

УДК 621.921.343

Л. П. Стасюк, канд. техн. наук; В. М. Ткач, д-р фіз-мат. наук,
Ю. О. Мельнійчук, канд. техн. наук; С. Д. Заболотний

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

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ АЛМАЗНО-ТВЕРДОСПЛАВНИХ ПЛАСТИН, ОТРИМАНИХ РІЗНИМИ СПОСОБАМИ

Методом растрової електронної мікроскопії досліджено структуру алмазно-твердосплавних пластин (АТП), отриманих методами прямого просочування з підкладки і спікання з додаванням кобальту до алмазного порошку. Показано механізм зношування АТП при струганні пісчаника і граніту. Вивчено вплив Со на зносостійкість АТП.

Ключові слова: алмазно-твердосплавні пластини, високий тиск, висока температура, структура, механізм зношування.

Алмазно-твердосплавні пластини широко використовують у різних галузях промисловості: нафтовидобувній, гірничо-видобувній, металообробній, деревообробній та інш. Основний метод отримання АТП - спікання алмазних порошоків на твердосплавній підкладці за високого тиску (5–6 ГПа) і температури (1400–1600 °С) [1]. Використання металів групи заліза – Со і Ні для спікання АТП описано в [2–4]. Зокрема, зазначено, що за високого тиску і високої температури ці метали розчиняють вуглець, який міститься в алмазному порошок, з подальшою його кристалізацією з пересиченого розчину у вигляді алмазу, що сприяє утворенню суцільного алмазного каркасу в алмазовмісному шарі пластини. Під цим оглядом Со і Ні називають металами розчинниками-каталізаторами

спікання АТП. Ще однією підставою для використання цих матеріалів є відносно низька температура утворення евтектик з вуглецем. Згідно з [5] у системі Со–С евтектика утворюється за температури 1308 °С, у системі Ні–С – 1315 °С.

В ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України розроблено технологію виготовлення АТП з висотою алмазного шару 1,7 мм марки АТПБ R1304-17 методом прямого просочування з твердосплавної підкладки. Спікання здійснювали в апараті високого тиску «Горюд-30» за тиску 7,7 ГПа і температури

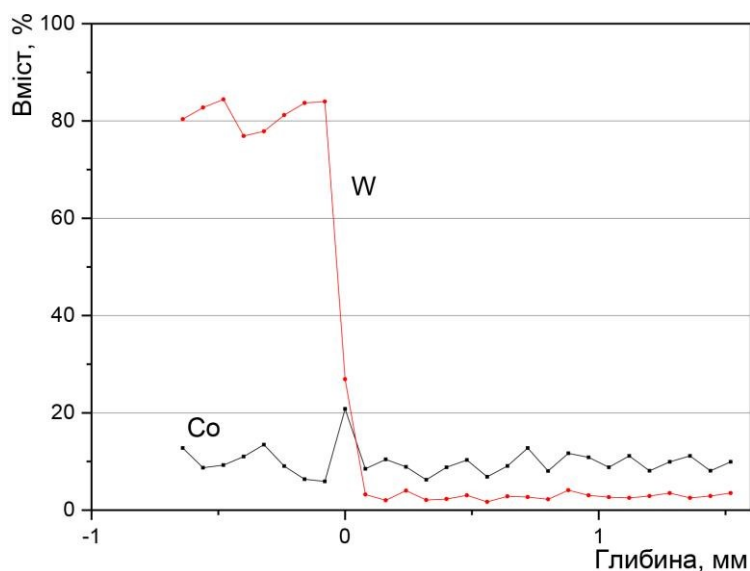


Рис. 1. Криві розподілу металів W і Со в АТПБ R1304-17

1800 °С. У [6] показано, що кобальт інфільтрує в алмазну пресовку за температури 1440 °С, евтектика Со–WC – 1700 °С. За допомогою мікрорентгеноспектрального аналізу на растровому електронному мікроскопі ZEISS-EVO50 оснащеному енергодисперсійним

