

Г.Г. Карюк, д.т.н., проф.

*Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України***АБРАЗИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ, ОСНАЩЕНИЙ НАДТВЕРДИМ МАТЕРІАЛОМ
НА ОСНОВІ ВІОРТЦИТНОГО НІТРИДУ БОРУ - ГЕКСАНІТОМ-А***Проаналізовано ефективність використання у промисловості шліфувального інструменту з використанням надтвердого матеріалу гексаніт-А.*

Однією з актуальних проблем у машинобудуванні та інших галузях промисловості є підвищення ефективності обробки важкооброблюваних конструкційних та інструментальних сталей і сплавів на основі заліза. Успішне застосування шліфувального інструмента з кубічного нітриду бору на операціях доводочного шліфування заліза і його сплавів зіграло важливу роль у підвищенні продуктивності праці і якості обробки, у продовженні терміну служби оброблених виробів [1, 2]. Магістральним напрямком розвитку матеріалів інструментального призначення є створення композицій, що поєднують високу твердість і міцність. Сполучення таких властивостей матеріалу може бути досягнуто тільки в композиціях. Одним із надтвердих матеріалів на основі щільних модифікацій нітриду бору є гексаніт. Матеріалу привласнена торгова марка гексаніт-Р – для оснащення лезового інструменту і гексаніт-А – для використання в абразивному інструменті – шліфувальних кругах на різних зв'язках, брусках, пастах і суспензіях. Гексаніт-А за властивостями і структурою абразивного зерна, у порівнянні з класичними абразивними матеріалами, має специфічні особливості і тому може ефективно застосовуватися на деяких операціях абразивної обробки визначеного класу матеріалів. Гексаніт-А володіє наступними фізико-механічними властивостями [3]: HV, ГПа – 55 ± 80 ; межа міцності, ГПа на стиснення – 3 ± 5 ; на згин – $1,2 \pm 1,5$; модуль, ГПа – 720; щільність, $\text{кг}/\text{м}^3 \cdot 10^3$ – $3,33 \pm 3,38$; термостійкість, °С – 1100. За модулем пружності та щільності матеріали на основі щільних модифікацій нітриду бору близькі між собою, а розходження в структурі призводять до зміни тих властивостей, що залежать від структури. Структура гексаніту-А являє собою дрібнодисперсний порошок (0,3–0,5 мкм), що має у вихідному стані, в основному, BN_B , що спечений у камерах надвисокого тиску [4]. Розходження в структурі приводять до більшої міцності на згині гексаніту серед матеріалів на основі щільних модифікацій нітриду бору. За морфологією і структурою зерна гексаніт-А можна віднести до абразивних матеріалів зі спеченою структурою, що почали застосовуватися на практиці порівняно недавно. Основне його застосування – обдирні, напівчистові та чистові операції абразивної обробки. Гексаніт одержують шляхом перебудови графітоподібних кристалічних ґраток нітриду бору (BN_r) у вюртцитоподібну (BN_B) і наступним спіканням вюртцитоподібного нітриду бору в камерах надвисокого тиску [3]. Ступінь перетворення BN_r у BN_B досягає 85–90 % [5]. Спечені полікристали піддають роздрібнюванню і поділу на фракції ситовим методом. В міру розширення обсягів застосування абразивного інструмента на основі гексаніту-А пізніше була розроблена технологія керованого спікання зерен заданого розміру. Основними експлуатаційними характеристиками шліфувальних кругів є якість шліфованої поверхні, питома витрата надтвердого матеріалу на одиницю знятого металу і продуктивність. Нижче наведені експлуатаційні характеристики гексанітових шліфувальних кругів, розроблених і впроваджених у машинобудування, а також області їхнього раціонального застосування. У залежності від області застосування, круги з гексаніту-А виготовляють на органічних, металевих і керамічних зв'язках [6].

Гексанітові круги на органічних зв'язках застосовуються, головним чином, при заточуванні лезового інструмента зі швидкорізальних сталей без мастильно-охолоджувальних технологічних середовищ. Досвід застосування твердих змазок (до 30 %) у складі абразивного шару (зв'язки марки БСТ) підтверджує їхню високу ефективність: тверде змащування знижує коефіцієнт тертя, зменшує виділення тепла, усуває припали на шліфованій поверхні. Одним із контрольованих критеріїв якості обробленої поверхні лезового інструмента є її шорсткість. Зменшити шорсткість можна в процесі заточування технологічними прийомами: виходжуванням серединою чашкового або тарілчастого кругів при обробці лезового інструмента нижньою (верхньою) кромками круга. Ефект виходжування при роботі нижньою (верхньою) кромкою круга спостерігався для всіх зернистостей, але найбільше він виявляється при шліфуванні грубозернистими кругами. Однак в експлуатації заточеного лезового інструмента зі

