

The results of influence of terms of spikannya are brought around to operating firmness of instrument from the alloy of BK8M in the process of welding a friction with interfusion of nickel and copper. It is shown that compression spikannya force-feed gas of 2,5 MPa increases operating firmness in 2 times as compared to spikannya in a vacuum.

Key words: *compression spikannya, vacuum spikannya, operating firmness, welding a friction with interfusion.*

Література

1. Восстановление плит медных кристаллизаторов непрерывной разливки стали методом наплавки трением с перемешиванием / В. И. Зеленин, М. А. Полещук, Е. В. Зеленин и др. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2010. – Вып.13. – С. 476–479.
2. Панов В. С., Чувилин А. М., Фальковський В. А. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них. –М.: МИСиС, 2004.

Надійшла 20.06.13

УДК 621.9:539.89

В. І. Лавріненко, д-р техн. наук, **Г. Д. Ільницька**, канд. техн. наук, **В. В. Смоквина**¹;
В. Ю. Солад, канд. техн. наук²

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

²*Дніпродзержинський державний технічний університет МОН України, Україна*

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ СПРЯМОВАНОГО ТЕПЛОВОГО ВПЛИВУ НА ЗМІНУ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АЛМАЗНИХ ЗЕРЕН ТА ЇХ ЗНОСОСТІЙКІСТЬ У ШЛІФУВАЛЬНИХ КРУГАХ

Розглянуто вплив термооброблення на зміну величини питомої магнітної сприйнятливості, та встановлено діапазон температур, при яких магнітні властивості алмазів досягають максимуму. Встановлено вплив домішкового вмісту зерен та значення питомої магнітної сприйнятливості на властивості та експлуатаційні характеристики синтетичних алмазів у шліфувальному інструменті.

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

У машинобудуванні на алмазно-абразивне оброблення припадає чверть усіх операцій, а в підшипниковому, інструментальному та оптико-механічному виробництві – понад 50%. Для цього застосовують важкооброблювані матеріали, які піддаються обробленню лише ефективними інструментами на основі алмазів та кубічного нітриду бору. Разом з тим високопродуктивне оброблення таких матеріалів у промисловості стримується підвищенням зносом високошвидкісного інструменту з НТМ або втратою ним різальної здатності.

Відомі розробки з поновлення різальної здатності кругів з НТМ, у тому числі введенням додаткової енергії, але побічним ефектом цього є зниження зносостійкості кругів. Здебільшого це вирішується поліпшенням властивостей зв'язок та переходом до зерен шліфпорошків НТМ більшої міцності. Проте механічне збільшення міцності зерен,

наприклад, АС4 і АС6 на АС15 або АС20, чи КР, КВ на КТ, не дає очікуваного ефекту підвищення зносостійкості кругів. Причина цього полягає в тому, що найбільш застосовувані для металообробки марки алмазів АС4 та АС6, а також кубоніт КР та КВ мають особливості – специфічну дефектність у вигляді поруватості поверхні та наявність включень металевих та неметалевих домішок. Відтак необхідно враховувати цю дефектність, проте не як негативний, а як позитивний чинник у пошуку шляхів підвищення зносостійкості кругів через можливу зміну домішкового складу поверхні зерен або заповнення порового простору зерен необхідними функціональними речовинами за рахунок спрямованого, наприклад теплового, впливу на стан поверхонь зерен НТМ.

Синтез алмазу марок АС4 та АС6 відбувається при великій швидкості зростання кристалів, які при цьому захоплюють усі побічні фази в реакційній камері. Для зниження необхідних високих параметрів синтезу застосовують каталізатор у вигляді сплаву-розчинника. Більшість досліджень синтезу алмазу виконано із застосуванням сплавів-розчинників системи Ni–Mn–C. Останніми роками підвищився інтерес до використання при синтезі дешевого сплаву-розчинника – Fe–Si [1]. Неоднорідність та дефектність зерен НТМ досліджуються недостатньо, оскільки вважається, що зерна принципово не різняться, а існує тільки певна розбіжність розвиненості поверхні, тому вони вважаються суцільним середовищем. Проте в наукових працях наводяться дослідження неоднорідності та дефектності зерен НТМ.

Так, у праці [2] показано, що основна причина погіршення характеристик міцності синтетичних алмазів полягає в порушенні кристалічної ґратки через дефекти. У праці [3] стверджується, що при досягненні граничних значень локальної температури 650–670 °С відбувається хімічна взаємодія включень з алмазом всередині зерна. Таким чином, у зонах з підвищеною концентрацією вакансій можливе їх об'єднання в мікропори і навіть пустоти. З огляду на те що алмаз є діаманетиком, а сплави-розчинники, які використовують при синтезі, мають виражені магнітні властивості, можна визначити вміст приповерхневих домішок у зерні НТМ магнітним методом, причому металеві домішки у кристалах алмазу мають фазовий склад, зумовлений складом ростової системи [2; 4; 5].

