

С.Ан. Клименко, к.т.н., ст. дослідник,
С.А. Клименко, член-кор. НАН України, д.т.н., професор,
А.С. Манохін, к.т.н., ст. дослідник,
Ю.О. Мельничук, к.т.н., с.н.с.,
А.О. Чумак, к.т.н.,
М.Ю. Копейкіна, к.т.н., с.н.с.,
Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ІЗ ПКНБ ГРУПИ VL ПРИ ОБРОБЦІ ЗАГАРТОВАНИХ СТАЛЕЙ ІЗ ДИНАМІЧНИМИ НАВАНТАЖЕННЯМИ

Композити на основі полікристалічного кубічного нітриду бору (ПКНБ) групи VL відносяться до надтвердих матеріалів із низьким вмістом нітриду бору – 40-65 об.%. Відмінність в хімічному складі і фізико-механічних властивостях ПКНБ групи VL обумовлює особливості їх ефективного використання в порівнянні із композитами із високим вмістом BN – група VH (90-95 об.%). Інструменти виготовлені на основі ПКНБ групи VL дозволяють проводити ефективну чистову безударну обробку важкооброблюваних матеріалів зі швидкостями різання 150-210 м/хв, що у два рази вище ніж при використанні інструментів із ПКНБ групи VH. В ІНМ НАН України розроблена широка гама ПКНБ групи VL з матричними матеріалами TiC, TiN та TaN. При проведенні стійкісних досліджень під час обробки загартованої сталі ХВГ (62 HRC) найбільш ефективними виявилися інструменти з композитом складу cBN-TiC 55-45 об. %, що пов'язано з більш однорідним структурним станом матеріалу. При цьому встановлено, що наявність навіть малих динамічних навантажень, викликаних тріщиною в оброблюваній заготовці, призводить до катастрофічного руйнування різальної кромки (рис. 1) на швидкості різання 250 м/хв. Причина низької стійкості різальних інструментів із ПКНБ групи VL пов'язана із нижчими механічними властивостями ($HV_{0,5}$ 37,1 ± 4,2 ГПа; межа міцності при стиску 3100 МПа) в порівнянні із ПКНБ групи VH ($HV_{0,5}$ 40,0 ± 2,3 ГПа; межа міцності при стиску 3500 МПа).



Рис. 1. Контактні ділянки передньої (а) та задньої (б) поверхні інструменту із композиту cBN-TiC 55-45 об. % після точіння сталі ХВГ (62 HRC) ($v = 250$ м/хв, $S = 0,1$ мм/об, $t = 0,2$ мм, $T = 2,3$ хв)

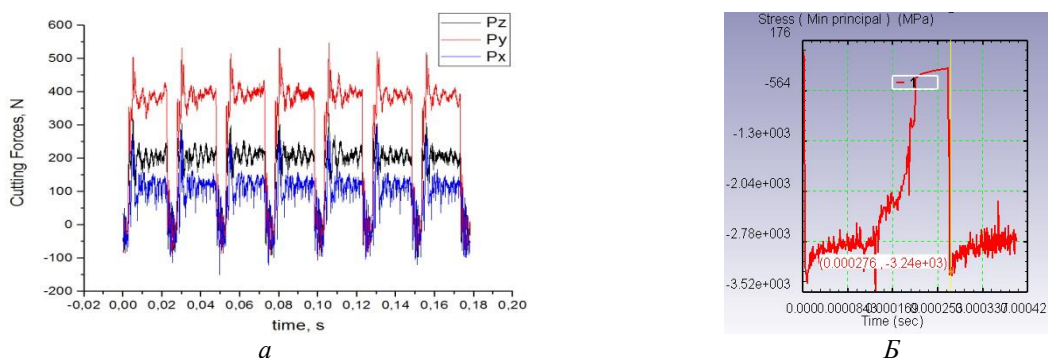


Рис. 2. Сили різання (а) та величина третіх головних напружень (б) у залежності від часу різання ($v = 120$ м/хв, $t = 0,4$ мм, $S = 0,1$ мм/об)

При цьому, на працездатність інструменту впливає наявність при обробці із динамічними навантаженнями всплеску складових сили різання, що збільшує пікове навантаження на різальну кромку (рис. 2, а).

Моделювання переривчастої обробки методом KE (рис. 2, б) показує, що в точці входу леза в оброблювану поверхню в небезпечній точці на поверхні різця зростання третіх головних напружень досягає значення $-3,24$ ГПа, що перевищує середній рівень стискаючих напружень при різанні в межах ділянки, на якій реалізується різання в 1,2 рази. Хоча номінальне значення межі міцності на стиснення ПКНБ вище, зважаючи на дисперсію властивостей композиту, ймовірність їх руйнування в розглянутих умовах досить висока.

