

УДК 621.923.6

А.О. Шепелєв, д.т.н., с.н.с.

В.Г. Сороченко, к.т.н., с.н.с.

О.А. Шепелєв, провід. інж.

*Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля**НАН України*

КОНЦЕПЦІЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ШЛІФУВАННЯ КРУГАМИ ІЗ НТМ

У даній статті наведена концепція інтенсифікації процесів шліфування матеріалів і інтегрованої технології виробництва, що дозволяє створювати абразивні інструменти із надтвердих матеріалів, які конкурентоспроможні на світовому рівні.

Вступ. В сучасному інструментальному виробництві використання надтвердих абразивних матеріалів (НТМ) – синтетичного алмазу і кубічного нітриду бору (КНБ) розглядається як пріоритетний напрямок збільшення продуктивності і підвищення надійності різальних інструментів. З найбільшою ефективністю інструменти із НТМ використовуються в технологічних процесах алмазно-абразивної обробки, для яких важлива їх гарантована стійкість, високі різальні властивості і продуктивність праці. Однак необхідна у сучасних умовах ефективність обробки вольфрамкових сплавів, інструментальних сталей і кераміки практично забезпечується при продуктивності шліфування не більше ніж $1000\text{--}3000 \text{ мм}^3/\text{хв.}$, в той же час як верстатні системи і промислові технології механообробки можуть забезпечувати продуктивність $3000\text{--}5000 \text{ мм}^3/\text{хв.}$, а в недалекому майбутньому – $10\,000 \text{ мм}^3/\text{хв.}$ Для інтенсифікації процесів шліфування необхідне створення нового покоління шліфувальних кругів із НТМ і прогресивних технологічних систем. В цілому інтенсифікація процесів шліфування – це споконвічна проблема механообробки і, зокрема, алмазно-абразивної обробки, яка лежить в основі створення високих технологій обробки різальних інструментів і деталей машин.

Проведений нами аналіз патентно-інформаційних матеріалів [1, 2, 3, 4] показав, що надтверді абразивні матеріали використовуються для операцій обробки деталей машин та інструментів, де необхідно забезпечити гарантовану якість, стійкість і надійність, стабільні різальні властивості інструментів із НТМ. Досягнутий рівень продуктивності не перевищує $1000\text{--}2000 \text{ мм}^3/\text{хв.}$ В табл. 1 і 2 наведені дані, які характеризують сучасний рівень шліфувальних кругів із НТМ та їх відповідні прогнозовані значення.

Таблиця 1

Показники шліфувальних кругів із НТМ

Призначення шліфувальних кругів	Показники				
	синтетичний алмаз			кубоніт	
	Q, мм ³ /хв.	g, мг/Г	R _a , мкм	Q, мм ³ /хв.	g, мг/Г
Шліфування і заточування твердосплавного і сталю метало- і дереворізального інструментів	600–2000	–	0,20–0,32	–	–
Шліфування деталей із зносостійкими покриттями і наплавленнями	–	8,0–10,0	0,8–1,60	–	–
Шліфування титанових і залізовуглецевих сплавів	400–800	0,5–2,0	–	–	–
Фінішне шліфування	100–150	–	0,10–0,20	–	–
Шліфування і заточування інструмента із швидкорізальних сталей	–	–	–	600–1200	0,8–2,0

Патентно-інформаційні матеріали засвідчують актуальність використання НТМ в інструментальному і основному виробництвах. В них наводяться характеристики інструментів із НТМ, що використовуються, а також опис технологічного обладнання. Як правило, закордонні фірми, що займаються створенням технологічного обладнання, прагнуть безпосередньо в технологічному обладнанні, що створюють, комплексно реалізувати новітні досягнення в галузі високих технологій шліфування, використовуючи сучасні інструменти із НТМ, ефективні МОТС, раціонально використовувати автоматизацію, роботизацію і програмне керування технологічними процесами обробки. Така тенденція промислової реалізації технологій шліфування інструментів і деталей за допомогою створення спеціалізованого автоматизованого обладнання наочно демонструється на міжнародних спеціалізованих виставках, присвячених інструментам із супералмазів.

