

Технічні науки

УДК 631.3

Потоскаєв Олексій Миколайович

аспірант

Полтавського державного аграрного університету

Potoskaiev Oleksii

Postgraduate of the

Poltava State Agrarian University

**САМОПОШИРЮВАНИЙ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИЙ СИНТЕЗ ЯК
СПОСІБ ОТРИМАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ
ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ НОЖІВ ПОДРІБНЮВАЧА-
РОЗКИДАЧА СОЛОМИ
SELP-PROPAGATING HIGH-TEMPERATURE SYNTHESIS AS A
METHOD OF OBTAINING COMPOSITE MATERIALS FOR
INCREASING THE DURABILITY OF STRAW CHOPPER-SPREADER
KNIVES**

***Анотація.** Розглянуто та проаналізовано отримання зносостійких композиційних матеріалів методом самопоширюваного високотемпературного синтезу (СВС), які можуть бути використані для підвищення довговічності ножів подрібнювача-розкидача соломи (ПРС).*

***Ключові слова:** ніж подрібнювача-розкидача соломи (ПРС), зношування, композиційні порошки, модифікатори, самопоширюваний високотемпературний синтез (СВС).*

***Summary.** The production of wear-resistant composite materials by the method of self-propagating high-temperature synthesis of SBS, which can be used to increase the durability of the blades of the straw chopper-spreader of the PRS, is considered and analyzed.*

Key words: *straw chopper-spreader blade PRS, wear, composite powders, modifiers, self-propagating high-temperature synthesis of SVS.*

Постановка проблеми. Основною функцією багатьох робочих органів сільськогосподарських машин є подрібнення різного біологічного матеріалу або ґрунту (розбивання, роздавлювання, розривання, зрізання тощо). При цьому якість подрібнення залежить від стабільності форми, розмірів та стану робочої поверхні цієї деталі у процесі експлуатації. Не є тут винятком і ножі подрібнювача-розкидача соломи (ПРС) зернозбирального комбайна (ЗК). Причому найпоширенішим та найбільш важливим практичним завданням, яке важко вирішати, є як збереження гостроти ріжучих кромek ножів [1], так і затуплення лез і згладжування вістря, що зрештою, викликає підвищення енерговитрат на подрібнення.

Відповідно до технічних вимог ресурс оригінальних ножів ПРС становить 60-80 га/ніж (фірми MWS), залежно від марки та завантаження ЗК, типу культури, що вбирається, вологості вороху тощо.

Мета. Істотне підвищення довговічності (5-10 разів) відновлених ножів ПРС може бути досягнуто застосуванням: нової конструкції зміцнюючого покриття, використанням як матеріалу, що зміцнює покриття модифікованих твердих сплавів і модернізацією технології наплавлення.

При взаємодії леза ножа із соломкою його ріжуча кромка піддається зношуванню, що згодом призводить до затуплення. Основні види пошкоджень ножів ПРС: поломка, деформація, вибоїни та фарбування ріжучої кромки, затуплення. Перші три види пошкоджень можуть бути пояснені тим, що їх поява спричинена деякими причинами, такими як попадання сторонніх тіл, а втрата працездатності ножів та зниження якості різку утворено затупленням ріжучих кромek ножа внаслідок зношування. Значення зносу ножа ПРС зростає в міру видалення його від валу, на якому він закріплений і, обертаючись, досягає значення максимуму у його торця

(рис. 1). З аналізу джерел та судячи з практики відзначено, що ножі, виготовлені зі сталей 65Г та У8 та зміцнені загартуванням, протягом 2-3 годин роботи повністю зношуються і виходять із ладу [2].



Рис. 1. Характерне зношування ножа соломоподрібнювача при досягненні граничного напруцювання

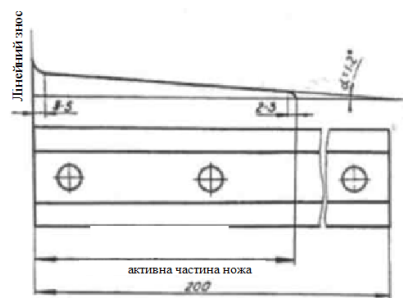


Рис. 2. Епюр зносу леза прямокутного ножа за довжиною

Ножі ПРС зношуються рівномірно по довжині, це викликано їх непостійним навантаженням. На (рис. 2) показаний теоретичний епюр зношування ножа ПРС.

Класифікація ножів визначається характером різання, робочою температурою, видом навантаження, що діє на ножі, матеріалом, що піддається різанню. Ці фактори визначають стійкість і довговічність ножів.

