

УДК 621.921:547.639

А. О. Шепелєв<sup>1</sup>, В. Г. Сороченко<sup>1</sup>, О. А. Шепелєв<sup>1</sup>, Б. Б. Гржибовський<sup>1</sup>, Л. П. Стафецький<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Інститут надтвердих матеріалів ім.В.М.Бакуля НАН України  
<sup>2</sup>АТ "Neomat Co", Латвія

### ДОСЛІДЖЕННЯ НАНОДИСПЕРСНИХ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНИХ КОМПОЗИТИВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ І ЯКОСТІ ОБРОБКИ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Досліджено нанодисперсне структуроутворення алмазно-абразивних композитів, визначена технологічна структурна орієнтація надтвердих матеріалів та встановлені функціональні закономірності визначення складу та характеристик металевих і металополімерних композитів, оптимізовані параметри процесів пресування і спікання композитів із надтвердих матеріалів.*

*Ключові слова:* дослідження, закономірність, нанодисперсні матеріали, алмазно-абразивні композити, метало – та металополімерні композити, структуроутворення, продуктивність.

### А. А. Шепелев, В. Г. Сороченко, А. А. Шепелев, Б. Б. Гржибовский, Л. П. Стафецкий ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОДИСПЕРСНЫХ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНЫХ КОМПОЗИТОВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Исследовано нанодисперсное структурообразование алмазно-абразивных композитов, определена технологическая структурная ориентация сверхтвердых материалов и установлены функциональные закономерности определения состава и характеристик металлических и металлополимерных композитов, оптимизированы параметры процессов прессования и спекания композитов из сверхтвердых материалов.*

*Ключевые слова:* исследование, закономерность, нанодисперсные материалы, алмазно-абразивные композиты, металло- и металлополимерные композиты, структурообразование, производительность.

### А. А. Shepelev, V. G. Sorochenko, A. A. Shepelev, B. B. Grzhybovskiy L. P. Stafekis RESEARCH OF NANODISPERSE DIAMOND – ABRASIVE COMPOSITES OF TOOL APPOINTMENT FOR INCREASE OF PRODUCTIVITY AND QUALITY OF PROCTSSING OF COMPOSITE MATERIALS

*Nanodispersed structural formation of the diamond abrasive composites was investigated, technological and structural orientation of SHM was defined, patterns of function and characteristics of metallic and composite metal polimer composites were established*

В сучасному інструментальному виробництві застосування надтвердих абразивних матеріалів (НТМ) – синтетичного алмазу (АС) і кубічного нітриду бору (КНБ) – розглядається як пріоритетний напрямок ефективного застосування в технологічних процесах алмазно-абразивної обробки, де важлива їх гарантована стійкість, високі ріжучі властивості та продуктивність. Мета роботи полягає в дослідженні науково – технологічних засад розробки інтегрованої технології виготовлення нанодисперсних металевих та металополімерних композитів та алмазно-абразивних інструментів для продуктивної механообробки композиційних матеріалів: твердих сплавів, інструментальних сталей, скла, вогнетривів, кераміки, кристалю та ін. В основу роботи покладені закономірності визначення складу та характеристик нанодисперсних композитів та порошків НТМ з коефіцієнтом однорідності 1,2 – 1,3; розробка нових конструкцій робочого шару інструментів; оптимізація параметрів процесів спікання та пресування; застосування нових інструментів із НТМ для механообробки композиційних матеріалів на підприємствах базових галузей промисловості України, що виробляють вироби з вогнетривів, кераміки, скла, кристалю та інших матеріалів.

Вперше застосовано в технології виробництва металополімерного алмазно-абразивного інструменту нанодисперсні порошки, які виконують роль функціональних наповнювачів і забезпечують отримання гомогенних структур з новим фазовим складом. Використання таких матеріалів сумісно з дисперсними порошками забезпечує досягнення нанодисперсного структурування металевих і металополімерних композитів алмазно-абразивного інструмента, а також оптимізацію параметрів спікання при температурах 250 – 750 °С. Встановлені параметри програмованого термічного спікання дозволяють знизити зусилля пресування на 20 – 30 % за рахунок прецизійного комп'ютерного керування системою "Температура – тиск – час".

Наукова концепція створення нанодисперсних композитів базується на використанні системи дисперсних функціональних наповнювачів Cu, Sn, SiC і відповідних нанодисперсних зміцнюючих наповнювачів  $Cu_{Na}$ ,  $Sn_{Na}$ ,  $SiC_{Na}$ , якими допірують (модифікують) полімерний каркас композитів, що активує структурну орієнтацію металополімерних композитів із НТМ. При цьому склад, характеристики і співвідношення елементів композитів визначаються оптимізацією тріади показників: зносостійкість, твердість і ефективність спікання композитів.

Сформовано новий погляд на уявлення про робочий шар інструменту з надтвердих матеріалів як про композит, у якому особливе місце займають зміни, які формуються при пресуванні та спіканні робочого шару в залежності від технології отримання і відбуваються у напрямку кутів відносно напрямку дії зусилля пресування. Кут напрямку дії таких напружень – ключ до розуміння структури робочого шару і характеру тих тенденцій у роботі шліфування кругів з НТМ, до яких необхідно прагнути для підвищення їх зносостійкості.

