УДК 621.923

Лавріненко В.І., докт. техн. наук, професор
Скрябін В.О., заст. завідувача відділу
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, м. Київ, lavrinen52@gmail.com
Солод В.Ю., канд. техн. наук, доцент
Кашинський І.С., асистент
Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, v_solod@ukr.net

СУЧАСНІ РОЗРОБКИ В НАНЕСЕННІ ПОКРИТТІВ НА АЛМАЗНІ ЗЕРНА З МЕТОЮ ЗМІНИ МЕХАНОХІМІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ЇХ ПОВЕРХНІ

Покриття зерен алмазів є важливим фактором впливу на зміну їх властивостей та підвищення утримання у зв'язуючому робочого шару шліфувального кругу. Враховуючи, що цей напрямок активно розвивається, в даній роботі нами приділено увагу саме на сучасних напрацюваннях, які є у наукових публікаціях за 2023-2024 р. Вкажемо, що тут нас найбільше цікавили розробки у напрямку нанесення покриттів на алмазні зерна, які би змінювали механохімічну активність поверхні зерен, як з боку контакту з оброблюваним матеріалом, так із боку контакту зі зв'язкою, яка утримує зерна алмазів.

Алмазні плівки (АП) мають високу твердість і хімічну інертність, що ускладнює їх обробку. В статті [1] запропоновано шліфувати АП за допомогою шліфувального круга, що містить нікельовані (Ni) алмазні абразиви на основі механохімічного ефекту. Максимальна середня швидкість видалення матеріалу алмазної плівки досягла 2469 нм/хв. при зусиллі шліфування 600 Н при швидкості 600 об/хв., а мінімальна середня шорсткість поверхні алмазної плівки досягла 3,93 нм. Швидкість видалення алмазної плівки пояснюється каталітичним ефектом покриття Ni, яке викликає графітизацію алмазної плівки в контактних точках під дією високої температури під час тертя. Згодом її можна видалити механічною дією абразивів.

В роботі [2] розглядається інший варіант шліфування АП, заснований на застосуванні механохімічного впливу при покритті алмазних абразивів титановим (Ti) покриттям, напиленим у вакуумі. Шар покриття утворює структуру алмаз-TiC-Ti, що простягається від алмазної матриці у напрямку Ti-покриття. Швидкість зйому матеріалу (MRR) АП значно збільшується в результаті наявного активного Ti-покриття на алмазних абразивах, що реагує з АП в місцях контакту. Підтримання швидкості шліфування 600 об/хв при збільшенні тиску шліфування з 300 Н до 600 Н приводить до підвищення MRR з 388 нм/хв. до 1662 нм/хв. Основним механізмом видалення матеріалу є реакція між Ti-покриттям і АП, а також графітизація АП.

В статті [3] запропонований ще один варіант прискорення шліфування АП на основі механохімічного ефекту. Застосовувався метод вакуумного випарювання для нанесення каталітично активного покриття Cr на алмазні абразивні зерна. Під час шліфування покриття Cr на активних абразивах вступало у реакцію з алмазною плівкою з утворенням Cr_3C_2 або викликало графітизацію у точках контакту при високій температурі з-за тертя. Показано, що шліфувальний круг із хромовим покриттям продемонстрував вищий MRR порівняно з алмазним шліфувальним кругом без покриття. Максимальний MRR алмазної плівки досяг 1438 нм/хв. за умови шліфування 700 Н та 600 об/хв.

У роботі [4] звернена увага на між алмазом і мідною матрицею. Експериментальні результати показують, що шар W-покриття може ефективно покращити змочуваність поверхні алмазу та зменшити кут змочуваності зі 108,6° до 13,2°. Шар W може значною мірою запобігати графітизації поверхні алмазу. Теплопровідність композиту з W-покриттям з вмістом алмазу 18,4 об.% досягає 575 Вт/(м·К), що на 43,3% вище, ніж у чистої Cu.

Введення проміжного шару є ефективним методом покращення міжфазної теплопровідності (G) межі Cu/алмаз. В статті [5] представлено шар на цій межі аморфного вуглецю (a-C) за допомогою бомбардування іонами Ar, збагачений киснем за допомогою бомбардування іонами суміші Ar/O_2 і зв'язок C-O шляхом обробки кислотою на межі розділу Cu/алмаз. Порівняно з попередньо очищеним інтерфейсом Cu/алмаз, збільшення G на 35% досягається шляхом вставлення проміжного шару a-C товщиною 4,5 нм між Cu та алмазом, що в основному відбувається завдяки ефекту вібраційного мостика.