Для нанесення зносостійких покриттів найбільш перспективним використовувати порошкові матеріали і модифікатори, що виготовляються методом самопоширюваного високотемпературного синтезу [3]. Метод заснований на використанні екзотермічного ефекту реакцій взаємодії більшості металів періодичної системи з бором, вуглецем, азотом, кремнієм.

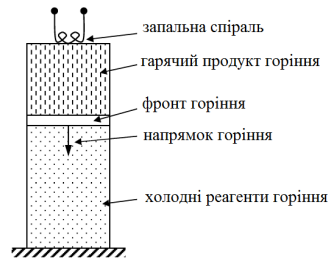


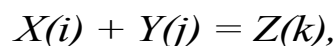
Рис. 3. Схема СВС процесу

Як реагенти використовуються суміші елементів:

- металів з неметалами;
- металів з металами;
- неметалів з неметалами, або їх взаємодій, здатних при взаємодії

виділяти велику кількість теплоти.

Загальну схему процесу можна подати у такому вигляді:



$X(i)$ - реагент у твердому стані;

$Y(j)$ - реагент у твердому, рідкому або газоподібному стані;

$Z(k)$ - продукт синтезу (бориди, карбіди, силіциди, нітриди, інтерметаліди тощо) в конденсованій фазі.

Завдяки особливостям процесу: високій температурі; хімічній та фізичній короткочасності; високій швидкості внутрішнього саморозгріву; реакції, що протікає в умовах різкого градієнта температур, СВС методи дозволяють синтезувати композиції, отримання яких іншими відомими способами вимагає великих витрат або складного технологічного обладнання, або взагалі неможливо. Важливою технологічною перевагою використання методу СВС для отримання композиційних порошків є також можливість отримання багатокomпонентних продуктів за одну стадію навіть у системах матеріалів, що значно відрізняються за властивостями (наприклад, температура плавлення).

В якості зв'язок часто використовуються метали, металеві сплави та інтерметаліди. Як тугоплавкі сполуки, як правило, використовують карбіди

титану, хрому, кремнію та їх комбінації, а також оксиди алюмінію, титану, хрому.

Характерними рисами синтезованих порошків є:

- наявність металургійного зв'язку між складовою композиційної частки;
- дрібнозерниста структура з тонким об'ємним розподілом тугоплавкої складової;
- сталість фазового складу незалежно від розміру порошкової композиційної частки;
- низька вартість матеріалів (за рахунок низької енергоємності процесу в порівнянні з іншими методами одержання).

Основні етапи типової технологічної схеми процесу отримання СВС-порошків включають підготовку порошкової шихти, безпосередньо синтез, а також розмелювання і класифікацію отриманого продукту по фракціям.

Завдяки специфічним умовам отримання, СВС-порошки відрізняються від своїх аналогів, що виготовляються пічним або плазмохімічним методом як чистотою, так і за структурою.

Висока чистота є важливою особливістю СВС-порошків і обумовлена високим ступенем перетворення реагентів (за оптимальних умов СВС-процесу), ефектом самоочищення від домішок, а також відсутністю забруднень продуктів горіння контейнерними матеріалами. Вміст основної речовини в СВС-порошках зазвичай становить від 99,0 до 99,5% мас., що значно вище, ніж у вітчизняних аналогів, і навіть перевищує рівень найкращих зарубіжних зразків. Покажемо це на прикладі нітридів, отриманих на основі СВС-технології ТТ-1 [2].

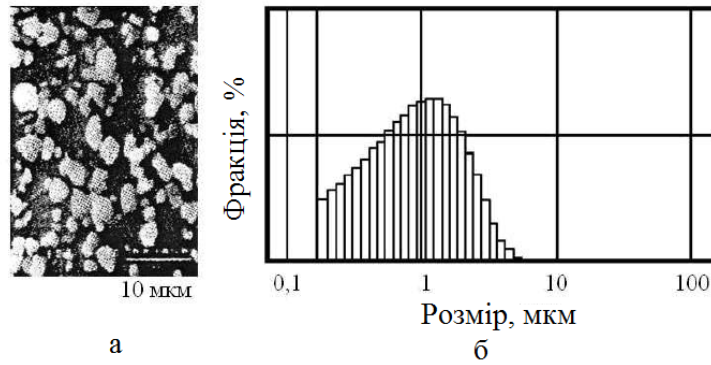


Рис. 4. Рівновісна форма частинок порошку AlN (а) та розподіл за розмірами (б)

На (рис. 4) показано рівновісну (сферичну) форму високо дисперсних частинок порошку AlN та розподіл за розмірами.

Дані рисунку 4 свідчать про високу якість порошку нітриду алюмінію марки СВС.

