

УДК 621.921.34-419:662.23.05

**IMPROVEMENT OF THE OPERATIONAL PROPERTIES OF
POLYCRYSTALLINE DIAMOND HYBRID MATERIAL
УДОСКОНАЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ПОЛІКРИСТАЛІЧНОГО АЛМАЗНОГО ГІБРИДНОГО МАТЕРІАЛУ**

Sokolov O.M. / Соколов О.М.*c. t. s., dep. head depart. / к.т.н., заст. зав. від.*

ORCID: 0000-0003-3783-0545

Harhin V. H. / Гаргін В.Г.*c. t. s., sen. res. / к.т.н., с.н.с.*

ORCID: 0000-0003-3962-8826

V. Bakul Institute for superhard materials NAS for Ukraine Kyiv, Avtozavodska, 2, 04074

***Анотація.** В статті розглянуто шляхи удосконалення властивостей алмазного гібридного матеріалу, одержаному спіканням в умовах високих тиску і температури*

***Ключові слова:** алмаз, композит, гібрид, високий тиск*

***Abstract.** The article discusses ways to improve the properties of the diamond hybrid material obtained by sintering under conditions of high pressure and temperature*

***Key words:** diamond, composite, hybrid, high pressure*

Вступ

Розвиток сучасної промисловості неможливий без використання надтвердих матеріалів, зокрема, полікристалічних алмазів в різних областях: машинобудуванні, будівництві, геологорозвідці. Завдяки унікальності властивостей алмазу (твердість, висока теплопровідність і низький коефіцієнт тертя) інструмент, оснащений робочими елементами на основі полікристалів з синтетичного алмазу з 60-х років минулого сторіччя активно впроваджується в багато галузей промисловості [1]. Перспективність розвитку технологій одержання полікристалів спіканням мікропорошків алмазу пов'язана з тим, що алмази, незважаючи на їх генезис (природні або синтетичні), з однієї сторони є найбільш твердими і найбільш зносостійкими загальнодоступними матеріалами, а з іншої для них притаманні механічні властивості, які обмежують їх промислове застосування. Перш за все це низькі в'язкість руйнування і ударна в'язкість, які є наслідком анізотропії фізико-механічних властивостей алмазу. В той же час характерна риса полікристалу є ізотропія його властивостей.

Полікристали одержують спіканням алмазних мікропорошків при високих тисках і температурах. Використання техніки високих тисків при спіканні пов'язано з необхідністю забезпечення неперервного каркасу алмазних

частинок за рахунок формування зв'язків алмаз–алмаз та утворення щільної високодисперсної зеренної структури. Основна роль у формуванні зв'язку алмаз–алмаз належить пластичній деформації алмазних частинок. Встановлено, що для їх ефективної консолідації шляхом пластичної деформації необхідна наявність високих тисків і температур, які відповідають термодинамічній стабільності алмазу [2]. При цьому формування міжалмазних границь визначається, головним чином, розвитком масопереносу в місцях взаємного мікроіндентування зерен. Зазвичай технологічні параметри спікання складають: тиск 7–10 ГПа, температура – близько 2400 К.

Основний текст

Одним з перспективних напрямків отримання полікристалічних алмазів є спікання алмазів різного генезису з метою одержання гібридних матеріалів, в яких, зокрема будуть поєднуватись високі фізико-механічні характеристики порошків алмазу статичного синтезу і алмазу, одержаного CVD методом.

Прикладом успішної реалізації такого підходу є матеріал гібридайт [3] – гібридний ультратвердий композиційний полікристалічний композиційний матеріал, отриманий на основі армування полікристалічного алмазного композиту (АКТМ) [4], полікристалічним алмазом, що вирощується методом осадження з газової фази (CVD-алмаз. Таким чином, реалізація технології створення такого матеріалу є комбінація техніки високих тисків та CVD-методу.

Уявлення про внутрішню будову зразка дає тривимірна модель гібридного ультвердого матеріалу (гібридайту), побудована за результатами томографічних досліджень (рис. 1, а) та дані електронної мікроскопії (рис. 2, б), отримані з використанням мікротомографа SKYSCAN 1074 і електронного мікроскопа ZEISS EVO 5.

