

## РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента на дисертаційну роботу Васильчука Олександра Сергійовича «Визначення впливу вмісту алмазів в композиційних алмазовмісних матеріалах, що отримані електроспінанням, на зносостійкість функціональних елементів породоруйнівних інструментів» на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 Матеріалознавство

### Актуальність теми

Композиційні алмазовмісні матеріали (КАМ) з металевою зв'язкою є однією з основних груп матеріалів у галузі створення породоруйнівних інструментів, а дослідження їх властивостей та механізмів зношування є важливими науковими та практичними задачами. Дослідження впливу складових структури на зносостійкість композиційних матеріалів цього класу є ключовою проблемою для покращення їх властивостей та ефективного застосування в гірничій промисловості.

Зносостійкість КАМ залежить від багатьох факторів, таких як розміри та концентрація зерен алмазу, тиск та температура при спіканні, тривалість витримки та інші. Оцінювання зношування таких матеріалів зазвичай обмежувалось визначенням втрати маси КАМ або висоти зносу робочого алмазного шару функціонального елементу породоруйнівного інструменту, однак сам процес зношування КАМ вивчений недостатньо, зокрема електроспечених алмазних композитів не досліджувались зовсім. Тому дослідження, спрямовані на визначення закономірності впливу зернистості та концентрації алмазів композиційних алмазовмісних матеріалів з металевою зв'язкою на інтенсивність їх зношування при руйнуванні гірської породи є актуальним.

### Оцінка змісту роботи

**Обсяг і структура дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Робота ілюстрована 21 таблицями, 51 рисунками. Список використаних джерел містить 133 найменування. Робота викладена на 185 сторінок.

**У вступі** проаналізовано стан наукової проблеми, обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі дослідження, наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів, показано зв'язок роботи з науковими програмами, надано рекомендації із застосування матеріалів дисертації, показаний особистий внесок здобувача, наведено відомості про апробацію результатів роботи та публікації.

Перший розділ роботи «**Огляд досліджень з технологій електроспінання, тертя та зношування композиційних алмазовмісних матеріалів**». В цьому розділі автор висвітлює сучасне уявлення про технології спікання композиційних алмазовмісних матеріалів для породоруйнівних інструментів та методи дослідження зношування композиційних алмазовмісних матеріалів. Розглянуто основні аспекти, які впливають на зношування зв'язки, алмазів та в цілому алмазних композитів. Описано основні переваги та недоліки методів спікання композиційних матеріалів та обрано в подальшому найбільш оптимальний для спікання композиційних алмазовмісних матеріалів на основі металевих зв'язок, метод резистивного



електроспінання. Охарактеризовано основні види зносу композиційних алмазовмісних матеріалів, причини виникнення та методи його попередження.

У другому розділі *«Методи дослідження властивостей композиційних алмазовмісних матеріалів»* описано основні методи, які використовувались для дослідження матеріалів.

В третьому розділі *«Електроспінання функціональних елементів з КАМ на металевій зв'язці»* наведено основні параметри для електроспінання зразків на основі металевої зв'язки Ni-Sn з різною концентрацією та зернистістю алмазів, які забезпечують спікання практично безпористих композиційних матеріалів, які дозволяють отримати зразки необхідної щільності. Проведено аналіз структури зв'язки КАМ. Побудована математична модель напруженого стану зерна алмазу у зв'язці КАМ при взаємодії з гірською породою в умовах ідеального контакту. Досліджено вплив покриттів карбіду хрому нанесений PVD-методом та гранульованого хрому на алмази на теплопровідність, встановлено, що нанесене покриття карбіду хрому покращує теплопровідність на 10%.

У четвертому розділі *«Дослідження інтенсивності зношування функціональних елементів з КАМ»* досліджувались вплив вмісту алмазів, а саме концентрації та зернистості алмазів КАМ на інтенсивність зношування. Введено нове поняття ступінь армування алмазами, яке об'єднало два окремі параметри концентрацію та зернистість алмазів. Ступінь армування поверхні алмазами, це відношення площі ріжучих алмазів до контактної площі поверхні. Проведено дослідження топографії поверхонь пар різання гірська порода – КАМ, та встановлено, що шлам між цими поверхнями знаходиться в стані вільного абразиву.

У п'ятому розділі *«Дослідження продуктів руйнування гірської породи функціональними елементами з композиційних алмазовмісних матеріалів»* отриманий шлам після різання було розділено методами хімічної та магнітної сепарації на магнітну та немагнітну фракції. Досліджено магнітні властивості зв'язки в залежності від швидкості різання (інтенсивності зношування КАМ). Досліджено гранулометричні та морфометричні характеристики всього шламу в залежності від вмісту алмазів, а саме концентрації та зернистості. Використовуючи метод колориметрії виділені металеві частинки зв'язки із магнітної фракції. Досліджено їх форми та розміри в залежності від вмісту алмазів. Досліджений мікро-механізм поверхні зв'язки КАМ.