В Україні розроблені технологічні процеси шліфування і заточки кругами із НТМ твердосплавного і сталю інструменту що використовується в машинобудуванні, метало- і деревообробці, інших галузях

промисловості [5, 6]. Визначена можливість технологічного керування параметрами якості оброблених поверхонь і вибору оптимальних умов роботи інструментів із НТМ. При цьому можна констатувати, що одним із найбільш ефективних процесів обробки важкооброблювальних матеріалів є алмазне шліфування з використанням МОТС або періодичним введенням у зону різання електричного струму низької напруги для пра-вки і активації різальної поверхні кругів із НТМ.

Таблиця 2

Показники шліфування інструментальних матеріалів кругами із НТМ (прогнозні значення)

Показник шліфування	Показники	
	базовий	плановий
Продуктивність шліфування (за показником добутку подач – $S_{\text{поп}} \cdot S_{\text{пр}}$, мм/дв.хід · м/хв.	0,5–1,5	0,2–0,3
Питома витрата надтвердих матеріалів g, мг/см ³	10,0–15,0	20,0–30,0
Коефіцієнт зниження енергосмності процесу абразивної обробки K_e	1,5	1,0
Коефіцієнт підвищення стійкості інструментальних сталей $K_{\text{ст}}$	1,3	1,0
Шорсткість обробленої поверхні R_a , мкм	0,10–0,20	0,20–0,30

Проведені інформаційні дослідження технологій шліфування і абразивних інструментів із надтвердих матеріалів, аналіз тенденцій сучасного розвитку високих технологій в машинобудуванні як вектора розвитку технологічного маркетингу, менеджменту якості і сертифікації, а також прогноз науково-технічного потенціалу машинобудування України показують, що проблема обробки таких важкооброблювальних матеріалів, якими є вольфрамові, безвольфрамові і маловольфрамові сплави і сталі, а також інструментальні сталі, конструкційні метали і сплави при глибинах шліфування 0,5–1,0 мм і більше, практично не вирішена.

На наш погляд, розв'язання таких задач полягає у збільшенні продуктивності за допомогою керування функціональними взаємозв'язками параметрів технологічних систем, що включають характеристики шліфувальних кругів, режими шліфування і динамічні характеристики шліфувальних систем. Аналіз взаємозв'язків вказаних параметрів може призвести до отримання вказаних результатів і забезпечити продуктивність шліфування, яка для інструментального виробництва в наш час є актуальною.

Мета досліджень і виклад основного матеріалу. Вирішення проблеми інтенсифікації процесу шліфування ми пов'язуємо з активізаці-

єю основного фактора – динамічного абразивного впливу НТМ на оброблювальний матеріал. Явище прецесії шліфувального шпинделя технологічної системи і ефекти вібрації і лібрації, що виникають в зоні обробки, дозволяють забезпечити продуктивність абразивного різання порядку

5000–10 000 мм³/ хв. Така концепція розробки наукових методів інтенсифікації процесів шліфування інструментальних матеріалів кругами із синтетичних алмазів і кубоніту на основі експериментально-теоретичного дослідження обумовлює розв’язання наступних задач:

- ✓ розробку і вибір експериментальних методів та інформаційно-вимірвальних систем для дослідження технологій шліфування з високою продуктивністю обробки;
- ✓ створення технологічних основ інтенсифікації процесів шліфування кругами з функціонально-орієнтованим робочим шаром із НТМ; встановлення залежності працездатності шліфувальних кругів від структури функціонально-орієнтованого робочого шару із НТМ; визначення основних характеристик процесу глибинного алмазного шліфування твердих сплавів; оцінка впливу мастильно-охолоджуючих технологічних середовищ і оптимізація їх вибору; технологічне забезпечення якості алмазного шліфування твердих сплавів;
- ✓ теоретичну розробку і дослідження процесу (методу) прецесійно-вібраційного шліфування кругами із НТМ з врахуванням особливостей просторового переміщення осей обертання шпинделя в технологічній системі; аналіз особливостей динаміки і кінематики даного процесу; застосування адаптивної системи керування; вибір розрахункової моделі і аналітичне визначення технологічних параметрів прецесійно-вібраційного шліфування твердосплавного інструмента;
- ✓ обґрунтування характеристики робочого шару шліфувальних кругів із НТМ для інтенсифікованих процесів шліфування інструментальних матеріалів; розробку кругів із алмаз- і кубонітвміщуючих металополімерних і металокерамічних композитів, оцінку їх конкурентоспроможності і технічного рівня, створення комп’ютерної бази даних шліфувальних кругів із НТМ;
- ✓ розробку моделей технологій високопродуктивного алмазного шліфування різальних інструментів: автоматизованого заточування твердосплавних різців загального призначення і ножівочних полотен із інструментальних сталей; заточування дискових дереворізальних пил з пластинами із твердого сплаву; шліфування фасонного твердосплавного інструмента, що використовується у ви-

робництві підшипників; прецизійної обробки різальних інструментів (свердла, фрези, протяжки, штампи та інш.), а також деталей із конструкційної кераміки;

- ✓ розробку комп'ютерно-інформаційної оцінки рівня технологій шліфування; розробку і реалізацію спеціалізованого обладнання і технологічних устаткувань для високопродуктивних процесів шліфування кругами із НТМ.