аналізатором INCA Penta FETx3, дослідили структуру АТПБ R1304-17. Результати вивчення розподілу вольфраму і кобальту у спеченій АТП (рис. 1) засвідчують, що в підкладці на глибині понад 70 мкм від межі підкладки – алмазовмісний шар склад твердого сплаву відповідає марці ВК15, на відстані 70–10 мкм сплав збагачений кобальтом і в зоні 10 мкм спостерігається значне збільшення вмісту кобальту з одночасним зменшенням вмісту вольфраму. Це свідчить про утворення в підкладці рідкої фази Co-WC евтектичного складу, що за атмосферного тиску містить 64 мас.% Co–36 мас.% WC; температура плавлення – 1320

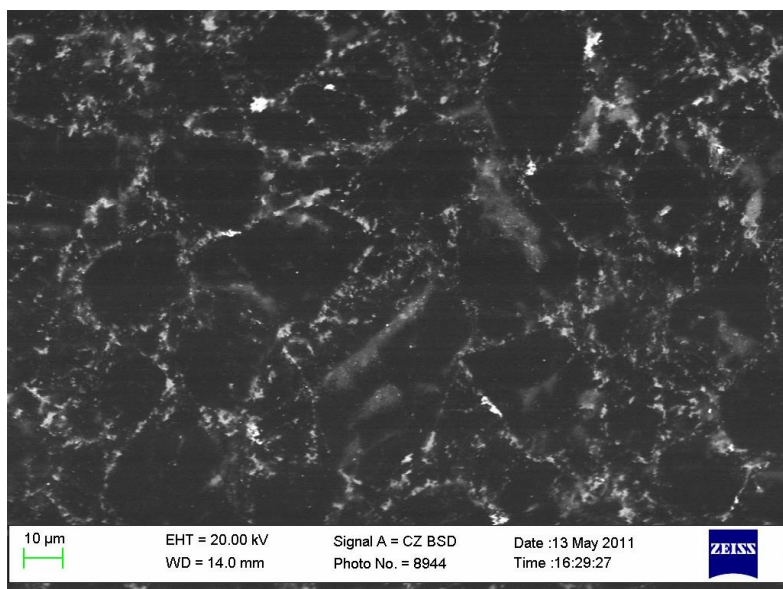


Рис. 2. Структура алмазовмісного шару АТПБ R1304-17

°C [7]. У подальшому утворена рідка фаза інфільтрує в алмазний порошок і сприяє утворенню полікристалічного алмазного шару. За температури спікання 1800 °C і тиску 7,7 ГПа просочування відбувається дуже швидко і формується алмазний шар АТП за хвилину. Мікроструктура алмазовмісного шару АТП становить суцільний полікристал з кристалів алмазу розміром 40–20 мкм і дрібніших зерен, розміщених у проміжках між ними з тонкими прожилками металічної фази (рис. 2).

Склад зв'язуючої фази приблизно відповідає евтектиці Co-WC. Результати докладнішого дослідження металічної фази засвідчили, що вона складається з твердого розчину карбіду вольфраму в кобальті та зерен WC.

Для оцінювання якості АТП їх тестують, визначаючи працездатність за розміром площадки зношування при струганні пісчаника за стандартною методикою згідно ТУ 88 Україна 90.1244-91 «Пластини алмазно-твердосплавні для різального інструменту». З результатів дослідження структури площадки зношування випливає, що в алмазних зернах з'являються дефекти (рис. 3, а). Результати докладнішого вивчення (рис. 3, б) засвідчують, що основним механізмом зношування є подрібнення алмазних зерен з подальшим їх сколюванням. З огляду на те, що при струганні пісчаника в зоні різання розвивається висока температура внаслідок тертя між алмазом і пісчаником, можна вважати, що алмази зношуються не шляхом стирання, а внаслідок подрібнення і сколювання. Згідно з твердженням, наведеним у [8] алмазний шар АТП за високої температури зношується через руйнування кристалів внаслідок різниці коефіцієнтів термічного розширення алмазу і металу-активатора спікання: 1 мкм/мК – для алмазу і 13 мкм/мК – для кобальту. Ще однією причиною руйнування алмазного полікристалу є хімічна реакція між алмазом і кобальтом за температури близько 800 °C, за якої алмаз перетворюється на графіт. Таким чином, великий вміст кобальту в АТПБ R1304-17 можна вважати причиною зношування АТП через подрібнювання і сколювання зерен за підвищеної температури, що розвивається в зоні різання.