На основі отриманих даних з моделювання контактних напружень та величини границі міцності під час стиску композитів із ПКНБ групи VL розраховано ймовірності руйнування інструментів при обробці

з динамічними навантаженнями. Встановлено, що ймовірність руйнування інструментів із ПКНБ групи BL –cBN-TiC (55–45 об.%), складає 68,9 % (рис. 3, а).

Одним із шляхів підвищення стійкості інструментів із ПКНБ групи VL при обробці із динамічними навантаженнями є створення зміцнюючої радіусної фаски на різальній кромці інструменту. Розроблено метод фінішної обробки робочих поверхонь інструментів із ПКНБ групи VL шляхом вібро-магнітно-абразивного впливу (ViMAO), який дозволяє отримувати округлення різальної кромки із радіусом до 50 мкм в залежності від часу обробки. Для випадку $r = 30$ мкм, який був отриманий при фінішній обробці методом ViMAO, проведено розрахунок ймовірності руйнування інструменту, яка складає 30%, що у два рази нижча ніж з інструментами після стандартної фінішної обробки (рис. 3, б). Зменшення ймовірності руйнування пов'язано із змінами умов контактування інструменту із оброблюваним матеріалом, що приводить до збільшення зони контакту та перерозподілу напружень, внаслідок чого треті головні напруження зменшуються. Подальше збільшення радіуса округлення різальної кромки недоцільне, оскільки при високих швидкостях різання (> 220 м/хв.) це призводить до суттєвого збільшення температури різання та інтенсифікації хімічних реакцій взаємодії між інструментальним та оброблюваним матеріалом.

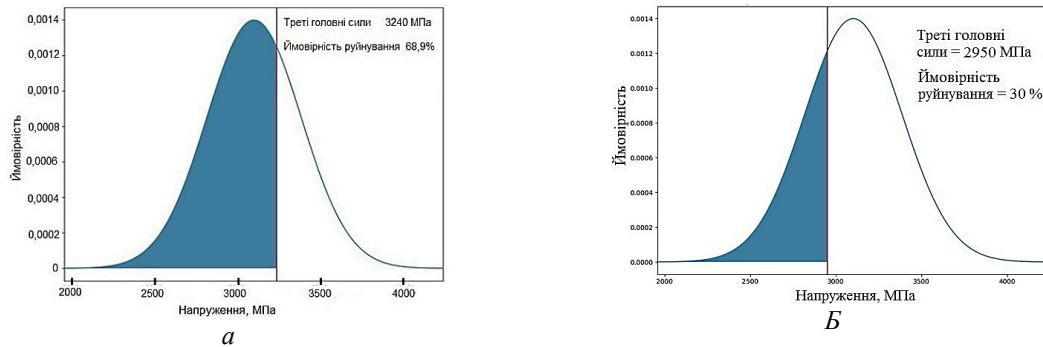


Рис. 3. Ймовірність руйнування інструментів із ПКНБ групи VL при точінні сталі ШХ15 (53 HRC) з ударом (а) та ймовірність руйнування інструментів із ПКНБ групи VL після додаткової фінішної обробки методом ViMAO ($v = 215$ м/хв, $S = 0,1$ мм/об, $t = 0,2$ мм)

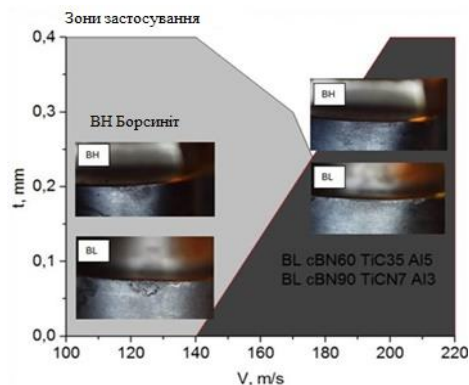


Рис. 4. Діаграма умов ефективного використання ПКНБ груп VN і VL при обробці загартованої сталі ХВГ із динамічними навантаженнями

Стійкісні дослідження дозволили визначити умови ефективного застосування інструментів із ПКНБ груп VL та VN при обробці із динамічними навантаженнями (рис. 4). Наявність зміцнюючої радіусної фаски для інструментів із ПКНБ групи VL дозволяє ефективно проводити обробку із невеликими перетинами зрізу при швидкостях різання 160-220 м/хв.