

В.І. Лавріненко, д.т.н.

Г.Д. Ільницька, к.т.н.

В.В. Смоквина, аспір.

Д.В. Сухарєв, аспір.

*Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля
НАН України*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕПЛООВОГО ФАКТОРА НА ВЛАСТИВОСТІ СИНТЕТИЧНИХ АЛМАЗІВ, СИНТЕЗОВАНИХ У СИСТЕМАХ Fe–Si ТА Ni–Mn

*Розглянуто вплив теплового фактора на алмази, що синтезовані у
ростових системах Fe–Si та Ni–Mn.*

Вступ. Експлуатація та виготовлення шліфувального інструменту з надтвердих матеріалів (НТМ) пов'язані зі значною температурою нагрівання зерен. Вплив температури на зерна НТМ та їх термостійкість визначає подальші експлуатаційні характеристики інструменту.

Шліфувальний інструмент на металевому зв'язуючому при обробленні важкооброблюваних матеріалів втрачає різальну здатність, що поновлюється електрохімічним, електроерозійним, плазмовим та іншими методами. [1]. Разом з тим при введенні електричної енергії в зону різання відбувається негативний тепловий вплив на алмази [2]. Отже, до важливих параметрів шліфпорошку синтетичних алмазів низької міцності належить їх термостійкість.

Основна частина. Процес синтезу алмазів невисокої міцності відбувається в періоді ~60 с, що не може не відобразитися на кристалах. В процесі росту кристал алмазу захоплює всі побічні фази, які присутні у реакційній камері, при цьому всі включення знаходяться у самому кристалі. На думку авторів [3], такі дефекти можуть досить сильно впливати на експлуатаційні властивості алмазів. Дані включення мають чітко виражені магнітні властивості, які можливо визначити магічно-фракційним методом. Алмази що мають магнітні властивості можливо у подальшому застосовувати ефективно для процесів комбінованої обробки з прикладенням додаткової енергії.

На даний час застосовують шліфпорошки, вирощені в системі Ni–Mn–C. Однак ці алмази мають низьку термостійкість, тому дослідження можливості використання для виготовлення шліфувального інструменту алмазних порошоків з вищою термостійкістю, доволі актуальне.

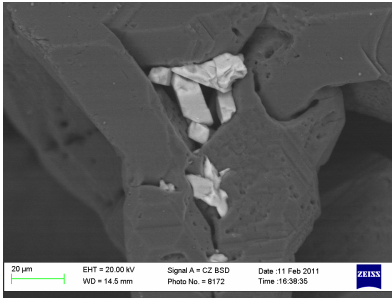
Метою даної роботи було визначити вплив теплового фактору на алмази, синтезовані у ростових системах Fe–Si та Ni–Mn, при термообробленні за різної температури.

Алмази були розподілені на фракції за різним вмістом домішок методом магнітного фракційного аналізу [3], що дало змогу охопити широкий спектр значень питомої магнітної сприйнятливості. Після цього фракції піддавали термообробленню в інертному газовому середовищі, наприклад, аргону, за температури 500–1000 °C.

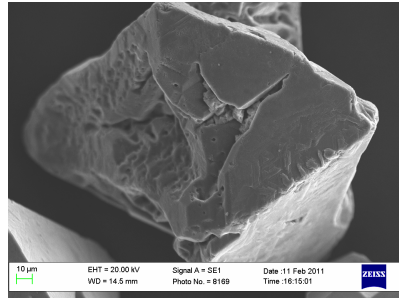
Дослідженнями було встановлено, що питома магнітна сприйнятливість алмазу, вирощеного в системі Fe–Si, зростає при температурах термооброблення 700–900 °C, та має тенденцію до зниження при збільшенні температури. В той же час для синтетичного алмазу, синтезованого в системі Ni–Mn, магнітна сприйнятливість зростає за температури 700–800 °C, а потім також знижується. По-перше, це пояснюється різною температурою плавлення металів, що входять до кристалу алмазу у вигляді включень сплаву-розчинника. По-друге, алмаз на основі нікель-марганцю руйнується за температури понад 800 °C через вихід приповерхневих домішок на поверхню зерна, на відміну від системи на основі ферокремнію, де кристал руйнується лише при температурі 1000 °C.

