

О.О. Гончарук, к.т.н., доцент, А.М. Лутай, ст.вик
Національний технічний університет України "КПІ", м. Київ

ВПЛИВ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА СТАБІЛЬНІСТЬ КУБІЧНОГО НІТРИДУ БОРА

Вступ. Технологічні можливості шліфування з використанням в якості абразивного матеріалу кубічного нітриду бора (КНБ, cBN) засновуються на унікальних фізико – механічних, хімічних та теплових властивостях КНБ. Висока твердість (HV 60...80ГПа), тріщиностійкість ($K_{Ic} = 3,0...6,8 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$) та теплостійкість (вихідна мікротвердість зберігається до $T=1650\text{K}$) дозволяє шліфувати важкооброблювані матеріали при високих швидкостях різання. Модуль Юнга (E) КНБ дорівнює 800...910ГПа. При такому значенні E зерна КНБ зберігають гостроту ріжучої кромки при обробці навіть надтвердих матеріалів. КНБ має ряд перевагу порівнянні з алмазом. Так при обробці сплавів на основі заліза зношування інструменту на базі КНБ значно нижче зношування алмазного інструменту. Одна з причин у тому, що при використанні шліфувальних кругів на базі КНБ повністю виключається механізм евтектичного зношування. Суть його у тому, що у місцях контакту алмазу та заліза при досягненні температури евтектиці у системі Fe – C, виникає рідко фазний прошарок, що розчиняє ріжучу кромку зерна. Високе хімічне сродство заліза до вуглецю інтенсифікує механізми дифузійного та адгезійного зношування. З аналогічної причини абразивний інструмент на базі алмазу інтенсивно зношується при обробці деталей з сплавів титану та нікелю. Таким чином, роботи, що спрямовані на розробку абразивного інструменту на базі КНБ актуальні.

Для виготовлення інструменту на базі КНБ використовують різні технології. В даній роботі досліджуються процеси спікання шліфувальних кругів з використанням лазерного випромінювання. Лазерне спікання шліфувальних кругів, що містять cBN, має цілий ряд переваг в порівнянні з іншими методами спікання. Але, аналіз взаємодії лазерного випромінювання з багатофазним композитом, що має в своєму складі крихкі частини, показує, що вірогідні декілька процесів, які можуть негативно позначитися на технологічних властивостях шліфувального круга. Перший. Жорсткість термічного циклу, характерна для лазерної обробки, приводить до виникнення у зоні термічного впливу (ЗТВ) значного рівня тимчасових термічних напружень, які можуть привести до виникнення тріщин або повного руйнування зерен КНБ. Наслідком такого процесу є формування нових ріжучих кромок, що, у свою чергу, багатократно збільшить сили різання і в наслідок цього до випадання зерен зі зв'язки. Далі. В численних дослідженнях було показано, що, якщо температура, яка виникає у зоні контакту алмазних зерен з деталлю перевищує критичну, кубічна фаза

контактної зони перетворюється у гексагональну (графіт). При лазерному формоутворенні абразивного інструменту зерна КНБ нагріваються, як в результаті поглинання випромінювання при уведенні абразиву у композит, так і в результаті теплообміну зі зв'язкою. Крім теплообміну досить ймовірна дифузія елементів зв'язки у КНБ та еволюція його субструктури. Є переконливі експериментальні дані, що дифузія вуглецю у КНБ сприяє проходженню фазового перетворення $cBN \rightarrow hBN$. Тобто процес лазерного спікання шліфувальних кругів на базі КНБ може ініціювати фазові перетворення cBN у інші поліморфні модифікації - hBN , rBN , wBN , з яких тільки остання має механічні властивості зіставні з параметрами КНБ. Отже фазова стабільність cBN на всіх етапах технологічного циклу виготовлення абразивного інструменту методом лазерного спікання – головна умова отримання якісного виробу. Підкреслимо, що в разі ініціювання поліморфного перетворення, ступінь його завершеності не є вирішальним фактором, що визначає якість інструменту. Оскільки питома вага cBN у 1,5 рази менша за питому вагу hBN , то поява останньої фази в кількості $\sim 10\text{мас}\%$ повинно приводити до виникнення значних напружень. Якщо зерна гексагональної фази мають дископодібну форму, то вони можуть діяти як концентратори напружень з тріщино утворенням або руйнуванням зерен абразиву.