швидкорізальних сталей домінуючим є вплив на його стійкість не шорстості поверхні, а структури. Великий обсяг експериментів свідчить про те, що при обробці гексанітовими кругами в тонких поверхневих шарах спостерігаються менші зміни структури, ніж при використанні електрокорундового інструмента. У процесі шліфування відбуваються зміни в структурі мартенситу під дією термічних і механічних факторів у зоні обробки. Проведений рентгеноструктурний аналіз зразків сталі марки ХВСГ (HRC_e 54–56) показав наявність залишкових напруг у мартенситі і фазовий склад [7]. На основі аналізу мікротвердості, структури і фазового складу поверхневих шарів сталі ХВСГ, змінених у процесі шліфування, можна вважати, що термомеханічний вплив розглянутого процесу поширюється на глибину меншу за 200 мкм і виявляється у формуванні структури вторинного загартовування і швидкого відпуску, температура якої збільшується в міру наближення до поверхні. Для структури вторинного загартовування, фіксованої у поверхневому шарі товщиною більшою за 10 мкм, спостерігається збільшена кількість залишкового аустеніту. Характерною рисою є виникнення напруг розтягу I роду в α -фазі структури швидкісної відпустки, що поширюються на глибину до 80 мкм. хне максимальне значення за критерієм ($\sigma_1 + \sigma_2$) досягається на відстані 20–30 мкм від поверхні. Кількість залишкового аустеніту в міру наближення до поверхні зростає. Напруги розтягання I роду в поверхневому шарі після шліфування гексанітовими колами не виявляються. В α -фазі на глибині до 40 мкм спостерігаються напруги стискання з максимумом на поверхні. Напруги стискання в α -фазі монотонно зменшуються зі збільшенням глибини до 40 мкм. Таким чином, у зоні швидкісного високотемпературного відпуску, поряд із тепловим ефектом, виявляється і деформаційний ефект, що призводить до наклепу відпущеного мартенситу. Найбільший ефект від використання кругів із гексаніту-А отримано при заточуванні протяжок, черв'ячних модульних фрез, розверток та іншого профільного інструмента, де особливо важливо зберегти гостроту кромки і захистити їх від припалів у процесі заточування. Підвищення стійкості складного і дорогого лезового інструмента перебиває витрати на придбання абразивного інструмента з НТМ. Але це може бути досягнуто тільки в тому випадку, коли вимоги споживача до якості заточування будуть поставлені на перше місце. При оцінці якості абразивних кругів розташування вимог до абразивного інструмента повинно бути таким: відсутність припалів на обробленій поверхні лезового інструмента при заданих режимах шліфування; витрата абразиву (повинна бути в межах розумного). Експлуатація шліфувальних кругів із гексаніту-А на машинобудівних підприємствах показала, що стійкість заточеного лезового інструмента зростає в 1,25–5 разів у залежності від оброблюваного матеріалу, а в середньому – в 1,5–2 рази. Доведено ефективність застосування гексанітових кругів на операції шліфування зубчастих коліс [8]. При цьому отримане збільшення продуктивності праці в півтора-два рази в порівнянні зі шліфуванням електрокорундовими кругами, а також виключається поява припалів на шліфованій поверхні при глибині різання 0,01–0,05 мм. Гексанітові круги на металевих зв'язках мають підвищені фізико-механічні властивості в порівнянні з органічними і дозволяють краще утримувати абразивне зерно в абразивному шарі. Проведено дослідження працездатності кругів із гексаніту-А на металевих зв'язках марок МІ і МВІК при обробці сплавів заліза. Шліфували жароміцний сплав на основі нікелю (ЭИ437Б), сплави на основі заліза: аустенітного (Х18Н9Т), мартенситного (ШХ15), карбідного (Р6М5) класу і сірий чавун (СЧ18). Експериментами показано, що мінімальні витрати (0,1 мг/г) отримані при шліфуванні чавуну, а витрати в межах від 2 до 12 мг/м (у залежності від глибини різання) – при шліфуванні сталі мартенситного і карбідного класів. Цими дослідженнями доведена ефективність застосування гексанітових кругів на металевих зв'язках насамперед для обробки у загартованому стані. Різка зменшення питомої витрати гексаніту-А спостерігається при збільшенні зернистості вище 250/200 мкм [9]. Досліджено круги з процентною концентрацією 100 % і 150 %. Установлено, що оптимальною є 100 %-на концентрація. При фрезеруванні абразивними кругами зразків загартованих сталей марок 95Х18, Х12М, Х6ВФ продуктивність, у порівнянні з існуючими технологічними процесами, збільшується в 3–5 разів. Гексанітові круги на керамічних зв'язках відрізняються більшою твердістю в порівнянні з іншими зв'язками і забезпечують ефективну роботу абразивного зерна на операціях профільного і внутрішнього шліфування деталей зі сталей мартенситного і карбідного класів. Виготовлення виробів на керамічних зв'язках поєднано з великими технологічними труднощами: необхідним є повільне нагрівання (охолодження) в процесі спікання, що відбувається протягом тривалого часу [10]; висока