Методика досліджень полягала в наступному. Для кожної системи відібрали по два зразки фракцій розподілу: магнітну (з найбільшим вмістом домішок) та не магнітну (з найменшим вмістом домішок), які піддавали термообробленню при температурі 500, 800 та 1000 °C із тривалістю витримування 20 хв. Елементний склад та поверхневі структурні зміни досліджували за допомогою електронного мікроскопу

Zeiss EVO 50XVP. Для магнітної фракції розподілу синтетичного алмазу питома магнітна сприйнятливість χ становила 1318 м³/кг, не магнітної – 123 м³/кг системи Fe–Si–C, та магнітної – 90 м³/кг, немагнітної – 8,8 м³/кг системи Ni–Mn–C.



a)



б)

Рис. 1. Зображення виходу домішок Fe та Si через пори зерен НТМ при температурі 800 °С у фракції: а – магнітній; б – немагнітній

При термообробленні синтетичного алмазу, синтезованого у ростовій системі Fe–Si, 500 °С магнітна фракція розподілу має домішки Si, а також поодинокі домішки Fe, які містяться переважно в порах алмазу та дещо відрізняються від домішок в інших системах. Ці домішки мають форму невеликих брикетів. У порах зразка не магнітної фракції так само спостерігаються подібні брикети, але їх значно менше. Наявність таких брикетів пов'язана з тим, що вміст в не магнітній фракції розподілу в 1,4 раза більший, ніж у магнітної фракції системи Ni–Mn, тому домішки є невід'ємною складовою цієї системи і прибираються лише витравлюванням у кислотному розчині.

З підвищенням температури термооброблення до 800 °С з'являються здебільшого домішки Fe і незначною мірою Si (рис. 1) як у магнітній, так і немагнітній фракції. При цьому залізо вступає в реакцію з киснем і утворює оксид заліза Fe₂O₃.

За температури термооброблення 1000 °С у магнітній та не магнітній фракціях збільшується вихід домішки заліза на поверхню зерна алмазу та змінюється форма брикетів, а також утворюється оксид заліза FeO. Збільшення заліза за такої температури пояснюється високою температурою його плавлення – близько 1500°С, у той же час як температура плавлення кремнію на 100 °С нижча.

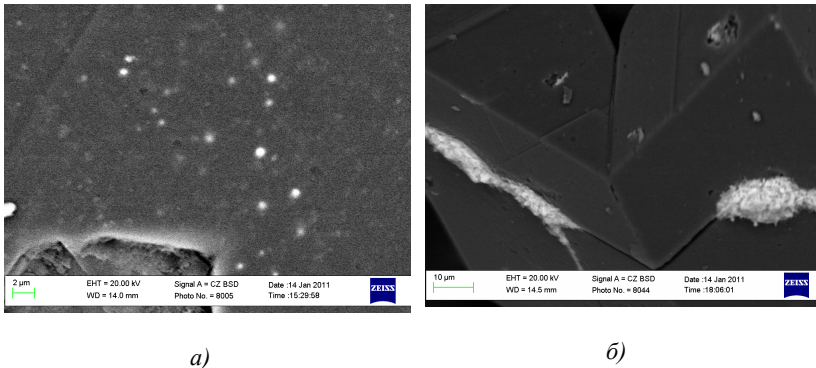


Рис. 2: а – видимі домішки під поверхню у світлі вторинних електронів; б – вихід домішок Ni та Mn на поверхню через тріщини у кристалі за температури 1000 °С

Для дослідження алмазів, синтезованих ростовій системі Ni–Mn, відібрали дві фракції шліфпорошку: магнітна (з найбільшим вмістом домішок) та не магнітна (з найменшим вмістом домішок), які у свою чергу піддавали термообробленню в газовому середовищі при температурі 500, 800 та 1000 °С з тривалістю витримування 20 хв.

За температури термооброблення 500 °С алмазу, на поверхні кристалів не спостерігалось елементів сплаву-розчинника, однак у світлі вторинних електронів спостерігались дислокації домішок у приповерхневому прошарку кристалу алмазу. Зразок належав до магнітної фракції, і такі дислокації виявляли на всіх досліджуваних зернах. У немагнітній фракції розподілу включення у світлі вторинних електронів не виявлялися.

Під час термооброблення синтетичного алмазу магнітної фракції за температури 800 °С, як і при температурі 500 °С, у світлі вторинних електронів помітні приповерхневі включення у вигляді домішки (рис. 2, а). За такої самої температури кількість домішок у магнітній фракції, що виходять на поверхню, збільшується, при чому елементи Ni та Mn спостерігаються не тільки в порах кристалів, але і на чітко виражених гранях.