Визначена актуальність використання, як базових функціональних елементів композитів, нанодисперсних порошків міді, олова, заліза та карбїду кремнію, модифікованих термостійкими полімерами. Визначено склад та характеристики нанодисперсних композитів із НТМ та оптимізовані технологічні параметри програмованого формування та спікання композитів системи Cu – Sn – SiC – ПБ – АС. Встановлені закономірності тріади режимів спікання: "Температура – зусилля пресування – час", що забезпечують управління показниками працездатності алмазно-абразивного інструмента за рахунок зниження впливу технологічних факторів на процес спікання.

Вперше встановлені функціональні закономірності впливу плазмохімічних нанодисперсних порошків  $Cu_{Na}$ ,  $Sn_{Na}$ ,  $SiC_{Na}$  на характеристики композитів систем Cu - Sn - АС і Cu - Sn – ПБ – АС. Показано, що нанопорошки  $Cu_{Na}$ ,  $Sn_{Na}$ ,  $SiC_{Na}$  впливають у поєднанні з дисперсними порошками Cu – Sn – SiC на твердість, інтенсивність зношування (відносні витрати НТМ) і зносостійкість алмазовмісних інструментальних композитів. Так, досягнута твердість металевих композитів системи Cu +  $Cu_{Na}$  + Sn +  $Sn_{Na}$  не менше 100 HRB<sub>100</sub> і металополімерних композитів

Cu +  $Cu_{Na}$  + Sn +  $Sn_{Na}$  + SiC +  $SiC_{Na}$  + ПБ не менше 80 HRB<sub>60</sub>, що актуально для продуктивної і прецизійної абразивної обробки.

Встановлені функціональні закономірності впливу плазмохімічних нанодисперсних металевих порошків  $Cu_{Na}$ ,  $Sn_{Na}$ ,  $SiC_{Na}$  на характеристики композитів систем Cu – Sn – MoS<sub>2</sub> – ПБ (марки С1 - 01) і Cu +  $Cu_{Na}$  + Sn +  $Sn_{Na}$  + SiC +  $SiC_{Na}$  + ПБ (марки С1 - 02). Показано, що нанодисперсні порошки  $Cu_{Na}$ ,  $Sn_{Na}$ ,  $SiC_{Na}$  впливають у поєднанні з дисперсними порошками Cu, Sn і SiC на твердість, інтенсивність зношування (відносні витрати НТМ) і зносостійкість алмазовмісних інструментальних композитів. Так, досягнута твердість металополімерних композитів марки С1-02 складає 80 – 100 HRB<sub>60</sub> і металополімерних композитів марки С1-01 70-80 HRB<sub>60</sub>, що актуально для продуктивної і прецизійної абразивної обробки.

Досліджено вплив коефіцієнта ефективності спікання на зносостійкість металополімерних композитів, співвідношення в композиті порошків дисперсного і нанодисперсного карбїду кремнію. Встановлено, що зі збільшенням коефіцієнту спікання композитів їх зносостійкість збільшується, а ефективна потужність шліфування знижується. Абсолютне оптимальне значення цього коефіцієнта складає 2 – 8 %.

Встановлено, що елементний склад розроблених дисперсних і нанодисперсних металополімерних композитів марок С1-01 і С1-02 є константним при введенні до складу дисперсного композиту функціональних нанодисперсних наповнювачів  $Cu_{Na}$ ,  $Sn_{Na}$ ,  $SiC_{Na}$ , а також MoS<sub>2</sub>. Формування структурних поверхонь нанодисперсних металополімерних композитів найбільш оптимально при застосуванні металізованих алмазів. Ефективне застосування в якості твердих змащувачів дисульфїду молібдену в кількості до 5 мас. %. Співвідношення функціональних дисперсних і зміцнюючих нанодисперсних наповнювачів в композитах знаходиться в співвідношенні: Cu /  $Cu_{Na}$  = 20...25, Sn /  $Sn_{Na}$  = 5...6 і SiC /  $SiC_{Na}$  = 1...2.

Вставлено інтегральний вплив на оброблюваність твердих сплавів марок Т30К4, Т15К6, Т14К8, ВК6, ВК10, ВК15, ВК20, ВК25 алмазних кругів з нанодисперсних металополімерних композитів при продуктивності обробки, яка згідно ГОСТ 16181 – 82 складала 700 мм<sup>3</sup>/хв., що перевищувала стандартне значення в 5 – 20 разів.

Для нанодисперсного композиту системи "мідь – олово – алмаз" екстремум твердості робочого шару та працездатності композиту досягає при 1,5 – 2,0 % по масі сумісному вмісті нанопорошків міді та олова за рахунок утворення дрібнодисперсної гомогенної структури.

Наукові результати, які включають науково-технічну і технологічну документацію, експериментальні та комп'ютерні методики використані в Інституті надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України та концерні "АЛКОН" НАН України при реалізації технології виготовлення інструментів із НТМ.

Проведені дослідно-промислові випробування на ПАТ "Мотор Січ" (м. Запоріжжя) розробленого алмазно-абразивного інструменту при їх застосуванні на верстатах-автоматах (оброблювальних центрах) з числовим програмним керуванням. Встановлено, що новий алмазний інструмент конкурентоспроможний з аналогічним інструментом зарубіжних фірм та забезпечує імпортозаміщення такого інструменту.