трудомісткість механічної обробки спечених виробів. Замість керамічних зв'язок використовують алюмосилікатне скло, що модифіковане окислами літію і бора. Гексанітові круги на керамічних зв'язках за питомою продуктивністю на порядок перевищують електрокорундові, забезпечуючи при цьому меншу шорсткість шліфованої поверхні (на прикладі інструментальної загартованої сталі марки ХВГ) і забезпечують збільшення глибини різання в 1,5–2,5 рази. Стійкість кругів на деяких операціях зростає на порядок. Завдяки можливості використання багатодисперсних порошків гексаніту-А круги на керамічних зв'язках дозволяють працювати з великими глибинами різання, а також із більшою (у два-три рази) продуктивністю. Експлуатаційні властивості шліфувальних кругів: стійкість робочого шару, продуктивність, питома витрата гексаніту-А і якість обробленої поверхні, шорсткість, геометричні похибки, мікротвердість, зміна структури поверхневого шару та інші параметри шліфувального матеріалу – істотно залежать від технологічного стану устаткування, його жорсткості, ступеня автоматизації подачі, підготовки кругів до роботи, режимів шліфування. Круги з гексаніту-А експлуатують на заточувальних оптико-шліфувальних, внутрішшліфувальних, координатно-шліфувальних та інших верстатах. Таким чином, круги з гексаніту-А на органічних, керамічних, металевих зв'язках мають визначені області ефективного застосування на операціях абразивної обробки машинобудівних матеріалів, деталей, виробів.

За консультаціями з питань придбання і використання інструменту звертатися за тел./факс: (044) 450-48-31.

ЛІТЕРАТУРА:

1. К.И. Шелковский, А.Ф. Раб. Стойкостные испытания быстрорежущих инструментов, обработанных кругами из эльбора / Синтетические алмазы. – Киев, УкрНИИТИ. – Вып. 5. – 1972.
2. М.Ф. Семко, А.И. Грабченко. Эльборовое шлифование быстрорежущих сталей. – Изд. Объединение высшей школы. – 1974.
3. Сверхтвердые материалы / Под ред. И.Н. Францевича. – Киев: Наук. думка, 1980. – 195 с.
4. Г.Г. Карюк, А.В. Бочко, О.И. Моисеенко, В.К. Сидоренко. Высокопроизводительные инструменты из гексанита-Р. – Киев: Техника, 1981. – 120 с.
5. В.В. Ярош. Получение вюрцитоподобной модификации нитрида бора ударным сжатием / Гексанит и Гексанит-Р и изделия на их основе инструментального назначения. – Киев: ИПМ АН УССР, 1975. – С. 14-17.
6. Г.Г. Карюк, А.А. Адамовский, А.О. Аранович. Эксплуатация гексанитовых шлифовальных кругов в машиностроении. Препринт 90, ИПМ АН УССР. – Киев, 1990.
7. Г.Г. Карюк. Создание новых безвольфрамовых спеченных инструментальных композиций для обработки машиностроительных материалов и горных пород. Дис. д.т.н. – Киев, 1981. – С. 318.
8. Э.В. Рыжов, Н.Я. Корж, А.Е. Шило и др. Эффективность применения новых инструментов из сверхтвердых материалов с неметаллическими покрытиями зерен для зубошлифования. Алмазы и сверхтвердые материалы. – № 7. – 1982. – С. 2–5.
9. Г.Г. Карюк, В.М. Емцов, С.С. Крижановский. Опыт применения кругов из гексанита-А на операциях глубинного шлифования. Алмазы и сверхтвердые материалы. – 1981. – № 6. – С. 6–9.
10. А.А. Пащенко, Б.М. Емельянов, Ф.Г. Рубан и др. Инструмент из сверхтвердых материалов на керамических связках. – Киев: Наукова думка, 1980. – С. 133.

КАРЮК Геннадій Гаврилович – доктор технічних наук, професор, завідувач відділу Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України.

Наукові інтереси:

- матеріалознавство;
- створення інструментів з надтвердих матеріалів.