

УДК 622.24.051, 622.156

Изнашивание алмазных композиционных материалов при разрушении горной породы

А.С. Васильчук¹, А.Л. Майстренко¹, Г.А. Петасюк¹, Е.П. Виноградова¹,
Г.Д. Ильницкая¹, Н.А. Олейник¹, О.И. Закутевский², А.П. Закора¹, А.С. Манохин¹

¹Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины,
ул. Автозаводская, 2, г. Киев 04074, Украина

²Институт сорбции и проблем эндоэкологии НАН Украины,
ул. генерала Наумова, 13, г. Киев 03164, Украина

Поступила в редакцию 22.09.2021.

После доработки 10.12.2021.

Принята к публикации 13.12.2021.

Выполнено исследование влияния структуры композиционного алмазосодержащего материала (КАМ) на металлической связке (Ni–Sn), полученного резистивным электроспеканием под давлением (до 300 МПа) на интенсивность его изнашивания при точении песчаника Торезского месторождения. На экспериментальном стенде выполнены испытания элементов КАМ на износостойкость алмазосодержащих функциональных элементов с различной степенью армирования алмазами. Впервые определенные магнитные и морфометрические характеристики собранных продуктов разрушения песчаника Торезского месторождения и изнашивания функциональных элементов с КАМ на металлической основе (шлама), которые получены при его разделении в магнитном поле. Определено, что шлам можно поделить в магнитном поле на фракции, которые различаются по удельной магнитной восприимчивости до 153 раз. Фракция с высокой удельной магнитной восприимчивостью ($1500—9500 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$) составляет только 0,44—0,80 мас. % шлама, а фракция с удельной магнитной восприимчивостью ($3,9—8,8 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$) составляет 96,06—97,99 мас. %. Методом рентгено-флюоресцентной спектрометрии в шламе определено содержимое частичек связки КАМ (от 0,120 до 0,741 мас. %) в зависимости от распределения армирующей фракции алмазов на рабочей поверхности функционального элемента. Выполнена гранулометрическая классификация частиц шлама, полученного при резании горной породы, на основании которой определены распределения размеров проекций частичек шлама, а медианы распределений их размеров изменяются в пределах от 17,35 до 57,18 мкм, в зависимости от степени армирования рабочей поверхности функциональных элементов породоразрушающих инструментов алмазами.

Ключевые слова: композиционный алмазосодержащий материал, породоразрушающие элементы, шлам, сепарация, магнитная фракция, интенсивность изнашивания.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-690-699

Адрес для переписки:

А.Л. Майстренко
Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля
НАН Украины,
ул. Автозаводская, 2, г. Киев 04074, Украина
e-mail: otde19m@ism.kiev.ua

Для цитирования:

А.С. Васильчук, А.Л. Майстренко, Г.А. Петасюк,
Е.П. Виноградова, Г.Д. Ильницкая, Н.А. Олейник,
О.И. Закутевский, А.П. Закора, А.С. Манохин.
Изнашивание алмазных композиционных материалов при
разрушении горной породы.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 6. — С. 690—699.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-690-699

Address for correspondence:

A.L. Maystrenko
V. N. Bakul Institute for Superhard Materials of the National Academy
of Sciences of Ukraine,
Avtozavodskaya Str., 2, Kyiv 04074, Ukraine
e-mail: otde19m@ism.kiev.ua

For citation:

A.S. Vasylchuk, A.L. Maystrenko, G.A. Petasyuk, E.P. Vynohradova,
G.D. Ilnitska, N.A. Oleinyk, O.I. Zakutevskyi, A.P. Zakora and
A.S. Manohin
[Wear of Diamond Composites During Rock Fracture].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 6, pp. 690—699 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-690-699

Wear of Diamond Composites During Rock Fracture

A.S. Vasylchuk¹, A.L. Maystrenko¹, G.A. Petasyuk¹, E.P. Vynohradova¹, G.D. Il'nytska¹, N.A. Oleinyk¹, O.I. Zakutevskyi², A.P. Zakora¹, and A.S. Manohin¹

¹Bakul Institute for Superhard Materials of NAS of Ukraine,
Avtozavodskaya Str., 2, Kyiv 04074, Ukraine

²Institute of Sorption and Endoecology Problems of NAS of Ukraine,
General Naumov Str., 13, Kiev 03164, Ukraine

Received 22.09.2021.

Revised 10.12.2021.