Висока якість СВС-порошків (чистота, дисперсність) проявляється і в кінцевих матеріалах, які зазвичай отримують гарячим пресуванням з використанням добавок U_2O_3 і Al_2O_3 (кераміка), що активують спікання, а також у виробках, в яких порошки зберігають свою дисперсність (засипки, наповнювачі тощо).

Наприклад, з нітриду алюмінію марки СВС отримана кераміка для тепловідвідних підкладок мікросхем в електронних приладах, що має значно високе значення коефіцієнта теплопровідності до 200 Вт/(м·К).

Монокристалльні порошки складаються з окремих досконалих кристалів і виходять внаслідок повного подрібнення полікристалічних продуктів горіння (рис. 5). Зазвичай вони мають зерна розміру 0,5-3,0 мкм, що робить їх дуже підходящою сировиною для подальшої переробки спіканням. Наведені вище приклади успішного застосування нітридних монокристалічних СВС-порошків (в лабораторній практиці їх називають також монокристалльними) для отримання технічної кераміки. Також успішно можуть бути застосовані карбідні та боровмісні монокристалльні СВС-порошки для спікання твердих сплавів.

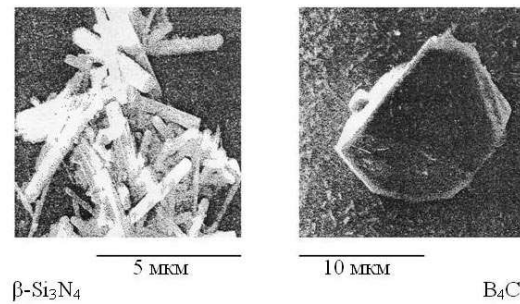


Рис. 5. Монокристалльні СВС-порошки

Розмір зерен легко регулюється умовами проведення СВС-процесу. Пригнічуючи рекристалізацію в продуктах горіння, можна отримати монокристалічні порошки з розмірами зерен близько 0,1 мкм, причому структура порошків, що утворюються, близька до структури ультрадисперсних, плазмохімічних аналогів. Відомі також спроби в протилежному напрямку, а саме пошук можливості отримання крупнозернистих монокристалічних порошків. Один із підходів полягає у значному зниженні швидкості охолодження, що повинно збільшити час рекристалізації і підвищити повноту цього процесу. Синтез $\text{TiC}+\text{C}$ у "відкритій ямі" в піщаному ґрунті (ТТ-1) призводить до одержання монокристалічних порошків з розміром зерен близько 0,5-1 мм. При цьому охолодження протікало протягом кількох днів. Пізніше цим способом вдалося виростити монокристалічні порошки WC з розміром зерен близько 3 мм.

Агломератні СВС-порошки, які можуть бути отримані методом порошкової металургії, складаються з частинок, утворених окремими кристалітами, між якими спостерігається значне зрощування. Вони можуть бути пористими (рис. 6). Такі порошки утворюються за неповного подрібнення продуктів горіння. Розміри частинок агломератних порошків зазвичай змінюються в межах 10-200 мкм.

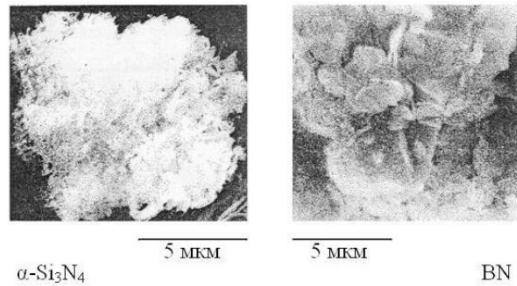


Рис. 6. Агломератні СВС-порошки

Висновок. Завдяки процесам саморуйнування агломератних зерен при шліфуванні деталей, однією технологічною операцією вдається здійснити два різних етапи обробки (шліфування та полірування). Використання таких паст при обробці деталей із чорних та кольорових металів підвищує чистоту обробки поверхні на 1-2 класи, збільшує продуктивність праці в 1,5-2 рази і, більше того, збільшує термін служби оброблених деталей у порівнянні з тими, що шліфуються звичайними пастами (на основі оксидів хрому та алюмінію, корунду та алмазу). Цікаво, що карбід титану, отриманий іншими методами (пічним та плазмохімічним), є малоефективним при використанні в абразивних пастах.

У першому випадку СВС дозволяє отримувати твердий розчин карбідів титану та хрому, а в другому – у продуктах горіння окремі фази карбідів титану та хрому, оскільки нікель пригнічує утворення твердого розчину. Найцікавішим при цьому є те, що прямий синтез композитного матеріалу дозволяє отримувати високоомогенні мікроструктури, що є матрицею нікелю, в якій однорідно розподілені високодисперсні зерна карбиду хрому (розмір зерен <1 мкм) і ще дрібніші зерна карбиду титану (розмір зерен <1 мкм). Такі порошки можуть знайти численні застосування і поки що на світовому ринку не представлені.

