

ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА

DOI: 10.31319/2519-2884.44.2024.5

УДК 621.921.36 621.921.34-492.2:621.922.02

Лавріненко В.І.¹, д.т.н., професор, ORCID: 0000-0003-2098-7992,
e-mail: lavrinen52@gmail.com

Солод В.Ю.², к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0002-7516-9535, e-mail: v_solod@ukr.net

Полторацький В.Г.¹, к.т.н., ORCID: 0000-0002-3569-8512, e-mail: vg.poltoratsky@gmail.com

Кашинський І.С.², асистент, ORCID: 0000-0001-9849-486X, e-mail: morbo92@gmail.com

¹Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, м. Київ

²Дніпровський державний технічний університет МОН України, м. Кам'янське

Lavrinenko Valerii¹, Doctor of technical sciences, Professor

Solod Volodymyr², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering and Welding Technology, first vice-rector

Poltoratskyi Volodymyr¹, Candidate of Technical Sciences

Kashynskyi Ivan², assistant of the Department of Mechanical Engineering and Welding Technology

¹V.Bakul Institute for Superhard Materials of NAS of Ukraine, Kyiv

²Dniprovsky State Technical University, Kamianske

ФОРМУВАННЯ КОМБІНОВАНИХ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ НА ПОВЕРХНІ ЗЕРЕН СУМІШІ ШЛІФПОРОШКІВ АЛМАЗІВ (АБО КНБ) ТА КОМПАКТІВ НА ОСНОВІ МІКРОПОРОШКІВ СВН ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В ШЛІФУВАЛЬНОМУ ІНСТРУМЕНТІ

Розроблено технологічний процес формування покриттів на поверхні зерен суміші шліфпорошків алмазів (або зерен кубоніту) та компактів на основі мікропорошків cBN з двох та трьох компонентів: з розчинного оксиду B_2O_3 та нерозчинного оксиду або нерозчинного карбїду B_4C , або SiC , або TiC . Встановлено, що введення зерен компактів в робочий шар алмазного круга (50 на 50) і покриття поверхні зерен цієї суміші в обох випадках погіршує зносостійкість алмазних кругів. Але враховуючи, що введені компакти тут грають роль «опорних елементів», то позитивний ефект спостерігаємо у напрямку зниження шорсткості обробленої поверхні та збільшення її тримальної здатності у вигляді підвищення показника опорної кривої $t50$. Дослідження засвідчили, що при збільшенні продуктивності обробки покриття поверхні зерен кубоніту дає ефект по підвищенню зносостійкості кругів, а додаткова (50 на 50) наявність компактів дає ще більший ефект. У такому випадку, на відміну від алмазних кругів, є позитивний результат від введення компактів з поверхню, покритою комбінацією B_2O_3+SiC . Разом з тим, хоча шорсткість обробленої поверхні у кругів з компактами є меншою, аніж у непокритих зерен кубонітових кругів, але вона є все ж більшою, аніж у покритих, без компактів. Тобто, очікуваного зменшення шорсткості при застосуванні компактів в робочому шарі кубонітового круга, тут не відбулося.

Ключові слова: комбіновані зносостійкі покриття; алмазні шліф порошки; кубонітові шліф порошки; компакти на основі мікропорошків cBN; шорсткість обробленої поверхні.

A technological process has been developed for the formation of coatings on the surface of grains of a mixture of diamond (or cBN) grinding powders and compacts based on cBN micropowders from two and three components: from soluble oxide B_2O_3 and insoluble oxide or insoluble carbide B_4C , or SiC , or TiC . It was established that the introduction of compact grains into the working layer of the diamond wheel (50 by 50) and the coating of the grain surface of this mixture in both cases worsens the wear resistance of diamond wheels. But taking into account that the introduced compacts

here play the role of "bearing elements", we can get a positive result in the direction of reducing the roughness of the treated surface and increasing its holding capacity in the form of an increase in the index of the reference curve t_{50} . Studies have shown that with an increase in productivity, the surface coating of cBN grains has the effect of increasing the wear resistance of wheels, and the additional (50 by 50) presence of compacts gives an even greater effect. It is here, in contrast to diamond wheels, that we have a positive from the introduction of compacts with a surface coated with a combination of B_2O_3+SiC . At the same time, although the roughness of the machined surface of wheels with compacts is less than that of uncoated grains of cBN wheels, it is still greater than that of coated ones without compacts. That is, the expected decrease in roughness when using compacts in the working layer of the cBN wheel did not occur here.