Accepted 13.12.2021.

Abstract

The influence of metal-bonded composite diamond-containing material (CDM) structure (Ni–Sn) obtained by resistive electrosintering under pressure (up to 300 MPa) on its wear rate during cutting sandstone of Torez deposit is studied. CDM elements were tested for wear resistance of diamond-containing functional elements with different degrees of diamond reinforcement on the experimental stand. Magnetic and morphometric characteristics of the collected fracture products of the sandstone of the Torez deposit and wear of functional elements with CDM on a metallic base (sludge) that were obtained at its separation in the magnetic field were determined for the first time. It was determined that the cuttings can be divided in the magnetic field into fractions that differ in specific magnetic susceptibility up to 153 times. The fraction with high specific magnetic susceptibility ($1500\text{--}9500 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$) is only 0.44–0.80 wt. % of the slime, while the fraction with specific magnetic susceptibility ($3.9\text{--}8.8 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$) is 96.06–97.99 wt. %. By the method of X-ray fluorescence spectrometry, the content of the CDM binder particles (from 0.120 to 0.741 wt. %) was determined in the sludge, depending on the distribution of the reinforcing fraction of diamonds on the working surface of the functional elements. A granulometric classification of cuttings particles obtained by cutting rocks was carried out, on the basis of which the size distributions of the cuttings particles were determined, (the medians of their size distributions vary from 17.35 to 57.18 μm), depending from the degree of reinforcement of the working surface of functional elements of rock cutting tools with a diamonds.

Keywords: composite diamond-containing material, rock destruction elements, slurry, separation, magnetic fraction, intensity of wear.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-690-699

Адрес для переписки:

А.Л. Майстренко
Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля
НАН Украины,
ул. Автозаводская, 2, г. Киев 04074, Украина
e-mail: otde19m@ism.kiev.ua

Address for correspondence:

A.L. Maystrenko
V. N. Bakul Institute for Superhard Materials of the National Academy
of Sciences of Ukraine,
Avtozavodskaya Str., 2, Kyiv 04074, Ukraine
e-mail: otde19m@ism.kiev.ua

Для цитирования:

А.С. Васильчук, А.Л. Майстренко, Г.А. Петасюк,
Е.П. Виноградова, Г.Д. Ильницкая, Н.А. Олейник,
О.И. Закутевский, А.П. Закора, А.С. Манохин.
К вопросу о характеристиках изнашивания алмазных
композиционных материалов при разрушении горной породы.
Трение и износ.

2021. — Т. 42, № 6. — С. 690–699.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-690-699

For citation:

A.S. Vasylchuk, A.L. Maystrenko, G.A. Petasyuk, E.P. Vynohradova,
G.D. Il'nytska, N.A. Oleinyk, O.I. Zakutevskyi, A.P. Zakora and
A.S. Manohin
[Wear of Diamond Composites During Rock Fracture].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 6, pp. 690–699 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-690-699

