

ВІДГУК

офіційного опонента Штерна Михайла Борисовича на дисертацію Васильчука Олександра Сергійовича «Визначення впливу вмісту алмазів в композиційних алмазовмісних матеріалах, що отримані електроспінанням, на зносостійкість функціональних елементів породоруйнівних інструментів», представлену до захисту на здобуття наукового ступеню доктора філософії за спеціальністю 132 – «Матеріалознавство»

Актуальність роботи

Актуальність дослідження визначається потребою у розробці нових матеріалів та породоруйнівних інструментів з високою зносостійкістю та ефективністю. Композиційні алмазовмісні матеріали з металевою зв'язкою (КАМ) є однією з основних груп матеріалів у цій галузі. Дослідження їх властивостей та механізмів зношування мають важливе значення для покращення ефективності та розвитку гірничо-видобувної сфери. Оцінювання впливу вмісту алмазів та характеристик зносостійкості має сприяти вдосконаленню їх властивостей КАМ та забезпеченню їх плідного використання у гірничій промисловості. Попри відомі розв'язки наведеної проблеми багато питань, пов'язаних із створенням КАМ залишаються відкритими. До них належать як практичні аспекти використання таких матеріалів, так і суто фундаментальні питання, пов'язані із механізмами електроспінання та утворенням заданої структури робочих поверхонь наведеного класу композитів. Тому дослідження, спрямовані на визначення впливу вмісту алмазів в композиційних матеріалах на їх зносостійкість під час експлуатації породоруйнівних інструментів, отриманих електроспінанням, вважаю актуальними в науковому та практичному аспектах.

Новизна дослідження та отриманих результатів

Серед найбільш вагомих наукових результатів дисертаційної роботи Васильчук Олександра Сергійовича слід відмітити наступні:

встановлено, що при різанні Торезького пісковика функціональними елементами КАМ швидкість їх зношування залежить не від зернистості армуючих алмазів, а від площі їх поверхонь, які контактують з гірською породою;

вперше запроваджено нове поняття "ступінь армування алмазами" для робочої поверхні функціонального елемента з КАМ. Цей показник визначається відношенням площі ріжучих зерен алмазів до площі контактної

поверхні функціонального елементу. Таким чином, він об'єднує в собі вміст алмазів і їх зернистість в КАМ, створюючи єдину характеристику армування робочої поверхні функціонального елементу в породоруйнівному інструменті;

вперше, застосовуючи метод колориметрії, вдалося визначити частинки зв'язки КАМ у досліджених зразках продуктів руйнування гірської породи та зношування елементів КАМ з вмістом частинок зв'язки від 0,120 до 0,741 % мас. Розміри цих частинок становлять від 116 до 245 мкм, при цьому переважають форми з гострими кутами, що свідчить про крихке руйнування;

за допомогою атомно-силового мікроскопу було встановлено механізм утворення тріщин втоми на поверхнях зношування функціональних елементів. Ці тріщини виникають внаслідок циклічного навантаження поверхонь зв'язки КАМ шламом, і розвиваються у поверхневих шарах КАМ до відшарування фрагментів зв'язки.

Значення для науки і практики висновків і рекомендацій дисертанта

Розроблена технологічна інструкція для електроспикання функціональних елементів для породоруйнівних інструментів дозволяє виготовляти Інструмент різного призначення, змінюючи площу алмазів, що ріжуть гірську породу. Підтвердження цьому є використання функціональних елементів в бурових інструментах ПрАТ («Науково-дослідне і конструкторське бюро бурового інструменту»).

Відповідність роботи вимогам, що ставляться до дисертації

Дисертаційна робота Васильчука О.С. відповідає вимогам, що ставляться до дисертаційних робіт і складається з анотації, вступу, 5 розділів, загальних висновків, 133 літературних посилань, 3 додатків. Загальний обсяг роботи складає 185 сторінки друкованого тексту (обсяг основного тексту – 146 сторінки, з додатками – 165 сторінки), дисертація містить 51 рисунок, 21 таблицю. Структура роботи побудована логічно як за змістом, так і за послідовністю розділів.

У *вступі* належним чином обґрунтовано актуальність проблеми, сформульовано мету та задачі дослідження, відображено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, наведено відомості щодо апробації роботи та публікацій за темою дисертації.

В *першому розділі* наведено ґрунтовний аналіз літературних даних щодо сучасних технологій спикання композиційних алмазовмісних матеріалів для породоруйнівних інструментів і методи дослідження їх зношування.

Описуються основні фактори, що впливають на зношування зв'язки, алмазів та алмазних композитів загалом. Показано переваги та недоліки методів спікання композиційних матеріалів, а також вибрано найбільш оптимальний метод - резистивне електроспікання на основі металевих зв'язок. Охарактеризовано основні види зношування композиційних алмазовмісних матеріалів, їх причини та методи попередження.