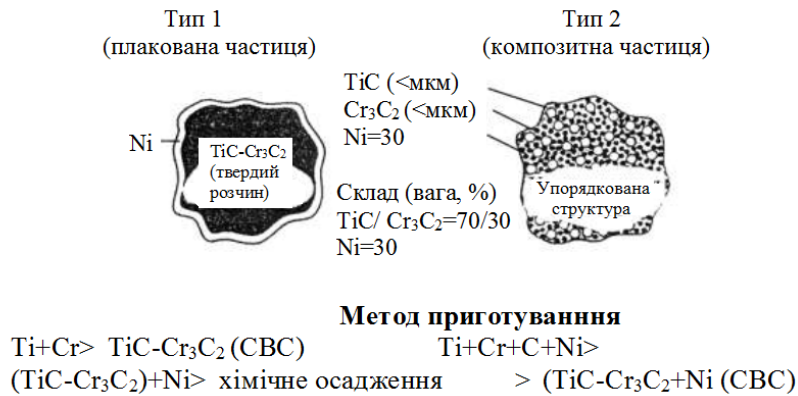


Рис. 7. Структура металокерамічних композиційних СВС порошків

СВС-продукти часто мають високу пористість, унаслідок чого саме отримання пористих матеріалів представляється тією областю, де технологія СВС може бути застосована [3].

Пориста структура СВС-продуктів залежить від цілого ряду факторів, серед яких основне значення мають склад та структура шихти, об'ємна швидкість виділення домішкових газів та наявність рідкої фази у хвили горіння. Варіював ці параметри, можна регулювати пористість утворюваних СВС-продуктів в дуже широких межах: від практично нульової пористості до дуже великої (96%). Зазвичай пористість СВС-матеріалів знаходиться в межах від 40 до 70% об'ємних. Типовим прикладом такої пористої структури може бути карбід титану, отриманий методом СВС (рис. 8).

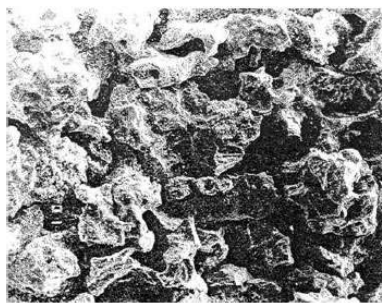


Рис. 8. Пориста структура карбиду титану, отриманого методом СВС (збільшенням x50)

Пористі СВС-матеріали мають ряд переваг порівняно з такими самими матеріалами, синтезованими звичайними методами порошкової металургії. Насамперед слід відзначити їх дуже високу кінцеву пористість, яка в СВС-

матеріалах може бути вищою на 15-20%. Це пояснюється низкою факторів. По-перше, негативним об'ємним ефектом реакцій СВС, пов'язаним з тим, що молярний обсяг продуктів СВС зазвичай менше молярного обсягу реагентів, по-друге, виділенням домішкових газів при перетворенні шихти на кінцевий продукт. При звичайному спіканні керамічних матеріалів таких ефектів не спостерігається.

Іншою, ще більш важливою перевагою СВС-матеріалів є те, що їх міцність в 1,5-3,0 рази вище, ніж у спечених матеріалів при тієї ж пористості. Високі температури СВС-процесу і низький вміст домішок на межах зерен (через самоочищення) призводять до утворення сильних зв'язків між зернами в полікристалі. Це схоже на "зварювання" зерен з утворенням каркасу, що також є причиною високої міцності та агломератних порошоків. На рисунку 8 показані залежності міцності карбіду титану від пористості для матеріалів, одержуваних СВС і традиційним спіканням відповідно.

В якості матеріалів, з яких виготовляються імпорتنі ножі різного призначення для рубки та дроблення деревних відходів пластмаси та металобрухту, застосовуються сталі, що мають високу твердість і високу в'язкість для запобігання сколюванню та поломці ножа при ударних навантаженнях.

Література

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. Київ: «Агроосвіта», 2014. 665 с.
2. Белоконь Ю. О., Кулинич В. Д., Драгобецький В. В., Серета Д. Б. Перспективи розвитку технологій та обладнання саморозповсюджувального високотемпературного синтезу. *Вісник Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського*. 2021. № 6 (131).

3. Полянський С. К., Коваленко В. М. Експлуатаційні матеріали. К.: Либідь, 2003. 448 с.