Список использованных источников

1. Александров В.А. Обработка природного камня алмазным дисковым инструментом. — Киев: Наукова думка. — 1979
2. Зыбинский П.В., Богданов Р.К., Закора А.П., Исокин А.М. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении. — Донецк: Нордпресс. — 2007
3. Вовчановский И.Ф. Породоразрушающий инструмент на основе Славутича для бурения глубоких скважин. — Киев: Наукова думка. — 1979
4. Цыпин Н.В. Износостойкость композиционных алмазсодержащих материалов для бурового инструмента. — Киев: Наукова думка. — 1993
5. Галицкий В.Н., Курищук А.В., Муровский В.А. Алмазно-абразивный инструмент на металлических связках для обработки твердого сплава и стали. — Киев: Наукова думка. — 1986
6. Способ получения изделий на твердосплавной основе: АС № 514482 (Patent US № 4164527) на изобретение Госплана УССР. Опубликовано 25.02.79., Бюл. № 7 / В.Н. Бакуль, И.И. Бильк, Д.Х. Бронштейн, И.Ф. Вовчановский, Н.В. Цыпин
7. Dr. Fritsch. Материалы, станки и оборудование для алмазной технологии // Каталог продукции фирмы Д-р. Фрич. — Москва: DÜCK GmbH. — 1999
8. Jens Huber. FAST/SPS Brings Sintering up to Speed // Mater. 14-й Международной науч.-техн. конф., посвященной 60-летию порошковой металлургии Беларуси «Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка», Минск. — 2020, 77—79
9. Технологічний вузол для електроспікання алмазовмістких виробів: Патент на винахід № 20674A. В22 F 3/14 14.03.97 (02.09.97) / В.П. Переяслов, С.А. Иванов, А.Л. Майстренко
10. Майстренко А.Л. Формирование структуры композиционных алмазсодержащих материалов в технологических процессах. — Киев: Наукова думка. — 2014
11. Shmegera R.S., Kushch V.I., and Maistrenko A.L. Metal Binder Based on Nickel for an Intensive Electrosintering of Diamond-Containing Composites // Journal of Superhard Materials. — 2014, no. 6, 44—53
12. Шмегера Р.С., Сердюк В.М., Супрун М.В. Інтенсивне електроспікання алмазних бурових коронок та результати їх стендових досліджень // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент — техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. — Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля. — 2015, Вып. 18, 109—113
13. Шульженко А.А., Ашкинази Е.Е., Богданов Р.К., Закора А.П. Гибридный алмазный композиционный поликристаллический материал и его свойства // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент — техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. — Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля. — 2010, № 13, 214—223
14. Виноградова О.П., Стельмах О.У., Манохін А.С. и др. Геометричні параметри частинок продуктів зношування матричного матеріалу у породоруйнівних елементах із композиційного алмазовмісного матеріалу, вилучених методом магнітної сепарації зі шламу // Матер. міжнародної конф. «Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики», 29–31 травня 2019 року. — КПІ ім. Ігоря Сікорського
15. Baron L.I., Loguntsov B.M., and Posin E.Z. Defining the Properties of Rocks. — M.: St. Sci. Tehn. publish. lit. on mining. — 1962
16. Макридин Н.И., Максимова И.Н., Соколова Ю.А., Суров И.А. Анализ трещиностойкости гранита и известняка с позиций механики разрушения // Строительные материалы. — 2014, № 3, 101—104
17. Виноградова О.П., Майстренко А.Л., Шмегера Р.С. и др. Аналіз продуктів зношування композиційного алмазовмісного матеріалу // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент — техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. — Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины. — 2019, № 22, 93—102
18. Бакуль В.Н., Дерягин Б.В., Никитин Ю.И. и др. Определение удельной поверхности алмазных порошков. Методические указания. — Киев: ИСМ АН УССР. — 1974
19. Петасюк Г.А. Діагностика морфометричних характеристик порошків надтвердих матеріалів за способами цифрової обробки зображень // Відбір і обробка інформації. — 2009, № 30 (106), 138—145

References

1. Aleksandrov V.A. Obrabotka prirodного kamnya almaznym diskovym instrumentom. — Kiev: Naukova dumka. — 1979 (in Russian)
2. Zybinskii P.V., Bogdanov R.K., Zakora A.P., Isonkin A.M. Sverkhtverdye materialy v geologorazvedochnom burenii. — Donetsk: Nordpress. — 2007 (in Russian)
3. Vovchaqnovskii I.F. Porodorazrushayushchii instrument na osnove Slavuticha dlia burenyia glubokikh skvazhyn. — Kiev: Naukova dumka. — 1979 (in Russian)
4. Tsypin N.V. Iznosostoikost' kompozitsionnykh almazsoderzhashchikh materialov dlya burovogo instrumenta. — Kiev: Naukova dumka. — 1993 (in Russian)
5. Galitskii V.N., Kurishchuk A.V., Murovskii V.A. Almazno-abrazivnyi instrument na metallicheskikh svyazkakh dlya obrabotki tverdogo splava i stali. —