Keywords: combined wear-resistant coatings; diamond grinding powders; cBN grinding powders; compacts based on cBN micropowders; roughness of the treated surface.

Постановка проблеми

Сучасні технології абразивної обробки матеріалів потребують використання в абразивному інструменті порошків з унікальними властивостями термостабільності та зносостійкості, специфічною морфологією зерен, яка покращує процес модифікування, з підвищеною хімічною і термічною стійкістю. Основний напрямок вирішення цієї проблеми полягає у тому, щоб у робочому шарі абразивного інструменту, як абразиви, застосовувати шліфпорошки синтетичного алмазу та композиційні шліфпорошки на основі мікропорошків cBN абразивного призначення із кисне- та карбідовмісними покриттями, сформованими з термостабільних зносостійких, комбінованих з суміші розчинних та нерозчинних активованих механо-хімічною технологією компонентів. Виходячи з цього, в даній роботі планується дослідити та визначити обмеження до вибору оксидів та карбідів для покриття поверхні шліфпорошків синтетичного алмазу та компактів на основі мікропорошків cBN, структурованих вуглецевою зв'язкою.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Останні дослідження в підвищенні ефективності процесів алмазної обробки пов'язані із особливостями модифікації поверхні алмазів для спрямованої зміни їх властивостей та нанесення на їх поверхню функціональних покриттів. Причому детально досліджується межа розділу алмаз—покриття. Так, в роботі [1] концентрацію внутрішньої деформації на межі розділу алмазу та карбідів у процесі дозрівання оцінювали квазікількісно за допомогою методу геометричного фазового аналізу з перетворюванням Фур'є. Було виявлено, що концентрація внутрішньої деформації значною мірою зменшилася, коли між алмазом і карбідами хрому утворилася когерентна межа розділу. Результати, представлені в цій роботі, мають фундаментальне значення для розуміння механізмів зв'язування алмазу та дозволяють оптимізувати параметри процесу для досягнення мікроструктури композитних матеріалів з металевою матрицею із бажаними властивостями. У статті [2] обговорюється вплив армування наноалмазом (ND) покриттів NiAl, нанесених плазмовим напиленням. Три різні пропорції частинок ND (від 0,1 до 1,0 % за масою), зміцнені NiAl, були успішно виготовлені на сталевій підкладці AISI 1020 за допомогою техніки плазмового напилення. Було виявлено, що відносна щільність покриттів збільшилася з 91,34 % до 97 % при простому додаванні 1 % за масою ND внаслідок збільшеного плавлення порошків під впливом ND. Результати показали значне підвищення твердості на 18 % і модуля пружності на 34,8 %, а також значне зменшення втрати об'єму зносу (41,96 %), швидкості зношування (42,5 %) і коефіцієнта тертя (COF — 80 %). Покращені властивості покриттів обумовлені винятково високими механічними властивостями, армованого ND, а також його сферичною морфологією, ефектом самозмашення та високою щільністю покриття. Алмаз має великий потенціал для ефективного розсіювання тепла завдяки його надвисокої теплопровідності. В роботі [3] метод нерівноважної молекулярної динаміки з урахуванням таких параметрів, як тип наностовпчиків, що чергуються, їх розмір і висота, був застосований для вивчення впливу наностовпчиків на тепловий граничний опір (TBR) на межі розділу AlN/алмаз (рис. 10). TBR оптимального інтерфейсу AlN/алмаз наностовпчатих структур може бути зменшений на 28 % у порівнянні з плоским інтерфейсом. Аналіз коливальної густини станів (VDOS) як AlN, так і алмаза на кожній стороні інтерфейсу може показати, що посилення фононів проміж-

