

УДК 621.9:539.89

В. І. Лавріненко¹, д-р техн. наук; Г. Д. Ільницька¹, канд. техн. наук;
В. В. Смоквина¹; Д. Г. Музичка²

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

²Дніпродзержинський державний технічний університет МОН України, Дніпродзержинськ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕПЛООВОГО ФАКТОРА НА ВЛАСТИВОСТІ СИНТЕТИЧНОГО АЛМАЗУ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ДОМІШОК

Розглянуто вплив теплового фактора на алмаз та його властивості.

Ключові слова: *питома магнітна сприйнятливість, термообробка, синтетичний алмаз.*

Експлуатація та виготовлення шліфувального інструменту із 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.

Нині 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.

Мета цієї роботи – визначити вплив температури на алмази, вирощені в ростових системах Fe–Si та Ni–Mn, при термообробленні за різної температури. Такі алмази характеризуються чітко вираженими магнітними властивостями і питомою магнітною сприйнятливістю завдяки тому, що містять внутрішньокристалічні приповерхневі домішки металевих груп, які захоплюються від сплаву-розчинника при синтезі й мають розвинену різальну поверхню.

Алмази розподілили на фракції за різним вмістом зазначених 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 за температури 500–1000 °С.

Залежності впливу термооброблення на питому магнітну сприйнятливість χ алмазних порошоків, синтезованих у системах Fe–Si та Ni–Mn, показані на рис. 1, 2.

Питома магнітна сприйнятливість алмазу, вирощеного в системі Fe–Si, зростає при температурах термооброблення 700–900 °С, та має тенденцію до зниження при збільшенні температури (див. рис. 1).

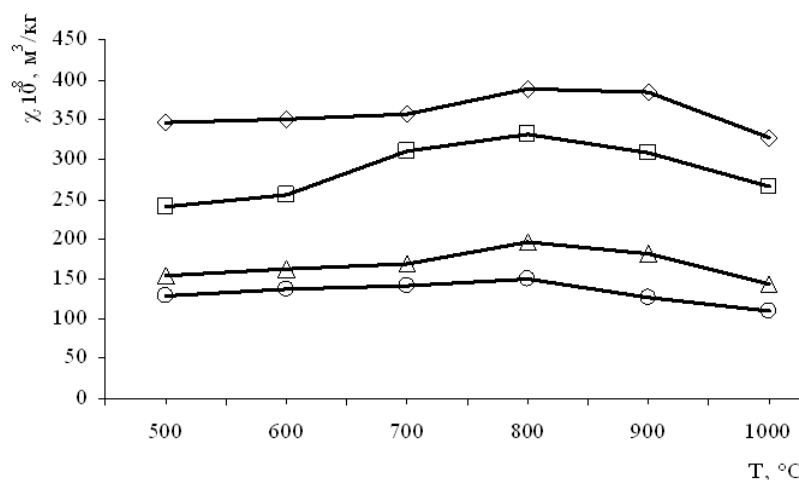


Рис. 1. Залежності питомої магнітної сприйнятливості алмазних шліфпорошків, синтезованих у системі Fe–Si, від термооброблення: ◇ – друга магнітна, □ – третя магнітна, △ – четверта магнітна, ○ – п'ята магнітна

Для синтетического алмазу, синтезованого в системе Ni-Mn, картина подібна, але лише за температури 700 °C та 800 °C, а потім різко знижується (рис. 2). 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.

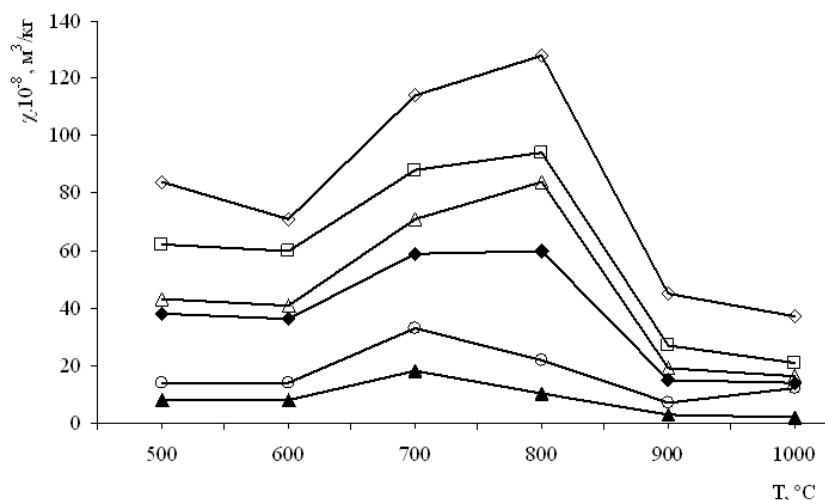


Рис. 2. Залежності питомої магнітної сприйнятливості алмазних шліфпорошків, синтезованих у системі Ni-Mn, від термооброблення: \diamond – перша магнітна, \square – друга магнітна, \triangle – третя магнітна, \blacklozenge – четверта магнітна, \blacktriangle – п'ята магнітна, \circ – шоста вихідна

Методика досліджень полягала в такому. 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 мЗ/кг, не магнітної – 123 мЗ/кг системи Fe-Si-C, та магнітної – 90 мЗ/кг, не магнітної – 8,8 мЗ/кг, вихідної – 20,3 мЗ/кг системи Ni-Mn-C.