Мета роботи. Метою роботи є визначення технологічних режимів лазерного спікання інструментального композиту на базі КНБ, що забезпечують фазову стабільність cBN та його вихідну міцність.

Матеріали та методика досліджень. Досліджувались шліфпорошки КНБ марки KB250/200, розміщеного на графітовій підкладці після прямого опромінювання $YAG:Nd$ – лазером і зерна КНБ, що входили у склад композиту. Останні були попередньо покриті нікелем. Рентгеноструктурные исследования проводились на дифрактометре ДРОН – 4 в $CuK\alpha$ и $CoK\alpha$ излучениях. Регистрация дифрактограмм осуществлялась в режиме дискретного сканирования с шагом $0,05^\circ$ и экспозицией в каждой точке продолжительностью 3сек. Съёмки электронограмм проводились на электронографе ЭМР – 100 при ускоряющем напряжении $U=75\text{кВ}$.

Результати роботи та їх обговорення. На рис.1 представлена штрих – діаграма вихідного порошку марки KB250/200. Суттєво, що крім лінії фази, ідентифікованої як cBN с періодом кристалічної решітки $a=3,615\text{Å}$, фіксується додаткове відображення поблизу лінії 111 КНБ (рис.1, вставка). Співставлення з теоретичними дифракційними спектрами дозволяє вважати, що відображення зазначене стрілкою належить з'єднанню $B_{13}N_2$. В залежності від параметрів лазерного випромінювання у фазовому складі вільно опромінюваного порошку виявляються 4 фази: cBN , wBN , hBN та нітрид $B_{13}N_2$ (рис. 2)

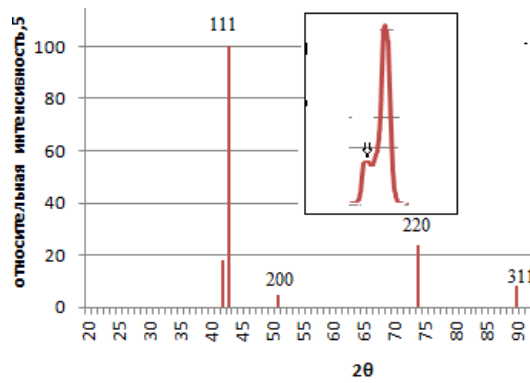


Рис.1. Штрих – діаграма вихідного шліфпорошку марки KV250/200 (СиКа випромінення). На вставці – дифрактограма поблизу відбиття 111 cBN

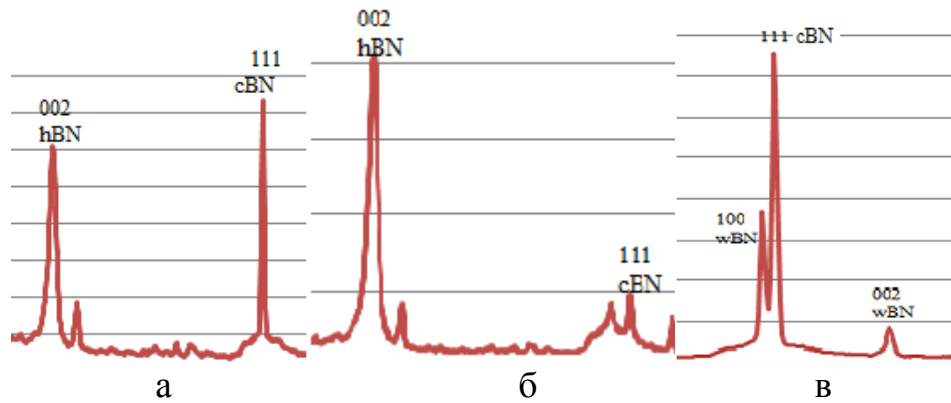


Рис.2. Частина дифрактограм вільно опроміненого порошку KV250/200 а – зона 1, б – зона 4, в – зона 2