ної частоти AlN і зрушення VDOS алмаза в бік більш низької частоти можуть сприяти оптимізації міжфазного теплового переносу. Відповідно, дана робота може забезпечити більш глибоке розуміння впливу наноструктур на міжфазний переніс тепла, а також може стати основою для ефективного керування температурою за рахунок введення наноструктур на гетерогенних межах розділу. У статті [4] багатошарові композити GaN/SiN_x/алмаз виготовлялися за технологією MPCVD при різних напругах зміщення (400—700 В). Багатошаровий композит GaN/SiN/алмаз, виготовлений при 600 В, мав товстий змішаний перехідний шар, що містив багатофазні структури і шорсткі межі розділу внаслідок ефективної підповерхневої іонної імплантації, що призвело до високого ефективний тепловий граничний опір (TBR_{eff}). GaN/SiN/алмаз, отриманий за умов зародження при зміщенні 700 В, мав найменшу ефективність TBR (26±10 м²·К/ГВт), тоді як багатошаровий композит GaN/SiN_x/алмаз при зміщенні 600 В мав найбільш високий TBR_{eff} (83±18 м²·К/ГВт). Тобто, при 700 В більш тонка зона зародкоутворення та більш гладка поверхня розділу приводять до найменшого значення TBR_{eff}. Це в певній мірі знайшло підтвердження і в статті [5], де були досліджені захисні покриття з карбиду титана-бора на алмазних частинках. Результати засвідчили, що вміст бора є важливим для адгезії Ti у покритті Ti-B-C. Таке покриття з вмістом бора 60 ат. % захищало алмаз від окислення більше 1 години при нагріві до 1000 °С у повітрі. При відпалі алмаза з покриттям в повітрі априорно утворені В₂О₃ та TiO₂ захищали алмаз від окислення, виступаючи у якості кисневонепроникних шарів. Крім того, утворенням рідкого В₂О₃ вдалося уникнути розшарування TiO₂, викликаного об'ємним розширенням під час окислення. Тим часом, наявність TiO₂ забезпечує тривалий захист за рахунок зменшення випаровування В₂О₃ [5].

Формулювання мети дослідження

Останнє дослідження свідчить про ефективність комбінованих багатокомпонентних покриттів на алмазних зернах, тому метою даної статті було дослідження питань формування покриттів на алмазних зернах (та їх суміші із компактами) з 2-х та з 3-х компонентів, подальшого застосування їх у алмазному шліфувальному інструменті та встановлення найбільш ефективних комбінованих покриттів для підвищення зносостійкості шліфувальних кругів та покращення шорсткості обробленої поверхні такими кругами.

Виклад основного матеріалу

Для досягнення цього було розроблено технологічний процес для формування покриттів з 2-х та з 3-х компонентів [6]:

- з розчинного оксиду В₂О₃ та нерозчинного оксиду Al₂О₃ (або інший нерозчинний оксид),
- з розчинного оксиду В₂О₃ та нерозчинного карбиду В₄С або SiC або TiC,
- з розчинного оксиду В₂О₃ та суміші нерозчинного оксиду Al₂О₃ (або інший нерозчинний оксид) та нерозчинного карбиду В₄С або SiC або TiC.

Послідовність формування покриттів є наступною. Спочатку готується насичений водний розчин розчинного оксиду В₂О₃. Для утворення суспензії до 10—15 мл цього розчину додається 0,3—0,5 г нерозчинного оксиду або карбиду. Будь-який порошок алмазний, кубонітовий або в суміші з компактами, (25—30 ст), на який має бути нанесено покриття, змішується в фарфоровій чашці з 10—15 мл насиченої суспензії (борний ангідрид та нерозчинний оксид або карбід) із застосуванням магнітної мішалки протягом 10 хв. при нормальних умовах. Надлишок розчину зливається, залишена суміш фільтрується. Осад на фільтрі приєднується до основної маси модифікованого порошку. Отриману вологу масу порошку висушують, розмішуючи до сухого однорідного стану, помістивши фарфорову чашку до піщаної бані з терморегулятором, при температурі 120 °С.

Методом сканувальної електронної мікроскопії з додатковим використанням SE-детектора вторинних електронів Еверхарта-Торнлі та високочутливого 4-квadrантного фазового CZ BSD-детектора досліджено при різному збільшенні вказані вище шліфпорошки зернистістю 125/100 — з різними покриттями: В₂О₃+Al₂О₃, В₂О₃+SiO₂, В₂О₃+TiO₂, В₂О₃+ZnO, В₂О₃+TiO₂, В₂О₃+CeO₂, В₂О₃+В₄С, В₂О₃+SiC; В₂О₃+В₄С+CeO₂, В₂О₃+В₄С+Na₂O(SiO₃), В₂О₃+TiC+Na₂O(SiO₃). Результати проведених дослідів також показали в цілому підвищення

термостійкості вказаних шліфпорошків — в середньому на 40 % — після нанесення вказаних вище покриттів з суміші розчинних та нерозчинних оксидів.

На наступному етапі досліджували експлуатаційні характеристики шліфувальних кругів 12A2-45 125x5x3x32 (алмазних та кубонітових) із заміною (50 %) в робочому шарі шліфпорошків на зерна компактів на основі мікропорошків cBN, структурованих вуглецевою зв'язкою. Більш детально, розроблені та отримані в ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України компакти на основі мікропорошків cBN, описані в статті [7].