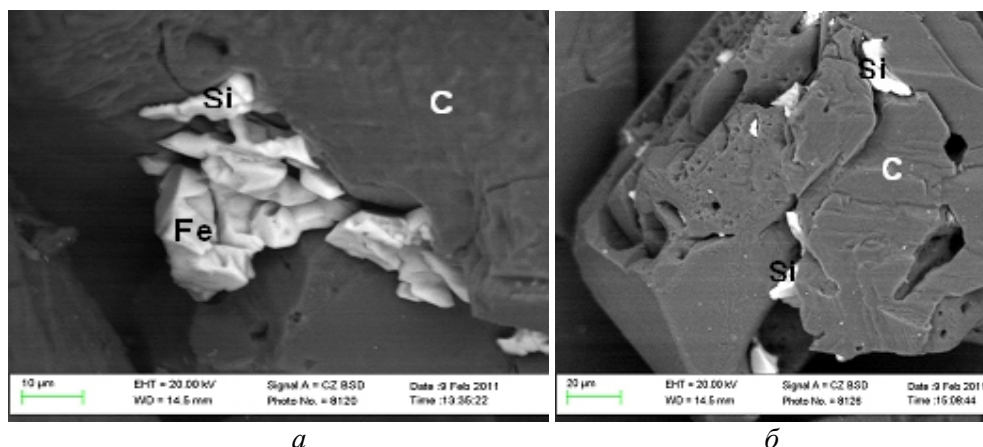


Рис. 3. Зображення виходу домішок Fe та Si через пори зерен НТМ при температурі 800 °C у фракції: а – магнітній; б – не магнітній

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 °C з'являються здебільшого домішки Fe і незначною мірою Si (рис. 3) як у магнітній, так і немагнітній фракції. При цьому залізо вступає в реакцію з киснем і утворює оксид заліза Fe₂O₃.

За температури оброблення синтетичного алмазу, вирощеного в ростовій системі Fe-Si, 500 °C магнітна фракція розподілу має домішки Si, а також поодинокі домішки Fe, які містяться переважно в порах алмазу та дещо відрізняються від

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.

Для дослідження вибрали три фракції шліфпорошку: вихідного, магнітного (з найбільшим вмістом домішок) та не магнітного (з найменшим вмістом домішок). Фракції піддавали термообробленню в газовому середовищі аргону при температурі 500, 800 та 1000 °С з тривалістю витримання 20 хв. Питома магнітна сприйнятливість χ магнітного шліфпорошку становила 90 м³/кг, не магнітного – 8,8 м³/кг, вихідного – 20,3 м³/кг.

За температури термооброблення 500°С алмазу, вирощеного в ростовій системі Ni–Mn, на поверхні кристалів алмазу 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 магнітного синтетичного алмазу при температурі 800 °С, як і при температурі 500 °С, у світлі вторинних електронів помітні приповерхневі включення у вигляді домішки (рис. 4, 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, й на чітко виражених гранях.