У працях наводяться також окремі відомості про переміщення домішок в алмазах [6; 7] при їх термообробленні, але досліджень на широкому діапазоні вмісту домішок, а відтак, величин питомої магнітної сприйнятливості зерен алмазів не здійснювалося, тому приділимо цьому напрямку особливу увагу. Розглянемо саме спрямований тепловий вплив, оскільки ця спрямованість повинна зумовити переміщення домішок в алмазі в напрямі поверхневих шарів, їх виходу в пори та тріщини, зміну внаслідок цього питомої магнітної сприйнятливості зерен і як результат підвищення міцності зерен, а отже, зносостійкості кругів.

На першому етапі для незалежного оцінювання такого явища, як підвищений вміст домішок на поверхні алмазів, в Інституті проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України (роботу було виконано під керівництвом доктора фізико-математичних наук Г. С. Олейник [8]) зразки алмазів, синтезованих у ростових системах Fe–Si–C та Ni–Mn–C, двох фракцій для кожної (магнітні та немагнітні), піддавали термообробленню при температурі 800 °С. За допомогою растрової електронної мікроскопії (РЕМ) оцінили вміст в алмазах різної магнітної сприйнятливості домішок і включень та їх елементний склад. На приладі *Cameca SX-50* здійснили поелементний аналіз гладких і рельєфних поверхонь кристалів алмазів після термічного впливу. У результаті поелементного аналізу поверхонь граней кристалів алмазу обох систем після їх термічного оброблення виявили, що вони містять домішки і включення, які під впливом високотемпературного нагрівання через тріщини та пори вийшли на поверхню граней кристалів.

На другому етапі досліджень для кожної із зазначених систем відібрали по два зразки алмазів фракцій розподілу: магнітну (з найбільшим вмістом домішок) та слабомагнітну (з найменшим вмістом домішок), які піддали термообробленню при температурі 500–1000 °С з певною тривалістю витримки. Одночасно оцінювали втрату

маси відповідного зразка порошку при нагріванні до такої самої температури. У результаті встановили, що для обох досліджених систем характерний діапазон температури, де питома магнітна сприйнятливості порошку алмазу підвищується, але характер залежностей «температура – питома магнітна сприйнят-ливості» різний.

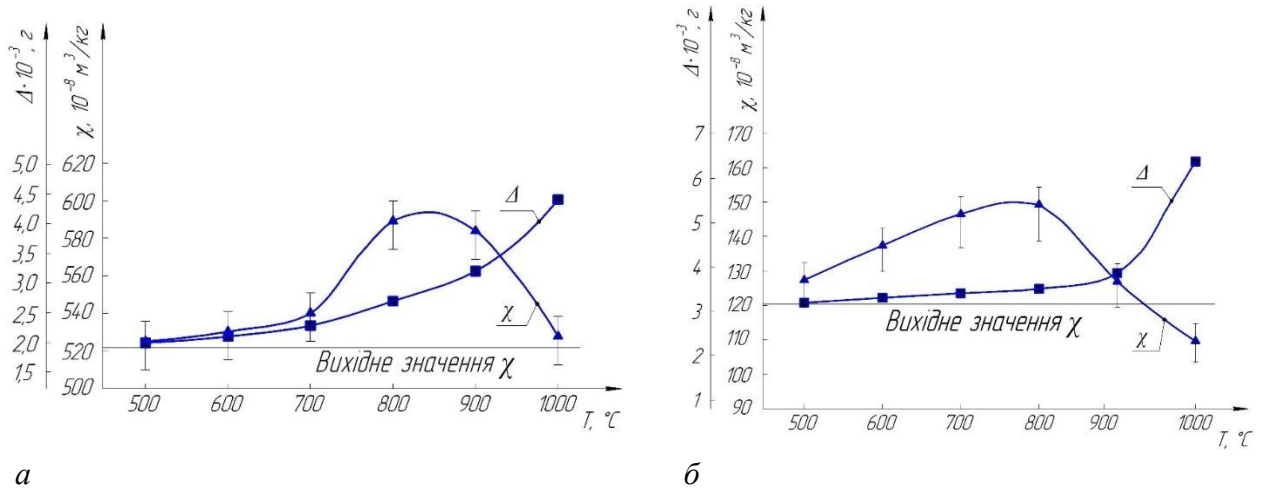


Рис. 1. Вплив режимів термооброблення на питому магнітну сприйнятливості (χ) та втрату маси (Δ) алмазних шліфпорошків, синтезованих у системі Fe-Si-C: а – магнітних (вихідне значення $\chi = 521 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$; б – немагнітних (вихідне значення $\chi = 123 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$)