При дослідженні алмазних кругів, покриття поверхні зерен алмазів AC6 125/100 і компактів КП 125/100 відбувалося сумішшю оксиду і карбиду. Шліфувався твердий сплав Т15К6 за наступними режимами: швидкість обертання круга — 18 м/с, поперечна подача — 0,05 мм/пдв. хід, повздовжня подача — 0,29 м/хв. (для продуктивності обробки 100 мм³/хв.), 0,57 м/хв. (для продуктивності обробки 200 мм³/хв.) та 1,14 м/хв. (для продуктивності обробки 400 мм³/хв.). Шліфування відбувалося без охолодження. Оцінювалася зносостійкість шліфувального інструменту за показником відносних витрат алмазів (q) та шорсткість обробленої поверхні за показником (Ra) для продуктивності шліфування в 100, 200 та 400 мм³/хв. Порівнювалися круги з алмазами і компактами (50 на 50) та двома варіантами покриттів, круги алмазні з покриттями поверхні зерен та круги без покриття поверхні алмазних зерен. Результати випробувань наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Експлуатаційні показники алмазних шліфувальних кругів на полімерній в'язці В2-08 із відносною концентрацією зерен у 100 % із різними варіантами покриття поверхні алмазних зерен марки AC6 125/100 та компактів мікропорошків cBN КП 125/100

Покриття поверхні алмазних зерен у робочому шарі алмазних кругів 12A2-45 125x5x3x32	Продуктивність обробки :					
	100 мм ³ /хв.		200 мм ³ /хв.		400 мм ³ /хв.	
	q , мг/г	Ra , мкм	q , мг/г	Ra , мкм	q , мг/г	Ra , мкм
Покриття сумішшю (В ₂ О ₃ + SiC) поверхні зерен алмазних та КП (50+50 %)	22	0,29	36	0,26	80	0,35
Покриття сумішшю (В ₂ О ₃ + В ₄ С+СeО ₂) поверхні зерен алмазних та КП (50+50 %)	12	0,25	24	0,32	42	0,38
Покриття сумішшю (В ₂ О ₃ + В ₄ С) поверхні алмазних зерен (100 %)	7	0,39	12	0,35	21	0,37
AC6 125/100 В2-08 100 без покриття поверхні зерен	10	0,37	16	0,40	37	0,48

Аналіз даних табл. 1 свідчить про наступне. Введення зерен компактів у робочий шар алмазного круга (50 на 50) і покриття поверхні зерен цієї суміші в обох випадках погіршує зносостійкість алмазних кругів, що свідчить про відсутність позитивного ефекту. Але враховуючи, що введені компакти у вигляді «опорних елементів» [8], позитивний ефект ми можемо отримати у напрямку зниження шорсткості обробленої поверхні та збільшення її тримальної здатності у вигляді підвищення показника опорної кривої $t50$ (рис. 1).

Тепер розглянемо кубонітові круги. Покриття поверхні кубоніту KB 25/100 і компактів КП 125/100 відбувалося сумішшю оксиду і карбиду. Шліфувалася швидкорізальна сталь Р6М5 за режимами: швидкість обертання круга — 18 м/с, поперечна подача — 0,05 мм/пдв. хід, повздовжня подача — 0,25 м/хв. (для продуктивності обробки 50 мм³/хв.), 0,50 м/хв. (для 100 мм³/хв.) та 1,00 м/хв. (для 200 мм³/хв.). Шліфування проводилося без охолодження. Оцінювалася зносостійкість шліфувального інструменту за показником відносних витрат алмазів (q) та

шорсткість обробленої поверхні за показником (Ra) для продуктивності шліфування в 50, 100 та 200 мм³/хв. Порівнювалися круги з кубонітом і компактами (50 на 50) та покриттям поверхні зерен комбінацією В₂О₃+SiC, круги кубонітові з цим покриттям та круги без покриття поверхні кубонітових зерен. Результати випробувань наведені в табл. 2.