Вплив енергетичних параметрів лазерного випромінювання на фазовий склад показано на узагальненій діаграмі (рис. 3). Суттєво, що щільність потужності зони стабільності hBN недостатня для повного розплавлення зв'язки при формуванні композиту. Для зменшення

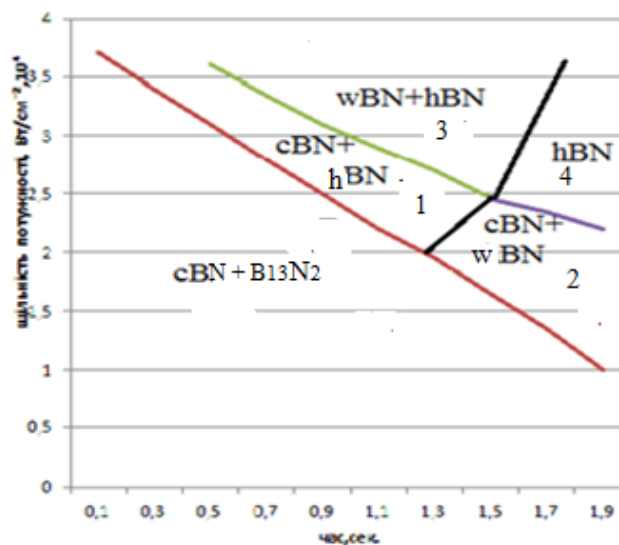


Рис. 3. Залежність фазового складу порошку KV 250/200 від енергетичних параметрів лазерного випромінювання

температури нагрівання зерен КНБ при лазерному опромінюванні на їх поверхню наносився шар нікелю. Екранований нікелем КНБ разом з порошком ПГ-12Н-01 наплавлявся на сталь 3. З сформованого валика вилучалися зерна КНБ, які після додаткової обробки знімалися на електронографі. На рис. 4 представлена електронограма, з розшифрування якої виходить, що кубічна фаза нітриду бора не зазнала поліморфних перетворень у процесі формування композиту.

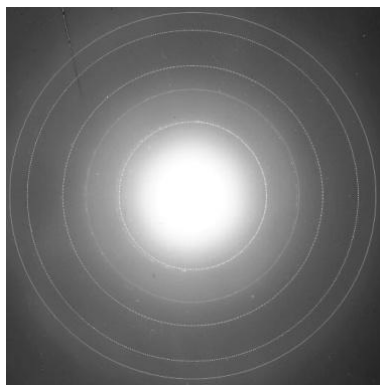


Рис. 4. Електронограма вилученого КНБ

Висновки. Виявлені порогові енергетичні параметри при перевищенні яких лазерне випромінювання ініціює поліморфні перетворення при прямому опромінюванні КНБ. Покриття зерен КНБ нікелем забезпечує стабільність кубічної фази при лазерному спіканні композиту.

Література

1. *Блоцаневич А.М., Бочко А.М. и др.* Лазерная резка материалов на основе алмаза и плотных модификаций нитрида бора // Порошковая металлургия. – 2004. – №3/4 – С.47-53.
2. *Толочко Н.К., Хлорков Ю.В. и др.* Измерение поглотительной способности свободно насыпанных одно компонентных металлических порошков и ее изменение в процессе лазерной обработки // Порошковая металлургия. – 1997. – № 7/8. – С. 89-94.
3. *Гончарук О.О., Головки Л.Ф., Кагляк О.Д.* Влияние лазерного нагрева на прочность кубического нитрида бора при статическом нагружении // Восточно-европейский Журнал передовых технологий. – 2010. – №1/6(43) – С. 4-10.
4. *Гончарук О.О., Головки Л.Ф., Кагляк О.Д., Лутай А.М.* Визначення оптимальних умов лазерного формування інструментального шару абразивних інструментів // Восточно-европейский Журнал передовых технологий. – 2012. – №6/5(60) – С. 28-31.