Магнітна сприйнятливості порошків алмазів системи Fe-Si-C, підвищується і при температурі термооброблення 800 °C досягає максимуму. Цей ефект однаковий як для магнітних порошків (рис. 1, а), так і для немагнітних (рис. 1, б), але саме за наявності великої кількості включень, як і очікувалось за припущенням, ефект відчутніший. Звернемо увагу на те, що з підвищенням температури збільшується втрата маси порошку алмазів, причому на менш магнітних порошках така втрата відчутніша і при температурі 1000 °C в обох випадках значно збільшується, а відтак значно знижується питома магнітна сприйнятливості, фактично повертаючись до вихідного стану.

Магнітна сприйнятливості порошків алмазів системи Ni-Mn-C, так само змінюється зі зміною температури термооброблення, але характер зміни інший, ніж алмазів системи Fe-Si-C. Водночас виявляється ефект підвищення питомої магнітної сприйнятливості і так само при температурі термооброблення 800 °C досягає максимуму. Проте спостерігається це лише у магнітних порошків (рис. 2, а), а в немагнітних порошках цього не спостерігається (рис. 2, б). На нашу думку, це пов'язано з відносно невеликим вмістом включень у таких алмазах, якого недостатньо для позитивного спрацювання ефекту підвищення магнітної сприйнятливості. Крім того, звернемо увагу на те, що з підвищенням температури, як і у алмазів системи Fe-Si-C, так само збільшується втрата маси порошку алмазів, але у алмазів системи Ni-Mn-C така втрата значно більша, а це ймовірно позначається на тому, що при температурі понад 800 °C в обох випадках (див. рис. 2) питома магнітна сприйнятливості значно знижується порівняно з питомою магнітною сприйнятливості вихідного, не термообробленого порошку.

Наведені закономірності засвідчують, що саме для магнітних зерен можливо очікувати при термообробленні підвищення міцності (руйнівного навантаження) зерен НТМ. Було визначено міцність зерен шліфпорошків алмазів зернистістю AC6160/125 за методикою ДСТУ 3292-95 після термооброблення для низки магнітних і немагнітних фракцій систем Fe-Si-C, Ni-Mn-C. Зміни міцності для найбільш магнітних порошків алмазів обох систем синтезу залежно від температури термооброблення показано на рис. 3.

Встановлено, що міцність алмазів системи Fe–Si–C при підвищенні температури термооброблення до 700 °C залишається такою, що дорівнює вихідній, підвищується при температурі 800 та 900 °C, а потім знижується, починаючи з температури 900 °C. Водночас міцність розділеної магнітної фракції шліфпорошку алмазів системи Ni–Mn–C підвищується при температурі 700 °C, а потім знижується. Загальний характер зміни міцності зерен нагадує характер зміни магнітної сприйнятливості при термообробленні. Тому, було проаналізовано весь масив даних, отриманих за міцністю зерен і відповідною питомою магнітною сприйнятливістю для низки магнітних і немагнітних зерен фракцій системи Fe–Si–C, та Ni–Mn–C. Як засвідчують результати аналізу даних, і для алмазних зерен, синтезованих у системі Ni–Mn–C, і для алмазів, синтезованих у системі Fe–Si–C, ефект підвищення міцності зерен під дією теплового впливу спрацьовує лише за достатнього вмісту включень в алмазах, а відтак підвищеної магнітної сприйнятливості. Саме тому у магнітних алмазів, синтезованих у системі Fe–Si–C істотніше підвищується міцність зерен (див. рис. 3) при термообробленні, а отже, виявляється можливість підвищення зносостійкості шліфувальних кругів. Насамперед це зумовлено тим, що такі магнітні алмази містять більше (до 7 мас.%) [1] включень і мають суттєвішу масову базу для переміщення домішок і включень при термообробленні з метою забезпечення ефекту «заліковування» дефектів поверхні алмазу.

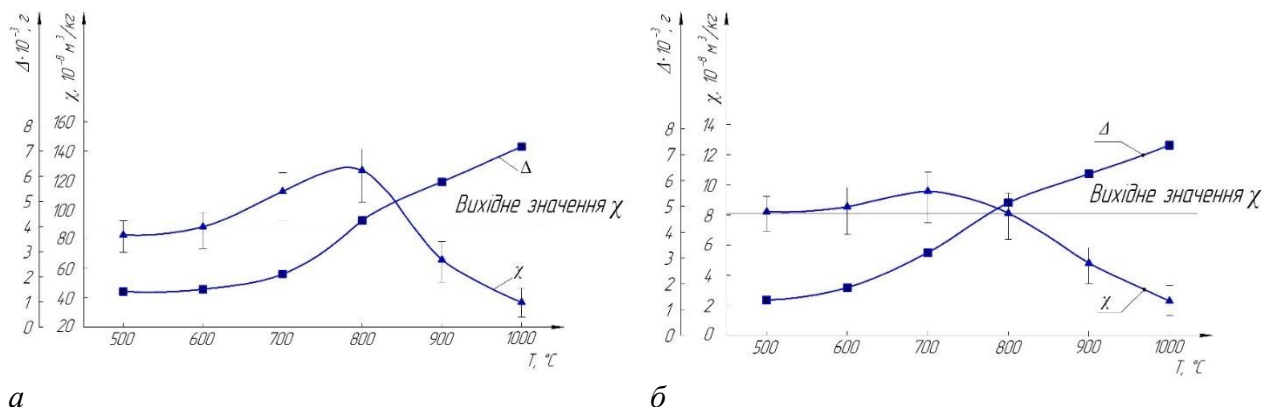


Рис. 2. Вплив режимів термообробки на значення питомої магнітної сприйнятливості (χ) та втрату маси (Δ) алмазних шліфпорошків, синтезованих у системі Ni–Mn–C : а – магнітних (вихідне значення $\chi=90\cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$, б – немагнітних (вихідне значення $\chi=8,8\cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$)

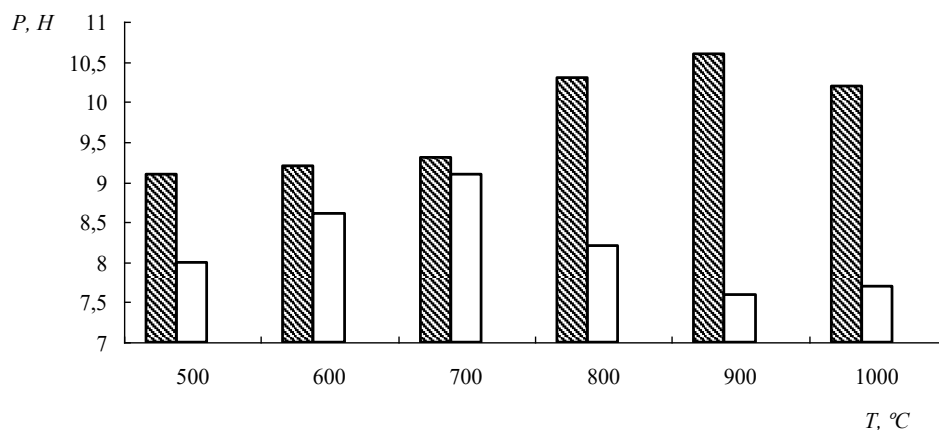


Рис. 3. Міцність зерен алмазного шліфпорошку, синтезованого в системі Fe–Si–C, при різних значеннях температури: \square – $589\cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ (вихідне значення $\chi = 521\cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$); \square – $150\cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ (вихідне значення $\chi = 123\cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$)

Таким чином, у результаті теплового впливу на досліджувані алмази невисокої міцності залежно від вмісту та виду домішок і включень змінюються поверхневий елементний склад алмазів, питома магнітна сприйнятливості шліфпорошків, підвищується міцність алмазів, а відтак можливе підвищення зносостійкості шліфувального інструменту. У дослідженні алмази марки АС6 зернистістю 160/125 обох зазначених систем попередньо були розділені за значенням їх початкової питомої магнітної сприйнятливості: $\chi = 90 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ для алмазів системи Ni–Mn–C, та $\chi = 521 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ для алмазів системи Fe–Si–C. Алмази піддавали термообробленню при температурі 700 °C для перших та при температурі 800 °C для других (див. рис. 2). Потім виготовляли шліфувальні круги 12A2-45° АС6 160/125 50 М1-10, що містили алмази з різним вмістом включень, та досліджували за однакових умов при обробленні твердого сплаву ВК8 на верстаті ЗВ642. Режими обробки були такі: швидкість обертання круга – 15 м/с, повздовжня подача – 0,6 м/хв., поперечна – 0,05 мм/пдв.х. (див. таблицю).