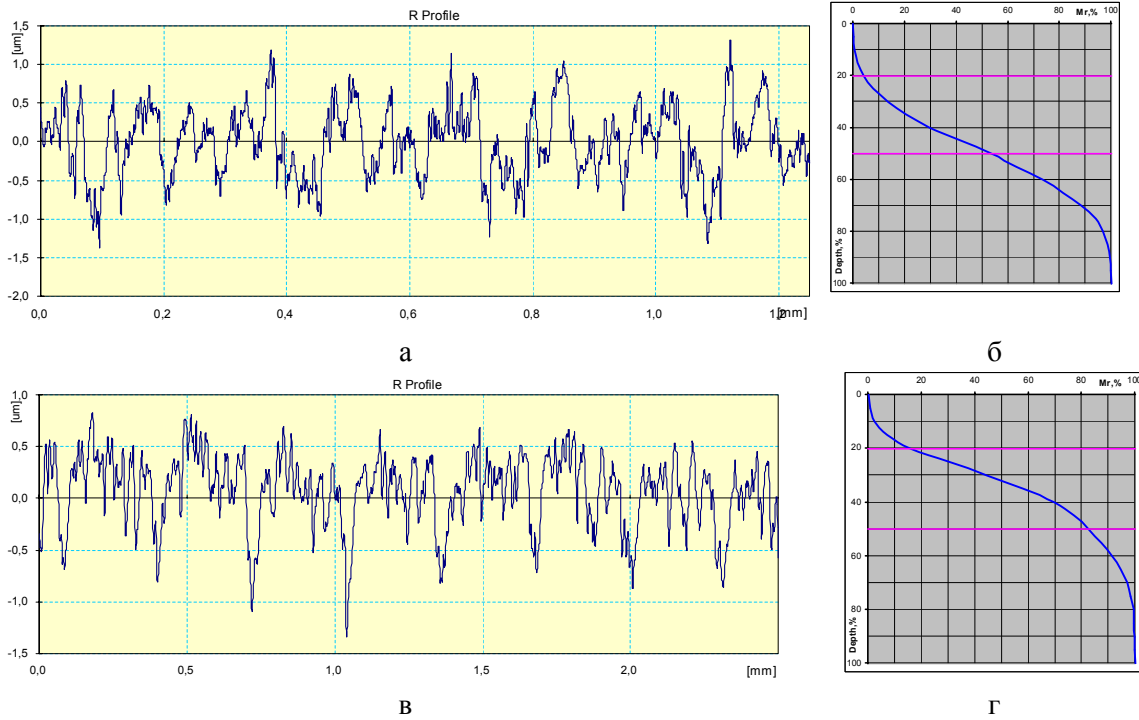


Рис. 1. Профілограми (а, в) і криві відносної опорної довжини профілю (б, г) поверхні, обробленої кругом без покриття поверхні зерен AC6 125/100 (а, б) і кругом з покриттям поверхні суміші алмазних зерен і зерен компактів комбінацією В₂О₃+ SiC (в, г) при шліфуванні твердого сплаву з продуктивністю 100 мм³/хв.

Таблиця 2. Експлуатаційні показники кубонітових шліфувальних кругів на полімерній зв'язці В2-08 із відносною концентрацією зерен у 100 % із різними варіантами покриття поверхні зерен компактів на основі мікропорошків сВN

Покриття поверхні зерен компактів у робочому шарі кубонітових кругів 12A2-45 125x5x3x32	Продуктивність обробки :					
	50 мм ³ /хв.		100 мм ³ /хв.		200 мм ³ /хв.	
	q, мг/г	Ra, мкм	q, мг/г	Ra, мкм	q, мг/г	Ra, мкм
Покриття сумішшю (В ₂ О ₃ + SiC) поверхонь зерен кубонітових та КП (50+50 %)	0,73	0,25	1,27	0,57	1,48	0,63
Покриття сумішшю (В ₂ О ₃ + SiC) поверхонь кубонітових зерен (100 %)	1,07	0,30	1,36	0,49	2,22	0,47
КВ 125/100 В2-08 100 без покриття поверхні зерен	0,88	0,42	1,24	0,56	2,50	0,83

Проаналізуємо результати табл. 2 з точки зору зносостійкості кубонітового інструменту. Зазначимо, що у нас є три варіанти кругів: круг із зернами KB 125/100 без покриття, зернами KB 125/100 з покриттям комбінацією B_2O_3+SiC та суміші (50+50) зерен 125/100 (KB та компакт) з покриттям поверхні зерен комбінацією B_2O_3+SiC . Дослідження засвідчили (див. табл. 2), що при збільшенні продуктивності обробки покриття поверхні кубонітових зерен дає ефект по підвищенню зносостійкості кругів, але наявність компактів дає ще більший ефект. Тобто, на відміну від алмазних кругів, ми спостерігаємо позитивний ефект від введення компактів з поверхнею покритою комбінацією B_2O_3+SiC . Разом з тим зазначимо, що шорсткість обробленої поверхні у кругів з компактами є меншою, аніж у непокритих зерен кубонітових кругів, але вона є все ж більшою, аніж у покритих, без компактів.