#### **Повнота опублікованих результатів дисертації.**

Основні результати дисертації Васильчук О.С. опубліковані в 18 наукових працях, з них 2 статті входять до бази даних Scopus, 4 стаття у фаховому виданні, 11 тез доповідей на наукових конференціях різного рівня та 1 колективна монографія закордоном. Статті повною мірою відображають сутність проведеної роботи та мають тісний взаємозв'язок з дисертаційною роботою. Загальна кількість публікацій відповідає вимогам п. 8 постанови Кабінету Міністрів про «Порядок присудження та скасування рішення про присудження ступеня доктора філософії» затвердженого від 12 січня 2022 року.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій та їх достовірність.**



Наукова новизна результатів дослідження, одержаних дисертантом особисто, полягає у наступному.

1. В умовах різання Торезького пісковика функціональними елементами КАМ визначено, що інтенсивність їх зношування залежить не від зернистості армуючих алмазів, а від площі їх поверхонь на контактній площині функціонального елемента.

2. Введено нове поняття «ступінь армування алмазами» робочої поверхні функціонального елемента із КАМ, яке визначається відношенням площі поверхонь ріжучих зерен алмазів до площі контактної поверхні функціонального елемента, тобто об'єднує вміст алмазів та їх зернистість в КАМ в одній характеристиці армування функціонального елемента породоруйнівного інструменту.

3. Використовуючи метод колориметрії у досліджених зразках продуктів руйнування гірської породи та зношування елементів КАМ вперше виділені частинки зв'язки КАМ та визначено, що їх вміст в загальному шламі змінюється від 0,120 до 0,741 % мас., а їх розміри визначені в межах 116...245 мкм, причому серед морфометричних форм частинок зношування зв'язки переважають форми з гострими кутами, характерними для крихкого руйнування.

4. На підставі дослідження поверхонь зношування функціональних елементів на атомно-силовому мікроскопі визначений механізм утворення мікротріщин втоми, які утворюються в результаті циклічного навантаження поверхонь зв'язки КАМ шламом, та їх розвиток в поверхневих шарах КАМ до відшарування фрагментів зв'язки.

Представлена робота являє собою комплексне дослідження, впливу вмісту алмазів, а саме концентрації та зернистості алмазів на зносостійкість функціональних елементів породоруйнівних інструментів.

Отримані результати мають високий рівень достовірності та обґрунтованості. Застосовані методи можна визначити як сучасні; об'єм досліджень достатньо великий, характеризується коректною оцінкою похибок експериментів, для яких використана статистична обробка.

Заключні висновки можна рахувати узагальненням проведеної науково-дослідної роботи; основні положення дисертації доповідались і обговорювались на семінарах, науково-технічних конференціях та відображені у наукових публікаціях. Опубліковані результати за обсягом і змістом підтверджують обґрунтованість та практичну цінність наукової роботи. Представлені результати використані при виготовленні функціональних елементів для породоруйнівних інструментів в ПрАТ «Науково-дослідне і конструкторське бюро бурового інструменту».

### **Зауваження по вмісту дисертаційної роботи**

1. В розділі 3 слід було приділити більше уваги технологічним параметрам електроспінання КАМ та визначити критерії якості спечених виробів.

2. В розділі 3.3 автор аналізує вплив висоти виступання зерна алмазу на зміну розподілу напружень у зв'язці біля зерна алмазу, але не порівнює отримані результати з відомими експериментальними даними та аналізує вплив покриттів на поверхні алмазів на зносостійкість КАМ.

3. Автору слід було більш детально обґрунтувати мету вимірювання розмірів прошарків між поверхнею робочого елементу КАМ та гірською породою.

4. В розділі 3 автор не пояснює, як впливає теплопровідність спеченого функціонального елементу КАМ на його зносостійкість.

### **Загальні висновки стосовно дисертаційної роботи.**

Дисертаційна робота Васильчука О.С. є закінченою науковою працею, в якій вирішена актуальна проблема визначення інтенсивності зношування електроспечених КАМ в залежності від вмісту алмазів, а саме їх концентрації та зернистості.

Викладені в дисертації наукові положення, висновки та практичні рекомендації є обґрунтованими на належному науковому рівні. Всі результати дослідження опубліковані в авторитетних фахових наукових виданнях і пройшли апробацію на вітчизняних та міжнародних конференціях і семінарах відповідного профілю.

Підсумовуючи вище сказане, можна констатувати, що дисертаційна робота Васильчук Олександра Сергійовича «Визначення впливу вмісту алмазів в композиційних алмазовмісних матеріалах, що отримані електроспіканням, на зносостійкість функціональних елементів породоруйнівних інструментів» має новизну представлених експериментальних результатів проведених здобувачем досліджень, яка вирішує сучасні проблеми промисловості з їх науковим обґрунтуванням. Оригінальність та підходи по реалізації вирішенню проблеми свідчить про високий рівень виконання поставленого наукового завдання та оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності. Дисертаційна робота Васильчук О.С. у галузі знань 13 – «Механічна інженерія» за спеціальністю 132 – «Матеріалознавство» відповідає «Вимогам до оформлення дисертації», затверджених Наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року № 40, а також вимогам «Порядку присудження та скасування рішення про присудження ступеня доктора філософії» затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44 зі змінами.

С.н.с.,к.т.н.



Володимир Шатохін

16.06.2023

Підпис с.н.с.,к.т.н. Шатохіна В.В. засвідчую:

Учений секретар

Інституту надтвердих матеріалів

ім. В.М. Бакуля НАН України, к.т.н.



Володимир СМОКВИНА