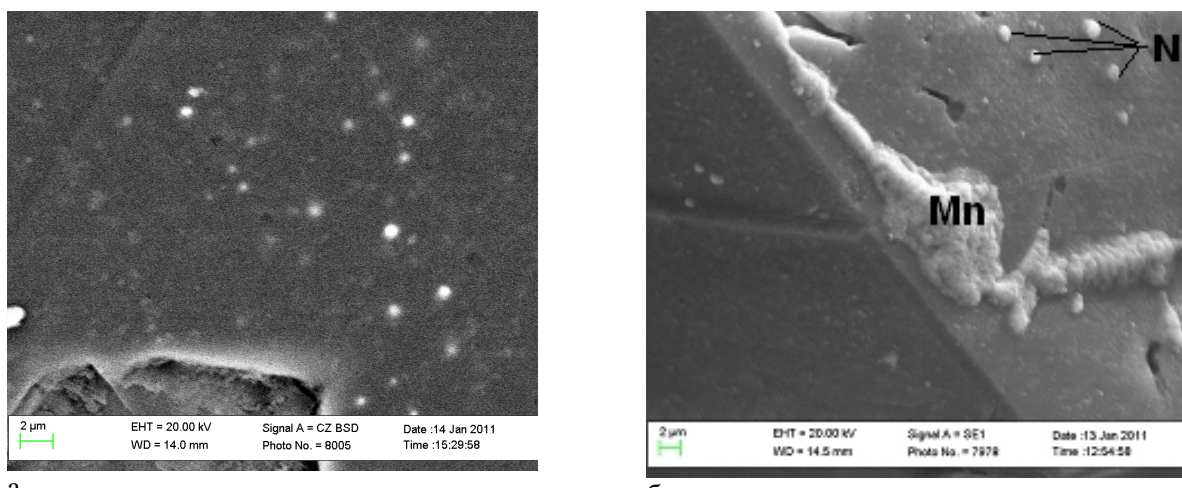


Рис. 4. Термооброблення магнітного синтетичного алмазу: а – видимі домішки під поверхнею у світлі вторинних електронів; б – вихід домішок Ni та Mn на поверхню через тріщини у кристалі при температурі 1000 °С

Підвищення температури термооброблення 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. 4, 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, а також ціліснішу однорідність кристалів цієї фракції.

Висновки

Встановлено, що тепловий вплив на синтетичні алмази з підвищеним вмістом домішок дає змогу змінювати питому магнітну сприйнятливість, наприклад, збільшити в 0,7–1,5 раза.

Виявлено, що існує можливість зміни поверхневого домішкового складу синтетичних алмазів, з підвищеним вмістом домішок, наприклад Fe, Ni та Mn, шляхом їх виходу через тріщини та пори у кристалі.

Рассмотрено влияние теплового фактора на алмаз и изменение его свойства.

Ключевые слова: удельная магнитная восприимчивость, термообработка, синтетический алмаз.

This article considers the impact of thermal factor on the diamond, and change its properties.

Key words: magnetic susceptibility, heat treatment, synthetic diamond.

Література

1. Дослідження впливу плазмової обробки на різальну поверхню шліфувальних кругів з надтвердих матеріалів. / В.І. Лаврінченко, В.О. Скрябін, Б.В. Ситник, В.В. Смоквина // Сверхтвердые матер. – 2010. – № 5. – С. 81–87.
2. Грабченко А.И. Расширение технологических возможностей алмазного шлифования // – Х.: Вища шк. – 1985. – 184 с.
3. М88 Украины 90.256-2004. Методика определения удельной магнитной восприимчивости порошков сверхтвердых материалов (СТМ). – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2004. – 9 с.

Надійшла 17.06.11

УДК 621.762.5

Н. А. Бондаренко, д-р техн. наук; **В. А. Мечник**, канд. техн. наук

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

О ПРИРОДЕ ПОВЫШЕННОГО АЛМАЗОУДЕРЖАНИЯ В КОМПОЗИТАХ АЛМАЗ – Fe–Cu–Ni–Sn, ПОЛУЧЕННЫХ КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ

Исследовано влияние технологических режимов горячей допрессовки композиций Алмаз – Fe–Cu–Ni–Sn, которые подвергались свободному спеканию при температуре 800°C в течение часа, на структуру переходной зоны алмаз – матрица и механические свойства композитов. Выявлено, что структура переходной зоны композитов, полученных при недостаточных значениях давления и продолжительности выдержки под давлением, состоит из комбинаций фаз γ -Cu, α -Fe и Ni₃Sn с графитовыми включениями. Показано, что при некоторых значениях этих параметров углерод, который образовался в результате частичной графитизации алмазов на этапе свободного спекания, взаимодействует с твердой фазой α -Fe. Установлено, что это взаимодействие сопровождается образованием в переходной зоне прослоек Fe₃C наноразмерной толщины с одновременным улучшением структуры и показателей механических характеристик композитов.

Ключевые слова: алмаз, переходная зона, карбид, композит, графит, нано структура, диффузия, механические свойства.

Введение

При давлении $p = 160$ МПа в процессе горячей допрессовки композиций Алмаз – 51% Fe–32% Cu–9% Ni–8% Sn, которые подвергались свободному спеканию при температуре 800°C в течение 60 мин, повышается в 1,3–1,5 раза их износостойкость [1; 2]. В [3; 4] отмечалось, что спекание композиций Алмаз – 94% WC–6% Co по оптимизированным режимам приводит к улучшению структуры переходной зоны алмаз – матрица с одновременным повышением износостойкости таких композиционных алмазосодержащих материалов (КАМ). Микрофрактографическими исследованиями с помощью растрового электронного микроскопа в сочетании с рентгеноспектральным анализом установлено, что в буровых вставках в окружении частиц алмаза, которые при разрушении отделяются по поверхности сопряжения с матрицей, наблюдается пониженное содержание кобальта по сравнению с матрицей. Эти композиты отличаются преимущественно микроструктурой переходного слоя, формирующегося между частицами алмаза и матричной составляющей на основе твердого сплава. В частности, в композите, полученном при большом давлении горячего прессования, в отличие от такого же композита, полученного при меньшем давлении, выявлены следующие отличительные особенности: