

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

В сучасному світі гірничо-та видобувна промисловість є важливою складовою економіки багатьох країн. При цьому одним з ключових факторів успіху є використання ефективних породоруйнівних інструментів. Для зменшення вартості матеріалів та робіт необхідно підвищувати продуктивність та ефективність руйнування гірських порід, в наслідок чого виникає потреба розробляти нові матеріали та інструменти з високими фізико-механічними властивостями, здатні до руйнування гірської породи з максимальною точністю та мінімальним зношуванням та зносостійкістю.

Композиційні алмазовмісні матеріали з металевою зв'язкою (КАМ) є однією з основних груп матеріалів у цій галузі. Дослідження властивостей та механізмів зношування композиційних алмазовмісних матеріалів на основі металевих зв'язок є важливою задачею в науково-технічній сфері. Розробка методу оцінювання взаємозв'язку складових характеристик структури та зносостійкості матеріалів є ключовою для покращення їх властивостей та ефективного застосування в гірничій промисловості.

Зносостійкість КАМ залежить від багатьох факторів, таких як розмір та концентрація зерен алмазу, тиск та температура спікання, тривалість витримки та інші. Оцінювання зношування таких матеріалів зазвичай обмежувались визначенням втрати маси КАМ або висоти зносу робочої кромки, однак сам процес зношування недостатньо вивчений. Тому дослідження спрямовані на визначення закономірності впливу структури та фізико-механічних властивостей композиційних алмазовмісних матеріалів з металевою зв'язкою на інтенсивність їх зношування при руйнуванні гірської породи є актуальним.

Подана до захисту дисертаційна робота Васильчука О.С. присвячена вирішенню важливої проблеми: встановлення впливу вмісту алмазів на зносостійкість КАМ.

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 проведено аналіз наукової проблеми, обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі дослідження, виявлено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів. Зроблено посилання на наукові програми, надано рекомендації щодо використання матеріалів дисертації, підкреслено особистий внесок дослідника, представлено дані про апробацію результатів та публікації.

Перший розділ роботи «*Огляд досліджень з технологій електроспінання, тертя та зношування композиційних алмазовмісних матеріалів*». В даному

розділі автор детально розглядає сучасне уявлення про технології спікання композиційних алмазовмісних матеріалів, які використовуються для виготовлення породоруйнівних інструментів. Зокрема, досліджуються різні методи зносу композиційних алмазовмісних матеріалів, а також з'ясовуються фактори, які мають вплив на процес зношування зв'язки, алмазів і взагалі алмазних композитів.

В аналізі розглядаються основні аспекти, що впливають на зношування матеріалів, включаючи механічні, термічні та хімічні фактори. Автор розкривають основні переваги і недоліки різних методів спікання композиційних матеріалів, зосереджуючись на виборі найбільш оптимального підходу, зокрема, - методу резистивного електроспікання, який використовується для спікання композиційних алмазовмісних матеріалів з металевими зв'язками.

Також надається детальний огляд основних видів зношування композиційних алмазовмісних матеріалів, включаючи абразивне зношування, адгезійне зношування та фрикційне зношування. Автор розглядає причини виникнення цього зношування і пропонують різні методи його попередження, зокрема застосування спеціальних покриттів, оптимізацію параметрів спікання та використання додаткових добавок для покращення механічних властивостей матеріалів.

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

В третьому розділі **«Електроспікання функціональних елементів з КАМ на металевій зв'язці»** наведено основні параметри для електроспікання зразків, які ґрунтуються на металевій зв'язці Ni-Sn з різною концентрацією та зернистістю алмазів. Ці параметри сприяють отриманню композиційних матеріалів без пор, забезпечуючи необхідну щільність зразків. Проведено аналіз структури зв'язки композиційних алмазовмісних матеріалів.

Також, побудована математична модель для оцінки напруженого стану зерна алмазу у зв'язці композиційних алмазовмісних матеріалів під час взаємодії з гірською породою в умовах ідеального контакту. Це дослідження дозволило отримати більш глибоке розуміння процесу взаємодії зерна алмазу з гірською породою та його напруженого стану.

Крім того, було вивчено вплив покриттів карбіду хрому, нанесених методом PVD, та гранульованого хрому на алмази, на їх теплопровідність. Дослідження показало, що нанесене покриття карбіду хрому покращує теплопровідність алмазів на 10%.

У четвертому розділі **«Дослідження інтенсивності зношування функціональних елементів з КАМ»** було вивчено вплив вмісту алмазів у композиційних алмазовмісних матеріалах (КАМ), зокрема їх концентрації та зернистості, на інтенсивність зношування. Було запроваджено нове поняття - ступінь армування алмазами, яке поєднало дві окремі характеристики - концентрацію та зернистість алмазів. Ступінь армування поверхні алмазами визначається як співвідношення площі ріжучих алмазів до контактної площі поверхні.

Також були проведені дослідження топографії поверхонь пар різання між гірською породою та КАМ. В результаті було встановлено, що шлам, що

утворюється між цими поверхнями, знаходиться у стані вільного абразиву. Це означає, що в процесі різання шлам між гірською породою та КАМ може виступати як абразивний матеріал, що сприяє зношуванню поверхонь.

Ці дослідження допомагають краще розуміти механізми зношування КАМ та визначати оптимальні параметри їх складу та структури для отримання матеріалів з високою стійкістю до зношування.

У п'ятому розділі *«Дослідження продуктів руйнування гірської породи функціональними елементами з композиційних алмазовмісних матеріалів»* проведено розділення отриманого шламу на магнітну та немагнітну фракції за допомогою хімічної та магнітної сепарації. Далі були досліджені магнітні властивості зв'язки КАМ залежно від швидкості різання, яка відповідає інтенсивності зношування КАМ.

Також були проведені дослідження гранулометричних та морфометричних характеристик усього шламу в залежності від вмісту алмазів, включаючи концентрацію та зернистість. Використовуючи метод колориметрії, були виділені металеві частинки зв'язки з магнітної фракції. Досліджено їх форми та розміри в залежності від вмісту алмазів.

Окрім того, був досліджений мікро-механізм поверхні зв'язки КАМ, що дозволило отримати детальні відомості про структуру та взаємодію компонентів матеріалу на мікрорівні.

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 статті 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 пісковику 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 робочої поверхні функціонального елемента породоруйнівного інструменту.

3. Використовуючи метод колориметрії у досліджених зразках продуктів руйнування гірської породи та зношування елементів КАМ з вмістом частинок

зв'язки від 0,120 до 0,741 % мас., вперше виділені частинки зв'язки КАМ, розміри яких 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 тріщин втоми, які утворюються в результаті циклічного навантаження поверхонь зв'язки КАМ шламом, та їх розвиток в поверхневих шарах КАМ до відшарування фрагментів зв'язки.

По змісту дисертаційної роботи можна зробити наступні зауваження:

1. Автор в дисертації мало приділив уваги впливу параметрів електроспінання на фізико-механічні властивості та інтенсивність зношування функціональних елементів КАМ;

2. Бажано було б навести порівняння зносостійкості електроспечених з КАМ з спеченими традиційними технологічними методами;

3. Автор не пояснює механізм впливу покриттів на алмазах на зміну зносостійкості КАМ.

Представлена робота є результатом комплексного дослідження, спрямованого на вивчення впливу вмісту алмазів, зокрема концентрації та зернистості, на зносостійкість функціональних елементів породоруйнівних інструментів. Дослідження включало в себе широкий спектр методів та експериментів, що дозволило отримати надійні та обґрунтовані результати.

Методика, застосована у даному дослідженні, може бути визнана сучасною та передовою. Обсяг проведених досліджень був достатньо великим, а отримані результати супроводжувалися коректною оцінкою похибок експериментів за допомогою статистичної обробки даних.

Заключні висновки, зроблені на основі проведеної науково-дослідної роботи, можна вважати узагальненням отриманих даних. Основні положення дисертації були представлені та обговорені на семінарах, науково-технічних конференціях та опубліковані у наукових публікаціях. Опубліковані результати підтверджують обґрунтованість, наукову та практичну цінність представленої роботи.

Важливо зазначити, що отримані результати використалися при розробці функціональних елементів для породоруйнівних інструментів у ПрАТ "Науково-дослідне і конструкторське бюро бурового інструменту". Таким чином, дана дослідницька робота має не лише теоретичне значення, але й практичне значення.

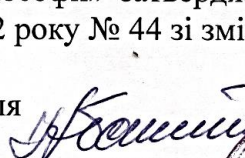
Загальні висновки стосовно дисертаційної роботи.

Наукова праця, виконана Васильчуком О.С., представляє собою завершену дисертаційну роботу, в якій була вирішена актуальна проблема, пов'язана з дослідженням зносостійкості КАМ залежно від вмісту алмазів, зокрема концентрації та зернистості.

Наукові положення, висновки та практичні рекомендації, викладені в дисертації, базуються на належному науковому рівні та обґрунтовані на основі отриманих результатів. Усі результати дослідження були опубліковані в авторитетних фахових наукових виданнях і пройшли процес апробації на вітчизняних та міжнародних конференціях і семінарах відповідного профілю.

Підсумовуючи вище сказане, можна констатувати, що дисертаційна 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.

Зав. лаб. ІНМ ім. В.М. Бакуля
НАН України, д.т.н.


Микола БОНДАРЕНКО

Підпис д.т.н., Бондаренка М.О. засвідчую:

Вчений секретар ІНМ
ім. В.М. Бакуля НАН України, к.т.н.


Володимир СМОКВИНА