Основним висновком з наведеного вище, є те, що покриття поверхні зерен, як кубонітових, так і з наявністю зерен компакту може дати ефект по зносостійкості саме при збільшенні продуктивності обробки.

Тепер розглянемо особливості показників шорсткості оброблюваної поверхні. Зазвичай тут значний вплив має продуктивність шліфування, що ми і можемо спостерігати з табл. 2. Разом з тим звернемо увагу на те, що шліфувальні круги із зернами без покриття їх поверхні показують більші значення шорсткості обробленої поверхні за параметром Ra , аніж при покритих зернах. Разом з тим, очікуваного зменшення шорсткості при застосуванні компактів в робочому шарі кубонітового круга тут не відбулося.

Звернемо також увагу на те, як відрізняється наповненість шорсткої поверхні за таким параметром кривої опорної поверхні, як $t50$ при наявності багатокомпонентних покриттів поверхонь зерен компактів і без неї. Тут ми можемо порівняти дані по трьом варіантам кругів, які викладені нами вище і для різних продуктивностей шліфування, що наведені в табл. 3.

Таблиця 3. Показники шорсткості обробленої поверхні швидкорізальної сталі P6M5 шліфувальними кругами на полімерній зв'язці B2-08 із відносною концентрацією зерен у 100 % із різними варіантами покриттів поверхні зерен cBN при різних продуктивностях обробки

Покриття поверхні зерен cBN у робочому шарі кубонітових кругів 12A2-45 125x5x3x32	Показники шорсткості :			
	Ra , мкм	R_{max} , мкм	S_m , мкм	$t50$, %
Продуктивність шліфування 50 мм ³ /хв.				
KB 125/100 B2-08 100 без покриття поверхні зерен	0,42	3,36	32	60,81
Покриття сумішшю $B_2O_3+ SiC$ поверхні кубонітових зерен (100 %)	0,30	2,82	37	53,23
Покриття сумішшю $B_2O_3+ SiC$ поверхні зерен кубонітових KB та компактів КП (50+50 %)	0,25	2,24	48	48,48
Продуктивність шліфування 100 мм ³ /хв.				
KB 125/100 B2-08 100 без покриття поверхні зерен	0,56	3,54	68	44,81
Покриття сумішшю $B_2O_3+ SiC$ поверхні кубонітових зерен (100 %)	0,49	3,81	54	26,00
Покриття сумішшю $B_2O_3+ SiC$ поверхні зерен кубонітових KB та компактів КП (50+50 %)	0,57	3,78	83	69,58
Продуктивність шліфування 200 мм ³ /хв.				
KB 125/100 B2-08 100 без покриття поверхні зерен	0,83	5,40	50	67,29
Покриття сумішшю $B_2O_3+ SiC$ поверхні кубонітових зерен (100 %)	0,47	4,81	41	40,38
Покриття сумішшю $B_2O_3+ SiC$ поверхні зерен кубонітових KB та компактів КП (50+50 %)	0,63	5,65	37	65,79

Свого часу нами було встановлено [7, 8], що наявність компактів в робочому шарі кубонітового кругу дозволяє досягти шорсткості оброблюваної поверхні із так званими «масляними кишеньками», тобто у випадку підвищених (за 80 %) значень такого параметра кривої опорної поверхні, як $t50$. Аналіз даних табл. 3 свідчить про те, що для умов застосування компакту КП 125/100 з покриттям поверхні їх зерен сумішшю B_2O_3+SiC — це фактично не змінює характер і показники такої поверхні. Тобто, у цьому випадку компакти працюють у робочому шарі не як «опорні елементи», які впливають на формування мікронерівностей оброблюваної поверхні, а виключно як «захисні елементи», основна функція яких, спрямована саме на захист зв'язуючого у робочому шарі кубонітового кругу від зношування.

Висновки

1. Введення зерен компактів в робочий шар алмазного кругу (50 на 50) і покриття поверхні зерен цієї суміші в обох випадках погіршує зносостійкість алмазних кругів. Позитивний ефект від введення компактів можливо отримати лише у напрямку зниження шорсткості обробленої поверхні та збільшення її тримальної здатності у вигляді підвищення показника опорної кривої $t50$.