Низька міжфазна міцність між матрицею на основі заліза та алмазами призводить до того, що частинки алмазу передчасно відпадають, що суттєво впливає на ефективність різання алмазних композитів. Робота [6] була спрямована на оптимізацію міжфазної мікроструктури та механічних властивостей композитів алмаз/Fe-Ni-WC шляхом нанесення шару Mo_2C на частинки алмазу. Алмази з Mo_2C-покриттям були отримані за допомогою методу розплавленої солі. Композити Алмаз/Fe-Ni-WC були спечені методом гарячого пресування під вакуумом. Енергодисперсійне спектроскопічне сканування показало, що шар покриття Mo_2C змінив міжфазний склад між матрицею та алмазами зі сплаву Fe–C на Mo_2C, покращуючи міцність розділу. Крім того, висоту алмазного виступу композитів було збільшено за рахунок додавання інтерфейсу Mo_2C, що призвело до покращення ефективності різання просочених алмазних інструментів. Тобто, в даній роботі досліджений вплив шару Mo_2C на механічні властивості і міцність композитів алмаз/Fe-Ni-WC. Показано, що додавання шару Mo_2C приводить до зміни складу межі розділу алмаз-матриця зі сплаву Fe–C на Mo_2C. Ця зміна складу інтерфейсу приводить до збільшення міжфазної міцності, про що свідчить міцність на згин 996 МПа, що на 24% вище, аніж у композита алмаз/Fe-Ni-WC без покриття. Підвищення міжфазної міцності поліпшує тримальну здатність матриці на алмазі, що збільшує висоту виступу алмаза, і ефективність різання композитів алмаз/Fe-Ni-WC з покриттям Mo_2C збільшується.

Тобто наведене вище свідчить про те, що саме застосування при покритті алмазних абразивів ефекту подальшого механохімічного впливу, як на межу алмаз-зв'язка, так і на контакт поверхні алмазного зерна із оброблюваним матеріалом, дозволяє підвищити ефективність застосування алмазно-абразивного інструменту.

Список посилань

1. Rapid grinding diamond film using a grinding wheel containing nickel-plated diamond abrasives based on mechanochemical effect / Yingke Zhou, Yanhui Wang, Shengyao Su, Lixiang Zhao, Menghui Zhao, Yungang Yuan, Jianbing Zang, Jing Lu, Xipeng Xu, Pingwei Zhang. *Diamond and Related Materials.* Volume 139, November 2023, 110389.

2. Mechanochemical grinding diamond film using titanium-coated diamond active abrasives prepared by vacuum micro-evaporation coating / Yingke Zhou, Jianbing Zang, Shengyao Su, Chaoyang Zhang, Lixiang Zhao, Yungang Yuan, Yanhui Wang, Jing Lu, Xipeng Xu, Pingwei Zhang. *Applied Surface Science*. Volume 638, 30 November 2023, 158094.

3. Efficient grinding diamond film using chromium-coated diamond grinding wheel based on mechanochemical effect / Yingke Zhou, Jianbing Zang, Shengyao Su, Lixiang Zhao, Chaoyang Zhang, Yungang Yuan, Yanhui Wang, Jing Lu, Xipeng Xu, Pingwei Zhang. *Journal of Materials Processing Technology*. Volume 320, November 2023, 118123.

4. Highly conductive diamond skeleton reinforced Cu-matrix composites for high-efficiency thermal management / Zengkai Jiao, Long Zhang, Zejun Deng, Haichao li, Xiang Wang, Yuan Gang, Yijia Wang, Li Ma, Kechao Zhou, Qiuping Wei. *Applied Surface Science*. Volume 645, 1 February 2024, 158829

5. Amorphous carbon interlayer modulated interfacial thermal conductance between Cu and diamond / Yongjian Zhang, Ziyang Wang, Ning Li, Fangyuan Sun, Jinpeng Hao, Haijun Wu, Hailong Zhang. *Applied Surface Science*. Volume 638, 30 November 2023, 158001.

6. Mo_2C interface layer: effect on the interface strength and cutting performance of diamond/Fe-Ni-WC composites / Xinyue Mao, Qingnan Meng, Mu Yuan, Sifan Wang, Shiyin Huang, Baochang Liu. *Journal of Materials Research and Technology*. Volume 25, July–August 2023, Pages 2029-2039.