових фільтрів та його зміни в процесах пресування і спікання. Ці дані поряд з глибоким континуальним аналізом макроскопічного деформування пористого тіла в процесі пресування і наступного спікання, як і ретельне тестування механічних та функціональних властивостей отриманих виробів вносять вагомий внесок в матеріалознавство пористих проникних матеріалів.

Зміст автореферату відповідає основним результатам, положенням й підсумковим висновкам, що наведені в дисертаційній роботі. Обсяг та стиль викладення матеріалу, поданого в авторефераті, повністю відображають зміст дисертації.

Оцінюючи позитивно роботу, подану до захисту, і підкреслюючи її загальний високий науковий і практичний рівень, а також загалом прийнятне оформлення тексту дисертації, вважаю за необхідне зупинитись на деяких недоліках дисертації.

1. З дубльованого посилання [243, 244] виходить, і це помилково стверджує дисертант, що саме ця стаття є першою, яка описує метод сухого ізостатичного пресування на циліндричну оправку. Проте, першою з цієї теми є стаття Morgan, W. R. and Sands. R. L. Isostatic Compaction of Metal Powders. *International Materials Reviews*, 1969, Vol. 14 (134), pp.85–102, як свідчить професор: Н. F. Fischmeister. Powder compaction: fundamentals and recent developments. *Proceedings of the Institute of Mechanical Engineers*, 1982, Vol. 196, pp. 105–121.
2. В рис. 1 дисертації коректно використано термін “обчислювальне матеріалознавство”, а тексті його змінено на побутовий термін “комп’ютерне матеріалознавство”, в той час як в англійській мові комп’ютер, як обчислювальна машина – це *hardware* (у наших програмістів це “залізо”), а програми для обчислень – це *software*. Тому термін “обчислювальне” однозначно відповідає англійському “*computational*”, і він присутній у назві міжнародного журналу “*Computational Material Science*”, заснованого в 1992 році.

3. Дані, наведені в табл. 1 дисертації не мають ніякої новизни, наведена закономірність і без програми Abacus відома ще з довоєнних (1938 р.) років автора перших радянських книг з порошкової металургії М. Ю. Бальшина. Вона також наведена, як експериментальний факт у монографії відомого американського професора: R. M. German. *Particle Packing Characteristics*. Metal Powder Industries Federation, Princeton, 1989.
4. Не логічно і дещо поверхово викладено огляд проблем фільтрації у розділах 1.3 і 1.4. Не за назвою, а за змістом доцільно було б поміняти їх місцями і почати з рівняння фільтрації Дарсі, яке на жаль, навіть не наведено в дисертації, а численні напівемпіричні формули наведено без повного переліку величин, які входять в ці формули. Тому проаналізувати їх зміст та розмірності неможливо.
5. В згаданій вище монографії Р. Джермена розглянуто випадкове пакування порошків, внаслідок якого в структурі порошкового середовища виникають флуктуації його густини з утворенням кластерів з *випадковим щільним пакуванням*, якому притаманні вищі значення середнього координатного (контактного) числа частинок порошку, та проміжків між ними, яким притаманне *випадкове розпушене пакування* з меншими середніми значеннями координатного числа. Така особливість структури порошкових тіл успадковується в процесах пресування та особливо спікання, коли виникає відоме явище зонального відокремлення щільних кластерів з утворенням порожнин між ними. Не важко здогадатись, що така пориста структура впливає на фільтрувальні властивості. Проте в дисертації це явище проігноровано.
6. Варто зазначити наявність помилкових термінів, наприклад “трьохмірні” дефекти, які мають бути тривимірними, низьку якість значної кількості рисунків та особливо фотографій, зроблених з екранів моніторів. Частина кольорових графіків можна прочитати лише в електронному варіанті дисертації та автореферату, в друкованому варіанті, як у випадку автореферату вони не читабельні. Прикладом є рис. 1.5 в дисертації та його копія в авторефераті як рис.1. Цей недолік стосується рисунків 3.2, 3.3, 3.8, 3.11, 3.12, 3.18, 3.19, 3.24, 3.25, 3.29, 3.30, 4.16, 4.17, 4.24, 5.7–5.9. На рис. 3.9 та 3.16 на фоні пустого поля на малій частині графіка втиснуті зображення кривих, які несуть інформацію. Помилково позначено рис 3.26 як рис. 3.29 (автор збився з рахунку).

Наведені недоліки дещо знижують враження від дисертації, проте не змінюють загальної позитивної оцінки її.

Відповідність роботи вимогам, що ставляться до дисертації

За ознаками актуальності теми дисертації, ступеню обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірності і новизни, значення результатів роботи для науки і практики, достатньої повноти опублікованих

основних результатів виконаної роботи та загалом прийняттого оформлення тексту дисертація О. Ю. Повстяного відповідає вимогам щодо докторських дисертацій. Положення і результати докторської дисертації не містять даних з його кандидатської дисертації.

Висновки про наукову працю в цілому

На підставі викладеного вище вважаю, що представлена дисертаційна робота в цілому відповідає паспорту спеціальності 05.02.01 – матеріалознавство та вимогам п.п. 9, 10, 12 Постанови Кабінету міністрів України № 567 від 24.07.2013 р. “Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів” зі змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 656 від 19.08.2015, № 1159 від 30.12.2015, № 567 від 27.07.2016, № 943 від 20.11.2019, № 607 від 15.07.2020, що надаються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, а її автор **Повстяной Олександр Юрійович** заслуговує на присудження йому наукового ступеня **доктора технічних наук** за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
головний науковий співробітник
відділу термомеханічної обробки
тугоплавких матеріалів Інституту
проблем матеріалознавства
ім. І. М. Францевича НАН України,
Заслужений діяч науки і техніки
України



Ковальченко Михайло Савич

11.03.2021 р.

Підпис доктора технічних наук, професора, головного наукового співробітника відділу 21 ІПМ НАН України, Заслуженого діяча науки і техніки України Ковальченка М. С. засвідчую

Учений секретар Інституту проблем матеріалознавства
ім. І. М. Францевича НАН України, канд. фіз.-мат. наук



В. В. Картузов