В *другому розділі* описано основні методи, які використовувались для дослідження матеріалів. Слід зазначити, що автор не тільки вміло використовує різноманітні методи для дослідження матеріалів, але й вдосконалює їх та пропонує власні.

У *третьому розділі* представлено основні параметри для електроспікання зразків на основі металевої зв'язки Ni-Sn з різною концентрацією та зернистістю алмазів. Ці параметри дозволяють досягти спікання без утворення пористих композиційних матеріалів і отримати зразки з необхідною щільністю. Проведено аналіз структури зв'язки КАМ і побудовано математичну модель напруженого стану зерна алмазу у зв'язці КАМ під час взаємодії з гірською породою в умовах ідеального контакту. Досліджено вплив нанесених за допомогою PVD методу покриттів карбіду хрому та гранульованого хрому на алмази на їх теплопровідність. Встановлено, що нанесене покриття карбіду хрому покращує теплопровідність алмазів на 10%.

У *четвертому розділі* було досліджено вплив концентрації та зернистості алмазів КАМ на інтенсивність зношування. Введено нове поняття - ступінь армування алмазами, яке поєднує концентрацію та зернистість алмазів. Проведено дослідження топографії поверхонь пар різання гірська порода - КАМ і встановлено, що шлам між цими поверхнями перебуває у вигляді вільного абразиву.

У *п'ятому розділі* детально досліджується отриманий шлам, який було розділено на магнітну та немагнітну фракції за допомогою хімічної та магнітної сепарації. Були досліджені магнітні властивості зв'язки в залежності від швидкості різання (інтенсивності зношування КАМ). Гранулометричні та морфометричні характеристики всього шламу були досліджені в залежності від концентрації та зернистості алмазів. Використовуючи метод колориметрії, були виділені металеві частинки зв'язки з загального шламу. Були досліджені форми та розміри цих частинок в залежності від вмісту алмазів в КАМ. Особливу увагу було приділено встановленню мікро-механізму руйнування поверхневих шарів зв'язки КАМ.

Висновки належним чином відображають основні результати дисертаційної роботи.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій та їх достовірність

Ступінь обґрунтованості та достовірності результатів дисертаційного дослідження не викликає сумнівів, оскільки вона забезпечується:

- коректністю обраної методології дослідження;
- аналізом сучасного стану досліджень в заявленій предметній області, комплексним застосуванням теоретичних та експериментальних методів дослідження;
- експериментальним доведенням ефективності запропонованої методики;
- адекватною добіркою використаних літературних джерел.

Повнота викладу результатів дослідження в наукових публікаціях

За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 18 наукових праць, серед яких 2 статті у виданнях, що належать до наукометричних баз, 4 статті у фахових виданнях, 1 колективна монографія, 8 публікацій за матеріалами конференцій.

Недоліки дисертації за змістом та оформленням

- 1) В актуальності в останньому реченні не коректно написано «...структура та фізико-механічні властивості...». Мова йде про «вміст алмазів та теплопровідність»
- 2) Недостатньо представлені залежності механічних властивостей КАМ від вмісту алмазів
- 3) На погляд опонента припущення, покладні в основу двомірної моделі зерна алмаза у вигляді еліпса, є трохи за ідеалізовані, оскільки в реальності алмази мають форму у перерізі кубооктаедра – шестигранник. Слід відзначити, що саме наявність зазначених геометричних особливостей безпосередньо пов'язана із формуванням сингулярностей у вигляді кутових точок та гострих ребер, що в кінцевому випадку призводять до передчасного зношування або руйнування інструменту.

Загальні висновки:

Перелічені вище недоліки дисертаційної роботи не применшують загальної позитивної оцінки отриманих результатів. Представлена до захисту

робота є завершеним дослідженням впливу концентрації та зернистості алмазів на зносостійкість КАМ.

За актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю та практичною придатністю отриманих результатів дисертація Васильчука Олександра Сергійовича відповідає нормативному змісту та напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми Інституту надтвердих матеріалів зі спеціальності 132 – «Матеріалознавство» та вимогам, що містяться у документі «Вимоги 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 і рекомендується до захисту у спеціалізованій вченій раді з наукового напрямку, за яким підготовлено дисертацію.

Наведене вище дає підстави для присудження авторові даної дисертації - Васильчуку Олександрові Сергійовичу наукового ступеню доктора філософії за спеціальністю 132 – «Матеріалознавство».

Офіційний опонент:

Завідувач відділу реологічних
та фізико-хімічних основ
технології порошкових матеріалів
Інституту проблем матеріалознавства
ім. І.М. Францевича НАН України,
чл.-кор. НАНУ, д.т.н.

 Михайло ШТЕРН

Підпис зав. відділу, чл.-кор. НАНУ, д.т.н. Михайла ШТЕРНА засвідчую:

Т.в.о. вченого секретаря ІПМ
ім. І.М. Францевича НАН України

 Євгенія Китранова