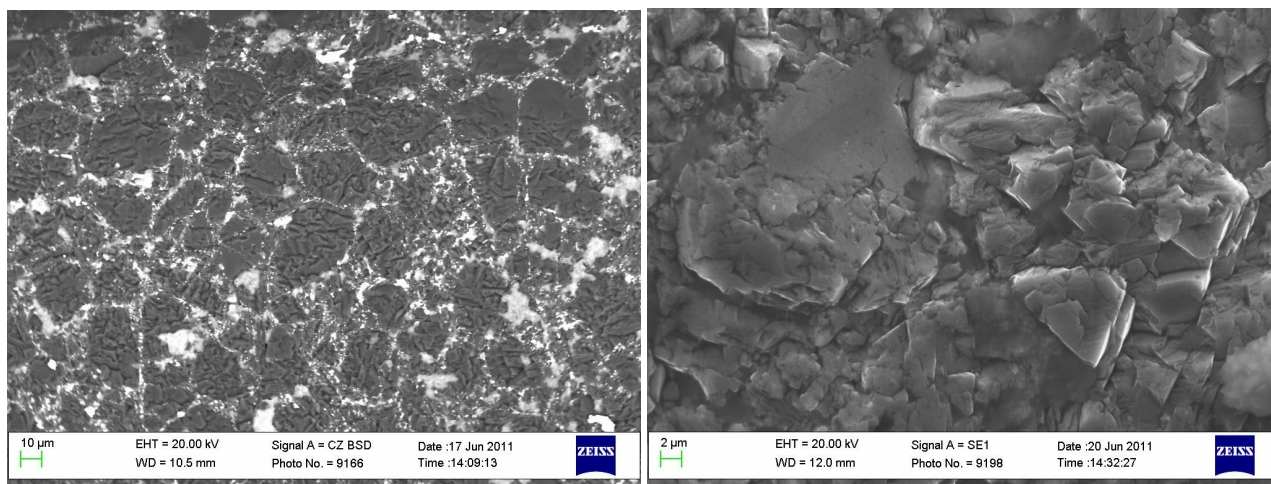


Рис. 3. Структура площадки зношування АТПБ R1304-17 при струганні пісчаника: а – $\times 500$, б – $\times 2500$

З метою зниження параметрів спікання до 5 ГПа і 1500 °С за одночасного подовження спікання до 10 хвилин використовують добавки кобальту до алмазного порошку. Такий спосіб спікання пластин найчастіше використовують за кордоном [9; 10] і позначають ці пластини PCD. На зображенні загального вигляду алмазозного шару пластини Syndrill GDX R1613-20D (рис. 4) видно, що в його поверхневій частині виділяється шар висотою 0,25 мм, який відрізняється за структурою від загальної структури пластини.

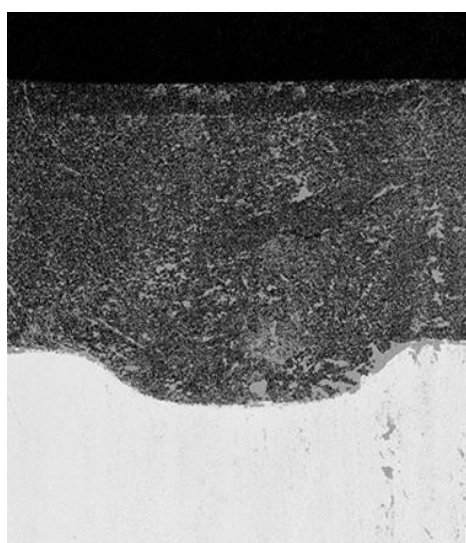


Рис. 4. Загальний вигляд алмазовмісного шару пластини Syndrill GDX R1613-20D

Результати вивчення розподілу металів W і Co в алмазозному шарі PCD засвідчують, що в його поверхневій частині вміст Co значно менший, ніж в основному за незначного зменшення вмісту W (рис. 5). В основному шарі пластини вміст Co становить у середньому 6 мас.%, що дещо менше, ніж при спіканні методом прямого просочування з підкладки – 9 мас.%. Це свідчить про те, що при тривалому спіканні (10 хв.)