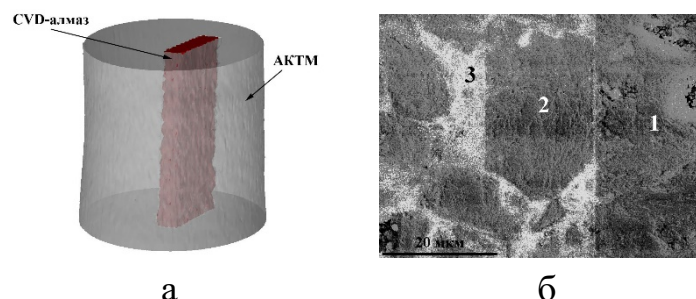


Рисунок 1 – Тривимірне зображення зразка гібридайту, отримане методом рентгенівської мікротомографії (а) та у вторинних електронах (б): 1 – CVD-алмаз; 2 – алмазне зерно матриці; 3 – дрібні зерна алмазу та карбїду кремнію

Характерною особливістю полікристалічної алмазної оболонки ультратвердого полікристалічного матеріалу є наявність безперервного жорсткого каркасу зі зрощених зерен алмазу, який формується в області його термодинамічної стабільності. Зерна, що становлять каркас, – це, по суті, монокристали алмазу, які поєднують унікальні фізико-механічні та теплофізичні властивості. Наскільки ці властивості реалізуються в полікристалі, залежить від ступеня зв'язку алмаз – алмаз. Основна роль цьому процесі належить пластичної деформації частинок матеріалу, формуючого оболонку.

Вивчення твердості складових матеріалу індентором Віккерса при навантаженні 4,9 Н показало, що твердість пластини CVD-алмаз в оболонці АКТМ склала 142 ГПа, при вихідній твердості 77 ГПа. Твердість полікристалічної оболонки (АКТМ) становила 50 гПа.

Таким чином, твердість пластинки CVD-алмазу, підданій баротермічної обробки при формуванні УТМ, суттєво підвищується.

Механізм підвищення твердості (~80 %) полікристалічного CVD-алмазу, підданого баротермічній обробці в процесі отримання гібридаїту забезпечується за рахунок пластичної деформації алмазних зерен в процесі формування жорсткого каркаса навколо CVD-алмазу, що призводить при високому тиску до створення в ньому складного структурно-напруженого стану.

Експериментальні дослідження показали, що в гібридному матеріалі відсутній зв'язок CVD-алмаз – алмаз полікристалічної оболонки, а ці дві компоненти гібридного матеріалу зв'язані через прошарок з карбїду кремнію і міцність цього зв'язку визначає фізико-механічні і експлуатаційні властивості гібридного матеріалу в цілому.

Одним з ефективних на наш погляд шляхів зміцнення зв'язку CVD-алмаз – полікристалічна оболонка є попередня металізація металом-розчинником вуглецю поверхні CVD-алмазу. Зокрема експериментально було встановлено, що, з однієї сторони, нанесення тонких металевих шарів на поверхню алмазу сприяє збільшенню змочування його складовими алмазної полікристалічної оболонки, що, в свою чергу, сприяє збільшенню відносної щільності композитів і покращує їх властивості (зокрема, зносостійкість), з іншої – при нагріванні на границі контакту метал-розчинник і алмаз утворюється рідиноподібна фаза в результаті пересичення вуглецем кристалічної решітки металу. Відповідно при баротермічних умовах, що відповідають термодинамічній стабільності алмазу будуть створюватись прямі контакти CVD-алмаз – алмаз полікристалічної

оболонки, що підвищить загальну міцність гібридного алмазного композиту.

Висновок

Таким чином підсумовуючи вище викладено, можна констатувати, що при розробці нових видів композиційних матеріалів, зокрема алмазних композиційних матеріалів з гібридною алмазною основою, важливо вивчення фазоутворення на поверхні границі розділу складових композиту. У зв'язку з цим для досягнення необхідних властивостей гібридного композиційного матеріалу на основі алмазу актуальними завданнями стають:

- дослідження мікроструктури міжфазних границь розділу складових композиту;
- пошук способів контрольованої модифікації поверхні CVD-алмазу.

Литература:

1. Синтетические сверхтвердые материалы: В 3-х т. Т. 3. Применение синтетических сверхтвердых материалов / Редкол.: Н. В. Новиков (отв. ред.) и др. – К.: Наук. думка, 1986. – 280 с.

2. Поликристаллические материалы на основе алмаза / Шульженко А.А., Гаргин В.Г., Шишкин В.А., Бочечка А.А.; Отв. ред. Новиков Н.В.; АН СССР. Ин-т сверхтвердых материалов. – К.: Наук. думка, 1989. – 192 с.

3. Свідоцтво України на знак для товарів і послуг № 158183. – Гібридайт. – Опубл. 10.07.12, Бюл. № 13.

4. Shul'zhenko A. A., Ashkinazi E. E., Sokolov A. N., Gargin V. G., Ral'chenko V. G., Konov V. I., Aleksandrova L. I., Bogdanov R. K, Zakora A. P., Vlasov I. I., Artyukov I. A, Petronyuk Yu. S. Novel Hybrid Ultrahard Material // Journal of Superhard Materials. – 2010. –32, N 5. – P. 293–300).

5. Ральченко В. И., Ашкинази Е. Е. Условия синтеза, абразивная и лазерная обработка поликристаллического CVD-алмаза // Инструментальный світ, 2005. – № 3, 14–20.