2. Дослідження засвідчили, що при збільшенні продуктивності обробки покриття поверхні кубонітових зерен дає ефект по підвищенню зносостійкості кругів, але додаткова наявність компактів дає ще більший ефект. Саме тут, на відміну від алмазних кругів, введення компактів з поверхнею покритою комбінацією B_2O_3+SiC дає позитивний ефект. Покриття поверхні зерен, як кубонітових, так і з наявністю зерен компакту може дати ефект по зносостійкості саме при збільшенні продуктивності обробки.

3. Хоча шорсткість обробленої поверхні у кругів з компактами є меншою, аніж у непокритих кубонітових кругів, проте вона є все ж більшою, аніж у покритих, але без компактів. Аналіз даних свідчить про те, що для умов застосування компакту КП 125/100 з покриттям поверхні їх зерен сумішшю B_2O_3+SiC — фактично не змінює не тільки характер ($t50$) і показники такої поверхні. Тобто, у цьому випадку компакти працюють у робочому шарі не як «опорні елементи», які впливають на формування мікронерівностей оброблюваної поверхні, а виключно як «захисні елементи», основна функція яких, спрямована саме на захист зв'язуючого у робочому шарі кругу від зношування.

Список використаної літератури

1. Influences of early-stage C diffusion on growth microstructures in solid-state interface reaction between CVD diamond and sputtered Cr / Zhuo Liu, Wei Cheng, Dekui Mu, Yueqin Wu, Qiaoli Lin, Xipeng Xu, Han Huang. *Materials Characterization*. Volume 196, February 2023, 112603.
2. Microstructural, mechanical and tribological behavior of nanodiamonds reinforced plasma sprayed nickel-aluminum coating / Shubhendra Shivam Maurya, Krishna Kant Pandey, Swati Sharma, Sudha Kumari, Kamlesh Kumar Mirche, Deepak Kumar, Shailesh Mani Pandey, Anup Kumar Keshri. *Diamond and Related Materials*. Volume 133, March 2023, 109714.
3. AlN/diamond interface nanoengineering for reducing thermal boundary resistance by molecular dynamics simulations / Zijun Qi, Wei Shen, Rui Li, Xiang Sun, Lijie Li, Qijun Wang, Gai Wu, Kang Liang. *Applied Surface Science*. Volume 615, 1 April 2023, 156419.
4. Effect of bias-enhanced nucleation on the microstructure and thermal boundary resistance of GaN/SiN_x/diamond multilayer composites / Yiming Wang, Bing Zhou, Guoliang Ma, Jiaqi Zhi, Chao Yuan, Hui Sun, Yong Ma, Jie Gao, Yongsheng Wang, Shengwang Yu. *Materials Characterization*. Volume 201, July 2023, 112985.
5. Enhancement of oxidation resistance via titanium boron carbide coatings on diamond particles / Youhong Sun, Chi Zhang, Jinhao Wu, Qingnan Meng, Baochang Liu, Ke Gao, Linkai He. *Diamond and Related Materials*. Volume 92, February 2019. P. 74–80.
6. Формування комбінованих багатокомпонентних термостабільних зносостійких покриттів з суміші розчинних та нерозчинних речовин: оксидів, силікатів та карбідів на поверхні зе-

рен шліфпорошків абразивного призначення. Технологічна інструкція ТІ 25000.00855. Київ: ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, 2022. 10 с.

7. Lavrinenko, V.I., Sytnyk, B.V., Poltorats'kyi, V.G., Bochechka, O.O., Solod, V.Yu. Composites based on cBN micron powders structured by carbon binder for the application as functional elements in the working layer of diamond-abrasive tools. Part 1. Composite grits as abrasive elements. *Journal of Superhard Materials*, 2014, 36(3), P. 193–198.
8. Lavrinenko, V.I., Sytnyk, B.V., Poltorats'kyi, V.G., Bochechka, O.O., Solod, V.Yu. Composites based on cBN micron powders structured by carbon binder for the application as functional elements in the working layer of diamond-abrasive tools. Part 2. Composites as bearing elements. *Journal of Superhard Materials*, 2014, 36(5), P. 338–343.

FORMATION OF COMBINED WEAR-RESISTANT COATINGS ON THE SURFACE OF THE GRAINS OF A MIXTURE OF DIAMOND GRINDING POWDER (OR CNB) AND COMPACTS BASED ON CBN MICROPOWDER FOR APPLICATION IN GRINDING TOOLS

Abstract

Modern technologies of abrasive processing of materials require the use of powders with unique properties of thermal stability and wear resistance, specific grain morphology that improves the modification process, with increased chemical and thermal resistance in the abrasive tool. The main way to solve this problem is to use synthetic diamond grinding powders and composite grinding powders based on cBN abrasive micropowders with formed thermostable wear-resistant, combined from a mixture of soluble and insoluble activated by mechano-chemical technology as abrasives in the working layer of the abrasive tool components, oxygen- and carbide-containing coatings.