в його поверхневій частині виділяється шар висотою 0,25 мм, який відрізняється за структурою від загальної структури пластини. Результати вивчення розподілу металів W і Co в алмазозному шарі PCD засвідчують, що в його поверхневій частині вміст Co значно менший, ніж в

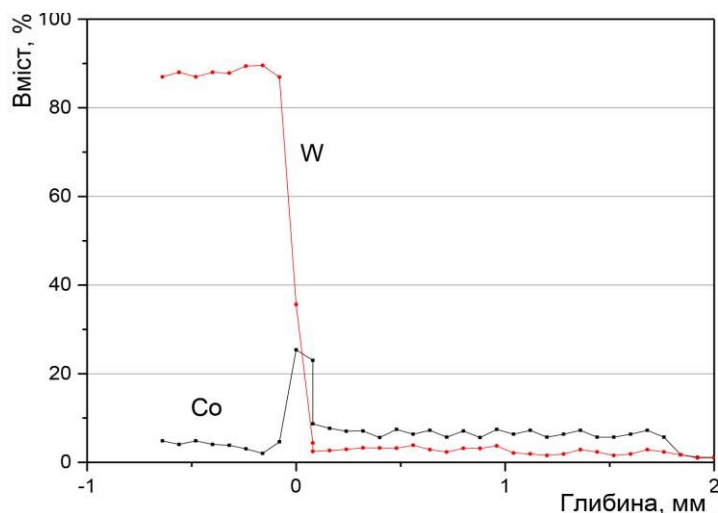


Рис. 5. Криві розподілу металів W і Co в алмазовмісному шарі пластини Syndrill GDX R1613-20D

міжзеренні зв'язки формуються інтенсивніше внаслідок пластичного течіння алмазу. Основу структури алмазного шару PCD становлять зерна розміром 20 мкм з великою кількістю зрощених зерен. Досягти такого значного зменшення вмісту Со у поверхневому шарі пластини з 6 до 1 мас.% можна за допомогою хімічного витравлювання кобальту кислотами – так званім процесом leaching, який докладно описано в іноземних патентах [11; 12].

Результати тестування PCD методом «VTL-C Test» при струганні граніту засвідчили, що на зображенні площадки зношування (рис. 6) виділяються дві зони. У поверхневій частині алмазовмісного шару розміром 0,25 мм полікристал зношується через стирання

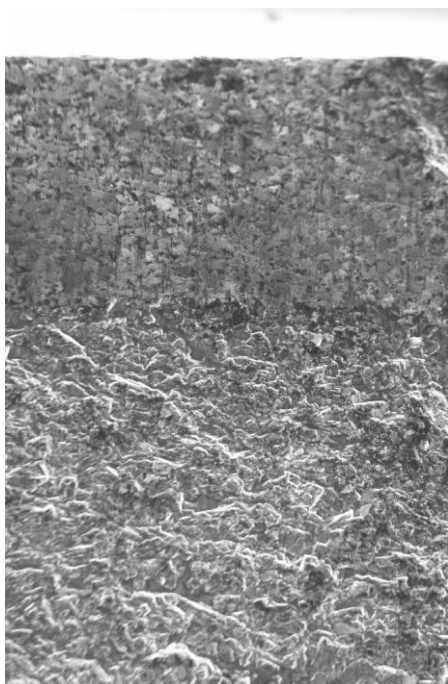


Рис. 6. Загальний вигляд структури площадки зношування Syndrill GDX R1613-20D при струганні граніту

окремих зерен, на яких утворюються пласкі площадки. У нижній частині алмазовмісного шару зношування відбувається шляхом подрібнення і сколювання зерен, на поверхні яких з'являються гострі виступи і сколи. Різний механізм зношування поверхневої частини пластини і основного шару зумовлений різним вмістом кобальту в них. Такий вплив кобальту на зношування PCD зумовлений [8] негативними процесами, що відбуваються в алмазному шарі за високої температури, яка розвивається в зоні різання.