Підвищення температури для магнітної фракції до 1000 °С призводить до виходу домішок на поверхню зерна у вигляді крапель Ni та Mn, а також розтріскування та руйнуванню зерен у місцях значного накопичення домішок і відповідно їх вихід через тріщини на поверхню (рис. 2, б). У результаті дослідження не магнітної фракції спостерігався незначний прояв Ni та Mn на поверхні зерен за такої самої температури, що свідчить про незначний вміст домішок.

Для визначення можливого впливу температури на алмазні зерна при виготовленні алмазного інструменту, було обрано температуру спікання у шліфувальних кругах на металевому зв'язуючому ($\sim 700^\circ\text{C}$) та час витримки 1 година у газовому середовищі аргону з подальшим його охолодженням у цьому середовищі. Шліфпорошок, синтезований у системі Ni–Mn, представлений трьома зразками фракцій: магнітна, немагнітна та вихідна; у системі Fe–Si – магнітна та немагнітна.

Як показали результати дослідження, час термообробки візуально суттєво не вплинув на збільшення домішок на поверхні алмазу. На всіх зразках спостерігається вже відома картина, де магнітний має значну кількість вже відомих елементів Ni, Mn, Fe та Si на поверхні зерна, а не магнітний та вихідний лише поодинокі прояви виходу елементів сплаву-розчинника, та місця дрібних дислокацій цих домішок, які видимі лише у світлі вторинних електронів.

Висновки. Виявлено, що тривалість впливу теплового фактора не впливає на збільшення виходу домішок елементів сплаву-розчинника на поверхню кристалу.

Встановлено, що тепловий вплив на синтетичні алмази, синтезовані у ростових системах Fe–Si та Ni–Mn, дає змогу змінювати питому магнітну сприйнятливість, наприклад, збільшити в 0,7–1,5 рази.

Встановлено, що збільшення температури понад 900°C негативно впливає на зерна НТМ та призводить до погіршення їх експлуатаційних характеристик.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Дослідження впливу плазмової обробки на різальну поверхню шліфувальних кругів з надтвердих матеріалів. / *В.І. Лавріненко, В.О. Скрябін, Б.В. Ситник, В.В. Смоквина* // Сверхтвердые материалы. – 2010. – № 5. – С. 81–87.
2. *Грабченко А.И.* Расширение технологических возможностей алмазного шлифования / *А.И. Грабченко.* – Харьков : Вища школа, 1985. – 184 с.
3. Объемные макродефекты в кристаллах алмаза низкопрочных марок АС4 и АС6 / *Г.П. Богатырева, Г.Ф. Невструев, Г.Д. Ильницкая, А.Г. Гонтарь* // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения : сб. науч. тр. – К. : ИСМ им. В.М. Бакуля НАН Украины, 2005. – Вып. 8. – С. 184–188.
4. М88 України 90.256-2004. Методика определения удельной магнитной восприимчивости порошков сверхтвердых

матеріалів (СТМ). – К. : ИСМ
ім. В.Н. Бакуля НАН України, 2004. – 9 с.

ЛАВРІНЕНКО Валерій Іванович – доктор технічних наук,
завідувач відділу № 3 Інституту надтвердих матеріалів
ім. В.М. Бакуля НАН України.

Наукові інтереси:

- шліфування кругами з НТМ;
- інструменти з НТМ;
- властивості робочого шару кругів.

Тел.: 432-95-15.

E-mail: ceramic@ism.kiev.ua.

ПЬНИЦЬКА Галина Дмитрівна – кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник лабораторії № 7/10 Інституту
надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України.

Наукові інтереси:

– дослідження в області отримання, виготовлення і використання
порошків НТМ з різними фізико-хімічними і фізико-механічними
властивостями.

Тел.: 468-89-87.

E-mail: bogatyreva@ism.kiev.ua.

СМОКВИНА Володимир Віталійович – аспірант відділу № 3
Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля
НАН України.

Наукові інтереси:

- шліфування кругами з НТМ;
- інструменти з НТМ;
- шліфування важкооброблюваних матеріалів.

Тел.: 467-58-54.

E-mail: smokvyna@ism.kiev.ua.

СУХАРЄВ Дмитро Вячеславович – аспірант відділу № 3 Інституту
надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України.

Наукові інтереси:

- інструменти з НТМ.

Тел.: 467-58-54.

E-mail: ceramic@ism.kiev.ua.

Подано 09.06.2011