The purpose of this article was to study the formation of coatings on diamond grains (and their mixtures with compacts) from 2- and 3-components, their further use in diamond grinding tools and the establishment of the most effective combined coatings to increase the wear resistance of grinding wheels and improving the roughness of the machined surface with such wheels.

The introduction of grains of compacts into the working layer of the diamond wheel (50 by 50) and the coating of the surface of the grains of this mixture worsens the wear resistance of diamond wheels. Studies have shown that with an increase in processing productivity, the surface coating of cBN grains has the effect of increasing the wear resistance of wheels, but the additional presence of compacts gives an even greater effect. It is here, in contrast to diamond wheels, that we have a positive from the introduction of compacts with a surface coated with a combination of B_2O_3+SiC . The main conclusion is that coating the surface of grains, both cBN and with the presence of compact grains, can give an effect on wear resistance precisely when processing productivity is increased.

References

- [1] Zhuo, Liu., Wei, Cheng., Dekui, Mu., Yueqin, Wu., Qiaoli, Lin., Xipeng, Xu. & Han, Huang. (2023). Influences of early-stage C diffusion on growth microstructures in solid-state interface reaction between CVD diamond and sputtered Cr. *Materials Characterization*. Volume 196, February. 112603.
- [2] Shubhendra Shivam, Maurya., Krishna Kant, Pandey., Swati, Sharma., Sudha, Kumari., Kamlesh Kumar, Mirche., Deepak, Kumar., Shailesh Mani, Pandey. & Anup Kumar, Keshri. (2023). Microstructural, mechanical and tribological behavior of nanodiamonds reinforced plasma sprayed nickel-aluminum coating. *Diamond and Related Materials*. Volume 133, March. 109714.
- [3] Zijun, Qi., Wei, Shen., Rui, Li., Xiang, Sun., Lijie, Li., Qijun, Wang., Gai, Wu. & Kang, Liang. (2023). AlN/diamond interface nanoengineering for reducing thermal boundary resistance by molecular dynamics simulations. *Applied Surface Science*. Volume 615, 1 April. 156419.

- [4] Yiming, Wang., Bing, Zhou., Guoliang, Ma., Jiaqi, Zhi., Chao, Yuan., Hui, Sun., Yong, Ma., Jie, Gao., Yongsheng, Wang. & Shengwang, Yu. (2023). Effect of bias-enhanced nucleation on the microstructure and thermal boundary resistance of GaN/SiN_x/diamond multilayer composites. *Materials Characterization*. Volume 201, 112985.
- [5] Youhong Sun, Chi Zhang, Jinhao Wu, Qingnan Meng, Baochang Liu, Ke Gao, Linkai He (2019) Enhancement of oxidation resistance via titanium boron carbide coatings on diamond particles. *Diamond and Related Materials*. Volume 92, February 2019. Pp. 74–80.
- [6] Tekhnologichna instrukcia TI25000.00855 (2022). Formuvannja kombinovanich bagatokomponentnuch termostabilnuch pokrutiv z sumichi pozchinnuch ta nerozchinnuch rechovun: oksidiv, sulikativ ta karbidiv na poverchni zeren shlifporoshkiv abrazivnogo pruznachennja [*The formation of combined multi-component thermostable wear-resistant coatings from a mixture of soluble and insoluble substances: oxides, silicates and carbides on the surface of grains of abrasive grinding powders*]. Kyiv: INM named after V.M. Bakulya of the National Academy of Sciences of Ukraine (in Ukrainian).
- [7] Lavrinenko, V.I., Sytnyk, B.V., Poltorats'kyi, V.G., Bochechka, O.O., Solod, V.Yu. (2014). Composites based on cBN micron powders structured by carbon binder for the application as functional elements in the working layer of diamond-abrasive tools. Part 1. Composite grits as abrasive elements. *Journal of Superhard Materials*, 36(3), P. 193–198.
- [8] Lavrinenko, V.I., Sytnyk, B.V., Poltorats'kyi, V.G., Bochechka, O.O., Solod, V.Yu. (2014) Composites based on cBN micron powders structured by carbon binder for the application as functional elements in the working layer of diamond-abrasive tools. Part 2. Composites as bearing elements. *Journal of Superhard Materials*, 36(5), P. 338–343.

Надійшла до редколегії 15.11.2023