Таким чином, спікання АТП методом прямого просочування з твердосплавної підкладки при підвищених параметрах – 7,7 ГПа і 1800 °С відбувається шляхом інфільтрації евтектики Со-WC в алмазний порошок, у результаті чого формується суцільний алмазний полікристал. Перевага способу полягає у використанні нетривалого часу максимальної температури спікання – 1 хв. Проте це призводить до значного вмісту кобальту в алмазовмісному шарі. При спіканні PCD з додаванням кобальту до алмазного порошку параметри спікання знижуються до 5 ГПа і 1500 °С, проте потребуються триваліші витримання при максимальній температурі спікання – 10 хв. У результаті вміст кобальту у спеченому алмазному шарі зменшується і додаткові міжзеренні зв'язки створюються шляхом пластичного течіння алмазу. За високої температури, що розвивається в зоні різання при струганні пісчаника або граніту, значний вміст кобальту призводить до зношування алмазного шару через руйнування та сколювання кристалів. Значне зменшення вмісту кобальту в алмазному шарі методом хімічного витравлювання (leaching) зумовлює зміну механізму зношування PCD шляхом стирання зерен і підвищення зносостійкості пластини. Отже, кобальт негативно впливає на зносостійкість АТП.

Методом растрової електронної мікроскопії досліджена структура алмазно-твердосплавних пластин (АТП), отриманих методами прямої пропитки із підложки і спекання з додаванням кобальта в алмазний порошок. Показан механізм изнашивания АТП при строгании песчаника и гранита. Изучено влияние Со на износостойкость АТП.

Ключевые слова: алмазно-твердосплавные пластины, высокое давление, высокая температура, структура, механизм износа.

INVESTIGATION OF THE STRUCTURE OF DIAMOND-CARBIDE PLATES OBTAINED BY DIFFERENT METHODS

Structure of PCD developed by method of infiltration from substrate and sintered with the addition cobalt to diamond powder were investigated using SEM, EDS methods. The mechanism of wear during rock cutting were studied. The influence of cobalt on wear resistance are shown.

Key words: PCD, HPHT, structure, wear resistance.

Література

1. Wentorf R. H., DeVries R. C., Bundy F. P. Sintered Superhard Materials // Sci. – 1980. – Vol. 208. – P. – 873–880.
2. Bex P. A. What is Syndite PCD? //Proc. adamant Seminar. – Dusseldorf, 1984.
3. Sintering behavior of the diamond-cobalt system at high temperature and pressure / M. Akaishi, H. Kanda, Y. Sato. et al. // J. of mater. sci. – 1982. – Vol.17. – P.193 –198.
4. Поликристаллические материалы на основе алмаза / А. А. Шульженко, В. Г. Гаргин, В. А. Шишкин, А. А. Бочечка. – К.: Наук. думка, 1989. – 192 с.
5. Косолапова Т. Я. Карбиды. – М.: «Металлургия», 1968. – 299 с.
6. Бочечка А. А., Гаргин В. Г. Миграция кобальта в алмазный порошок из твердого сплава при высоком давлении // Влияние высоких давлений на свойства материалов. – К.: ИПМ АН УССР, 1990. – С. 103–107.
7. Лисовский А. Ф. Миграция расплавов металлов в спеченных композиционных телах. – К.: Наук. думка, 1984. – 256 с.
8. Pat. 2520319 C2 RU. Cutter of polycrystalline diamond with high heat conductivity / Durfage et al. – Publ. 03.26.10.
9. U.S. Pat. N 7.575.805. Polycrystalline diamond abrasive element / Achilles et al. – 2009. Aug 18.
10. WO 2004106004 (A1). Polycrystalline diamond abrasive elements / Lancaster et al. – 2004. –12-09.
11. Pat. 2418215 UK. Thermally stable diamond polycrystalline diamond constructions / Eyre et al. – Publ. 14.07.2010.
12. Pat. 20100307070 USA. Method of fabricating polycrystalline diamond and a polycrystalline diamond compact / Bertagnolly et al – Dec 9, 2010

Надійшла 24.05.16

УДК 621.921.34.001.73:661.878

Т. О. Куриляк

Институт надтвердых материалов ім. В.М. Бакуля НАН України, м. Київ

ВПЛИВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПОКРИВУ ЧАСТИНОК АЛМАЗНОГО НАНОПОРОШКУ НА СПІКАННЯ НАНОКОМПЗИТУ «АЛМАЗ – КАРБІД ВОЛЬФРАМУ»

Наведено результати досліджень впливу функціонального покриття поверхні алмазного нанопорошку на взаємодію в системі С–W–О і спікання наноккомпозиту "алмаз – карбід вольфраму". Додаток вольфраму інгібує процес окиснення алмазу. При малому вмісті вольфраму уповільнюється