Відносні витрати алмазів у кругах при шліфуванні з охолодженням твердого сплаву ВК8 ($Q = 300 \text{ мм}^3/\text{хв}$)

Ростова система	Стан зерен алмазів	$\chi, 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$	H_p, H	Витрати $q_p, \text{ мг/г}$
Ni–Mn–C	Вихідний	90	7,8	3,7
	Термооброблений	150	9,1	2,3
Fe–Si–C	Вихідний	521	8,8	1,9
	Термооброблений	589	10,3	0,9

Висновки

1. Магнітна сприйнятливості порошоків алмазів системи Fe–Si–C, при термообробленні підвищується, і при температурі 800 °C досягає максимуму. Цей ефект виявляється як у магнітних порошках, так і немагнітних, але за великого вмісту включень цей ефект значніший.

2. Магнітна сприйнятливості порошоків алмазів, синтезованих у системі Ni–Mn–C зі зміною температури термооброблення так само змінюється, але характер змін інший, ніж у алмазів системи Fe–Si–C. У цьому разі виявляється ефект підвищення питомої магнітної сприйнятливості, яка при температурі 800 °C досягає максимуму. Проте це характерно лише для магнітних порошоків. На нашу думку, це пов'язано з відносно невеликим вмістом включень у таких алмазах, яких недостатньо для позитивного спрацювання ефекту підвищення питомої магнітної сприйнятливості алмазів.

3. Встановлено, що і для алмазних зерен, синтезованих у системі Ni–Mn–C, і для алмазів, синтезованих у системі Fe–Si–C, ефект підвищення міцності зерен під дією теплового впливу виявляється лише за достатнього вмісту включень в алмазах, та підвищеної питомої магнітної сприйнятливості.

4. З аналізу даних випливає, що залежно від системи синтезу, домішок та включень в алмазах та відповідно їх питомої магнітної сприйнятливості термооброблення зерен удвічі сприяє підвищенню зносостійкості алмазного шліфувального інструменту при шліфуванні твердого сплаву.

Рассмотрено влияние термообработки на изменение величины удельной магнитной восприимчивости, и установлено диапазон температур, при которых магнитные свойства алмазов достигают максимума. Установлено влияние примесного содержания зерен и значение удельной магнитной восприимчивости на свойства, и эксплуатационные характеристики синтетических алмазов в шлифовальном инструменте.

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

The influence of thermal treatment on the change in the specific magnetic susceptibility, and found a range of temperatures at which the magnetic properties of diamonds reaching the maximum. The influence of impurity content of grains and significance of specific magnetic susceptibility of the properties and performance of synthetic diamond grinding tools.

Keywords: *specific magnetic susceptibility, heat treatment, synthetic diamond, wear resistance.*

Література

1. Боримский А. И., Делеви В. Г., Нагорный П. А. Кинетика образования и роста алмазов в системе Fe–Si–C // Сверхтвердые материалы. – 1999. – № 3. – С. 9–14.
2. Примеси и включения в порошках синтетических алмазов марок АС4 и АС6 // Г. П. Богатырева, В. М. Маевский, Г. Д. Ильницкая и др. // Сверхтвердые материалы. – 2006. – № 4. – С. 62–69.
3. Взаимодействие синтетических алмазов с обрабатываемыми материалами при алмазном и алмазно-электрохимическом шлифовании./ М. Я. Чмир, В. А. Могильников, Н. А. Троицкий, В. К. Герасименко // Электрохимические и электрофизические методы обработки материалов. Сб. науч. тр. – Тула. – 1991. – С. 52–59.
4. 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. Н. Бакуля НАН Украины. – 2005. – Вып. 8. – С. 184–188.
5. Содержание включений и магнитная восприимчивость кристаллов алмаза, полученных в системе Ni–Fe–C / Н. В. Новиков, Г. П. Богатырева, Г. Ф. Невструев и др. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины. – 2005. – Вып. 8. – С. 136–141.
6. Белянкина А. В. Влияние высокотемпературного отжига на структуру монокристалла синтетического алмаза // Синтетические алмазы. – № 3. – 1971. – С. 22–24.
7. Баконь А. Исследование изменений происходящих в алмазных порошках при нагреве // Сверхтвердые материалы. – 1983. – № 6. – С. 20–23.
8. Исследование структуры шлифпорошков синтетических алмазов марок АС4 и АС6 / В. И. Лавриненко, Г. Д. Ильницкая, В. В. Смоквина, Г. С. Олейник // Седьмая международная конференция «Материалы и покрытия в экстремальных условиях: исследования, применение, экологически чистые технологии производства и утилизации изделий» 24–28 сент. 2012 г. пгт. Кацивели, АРКрым, Украина. К., 2012. – С. 177.

Надійшла 22.05.13