- Kiev: Naukova dumka. — 1986 (in Russian)
6. **Sposob polucheniya izdelii na tverdosplavnoi osnove:** AS № 514482 (Patent US № 4164527) na izobretenie Gosplana USSR. Opublikovano 25.02.79., Byul. № 7 / V.N. Bakul', I.I. Bilyk, D.Kh. Bronshtein, I.F. Vovchanovskii, N.V. Tsypin (in Russian)
7. **Dr. Fritsch.** Materialy, stanki i oborudovanie dlya almaznoi tekhnologii // Katalog produktsii firmy Dr. Frich. — Moskva: DÜCK GmbH. — 1999 (in Russian)
8. **Jens Huber.** FAST/SPS Brings Sintering up to Speed // Mater. 14-i Mezhdunarodni nauch.-tekhn. konf., posvyashchennoi 60-letiyu poroshkovoi metallurgii Belarusi «Novye materialy i tekhnologii: poroshkovaya metallurgiya, kompozitsionnye materialy, zashchitnye pokrytiya, svarka», Minsk. — 2020, 77—79 (in Russian)
9. **Tekhnolohichnyi vuzol dlja elektrospikannia almazovmistkykh vyrobiv:** Patent na vynakhid № 20674A. V22 F 3/14 14.03.97 (02.09.97) / V.P. Pereiaslov, S.A. Ivanov, A.L. Maistrenko (in Ukrainian)
10. **Maystrenko A.L.** Formirovaniye struktury kompozitsionnykh almazsoderzhashchikh materialov v tekhnologicheskikh protsessakh. — Kiev: Naukova dumka. — 2014 (in Russian)
11. **Shmegeera R.S., Kushch V.I., and Maystrenko A.L.** Metal Binder Based on Nickel for an Intensive Electrosintering of Diamond-Containing Composites // Journal of Superhard Materials. — 2014, no. 6, 44—53
12. **Shmehera R.S., Serdiuk V.M., Suprun M.V.** Intensyvne elektrospikannia almaznykh burovych kordonok ta rezul'taty yikh stendovykh doslidzhen // Porodorazrushayushchii i metalloobrabatyvayushchii instrument — tekhnika i tekhnologiya ego izgotovleniya i primeneniya: Sb. nauch. tr. — Kiev: ISM im. V.N. Bakulya. — 2015, Vyp. 18, 109—113 (in Ukrainian)
13. **Shul'zhenko A.A., Ashkinazi E.E., Bogda-**nov R.K., Zakora A.P. Gibridnyi almaznyi kompozitsionnyi polikristallicheskii material i ego svoistva // Porodorazrushayushchii i metalloobrabatyvayushchii instrument — tekhnika i tekhnologiya ego izgotovleniya i primeneniya: Sb. nauch. tr. — Kiev: ISM im. V.N. Bakulya. — 2010, № 13, 214—223 (in Russian)
14. **Vynohradova O.P., Stelmakh O.U., Manokhin A.S. ta in.** Heometrychni parametry chastynok produktiv znoshuvannia matrychnoho materialu u porodoruivivnykh elementakh iz kompozitsiinoho almazovmisnogo materialu, vyluchenyykh metodom mahnitnoi separatsii zi shlamu // Mater. mizhnarodnoi konf. «Problemy heoinzhenerii ta pidzemnoi urbanistyky», 29–31 travnia 2019 roku. — KPI im. Ihoria Sikorskoho (in Ukrainian)
15. **Baron L.I., Loguntsov B.M., and Posin E.Z.** Defining the Properties of Rocks. — M.: St. Sci. Tehn. publish. lit. on mining. — 1962
16. **Makridin N.I., Maksimova I.N., Sokolova Yu.A., Surov I.A.** Analiz treshchinostikoosti granita i izvestnyaka s pozitsii mekhaniki razrusheniya // Stroitel'nye materialy. — 2014, № 3, 101—104 (in Russian)
17. **Vynohradova O.P., Maystrenko A.L., Shmehera R.S. ta in.** Analiz produktiv znoshuvannia kompozitsiinoho almazovmisnogo materialu // Porodorazrushayushchii i metalloobrabatyvayushchii instrument — tekhnika i tekhnologiya ego izgotovleniya i primeneniya: Sb. nauch. tr. — Kiev: ISM im. V.N. Bakulya NAN Ukrayny. — 2019, № 22, 93—102 (in Ukrainian)
18. **Bakul V.N., Deryagin B.V., Nikitin Yu.I. i dr.** Opredelenie udel'noi poverkhnosti almaznykh poroshkov. Metodicheskie ukazaniya. — Kiev: ISM AN USSR. — 1974 (in Russian)
- Petasiuk H.A.** Diahnostyka morfometrychnykh kharakterystyk poroshkiv nadtverdykh materialiv zasobamy tsyfrovoi obrobky zobrazhen // Vidbir i obrobka informatsii. — 2009, № 30 (106), 138—145 (in Ukrainian)

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в редакцию журнала.
Адрес редакции: 246050, ул. Кирова 32а, г. Гомель, Беларусь Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11
Full text of articles can be purchased from the editorial office.
Address: 32a Kirov Street, Gomel, Belarus, 246050 Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11
E-mail: FWJ@tut.by