Висновки. Застосування наукових положень концептуальної моделі інтенсифікації процесів шліфування дозволяє реалізувати інтегровані технології виробництва абразивного інструмента із синтетичних алмазів і кубічного нітриду бору, в тому числі виконати наступні інвестиційно-інноваційні цільові проекти.

Проект 1 «Розробка технологічних основ створення крупногабаритного алмазно-абразивного інструмента форм 6A2, 1A1R, 1A1 діаметром 400–1000 мм з абразиввміщуючою поверхнею до 10 000 мм² та її висотою до 10 мм».

Основний зміст проекту: розробка крупногабаритного алмазно-абразивного інструмента; наукові дослідження технологічних і функціональних закономірностей процесів пресування і спікання робочих елементів інструмента; визначення складу і характеристик метало-полімерних композитів і застосування порошків НТМ з коефіцієнтом однорідності 1,1–1,2.

Крупногабаритні алмазно-абразивні інструменти застосовуються в Україні, країнах СНД, Європі та інших країнах. Відомий ринок таких інструментів можна оцінити у 15 млн. доларів США. Інструмент забезпечує ресурсозберігаючу і продуктивну обробку виробів із вогнетривів, кераміки, скла та інших композиційних матеріалів.

Новизна інструментів: конструкція робочого шару; параметри процесів пресування, спікання і кріплення робочих елементів із НТМ.

Проект 2 «Створення і застосування метало-полімерних композитів із НТМ для високопродуктивного шліфування».

Основний зміст проекту: розробка інструментальних композитів із НТМ на основі нових уявлень про робочий шар абразивного інструмента із НТМ як про композит, у якому функціональну роль відіграють процеси визначеної структурної орієнтації, які формуються при пресуванні і спіканні. Це дозволяє із застосуванням теорії алмазно-абразивної обробки висунути гіпотезу про те, що зносостійкість шліфувальних кругів із НТМ визначається структурою та її цільовими наповнювачами і функціональними характеристиками порошків НТМ, а також технологією процесу спікання інструментальних композитів.

Проект 3 «Дослідження закономірностей створення з використанням лазерного випромінювання інструментальних композитів із надтвердих матеріалів з заданими властивостями».

Основний зміст проекту: аналітичне дослідження створення композитів інструментального призначення з використанням лазерного випромінювання; розробка нового функціонального технологічного обладнання; дослідження фізико-хімічних процесів, які протікають при лазерному спіканні композитів із НТМ; дослідження впливу технологічних параметрів лазерного випромінювання на властивості композитів із надтвердих матеріалів, їх розмірні і фізико-механічні характеристики; проектування технологічних процесів виробництва інструментів із НТМ.

Проект 4 «Дослідження процесів формування структури абразивних композитів із КНБ на основі неорганічних полімерів силоксанового складу для ефективної обробки загартованих сталей».

Основний зміст проекту: вивчення механізму твердофазного спікання – конденсації силоксанових полімерів; дослідження фізико-хімічної взаємодії отриманих полімерів з поверхнею КНБ, а також визначення комплексу функціональних характеристик шліфувального інструмента для високопродуктивної обробки загартованих сталей, виготовлених на основі розроблених композитів.

Дані проекти, основані на концепції інтенсифікації процесів шліфування матеріалів та інтегрованої технології виробництва, дозволяють створити абразивні інструменти із НТМ, які конкурентоспроможні на світовому рівні.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Инструменты из сверхтвердых материалов // Под ред. Н.В. Новикова. – М.: Машиностроение, 2005. – 555 с.: ил. (Б-ка инструментальщика).
2. *Шепелев А.А., Лавриненко В.И.* Проблемы прикладной науки: сверхтвердые материалы в инструментальном производстве // Проблемы науки. – 1999. – С. 50–54.
3. *Шепелев А.А., Лавриненко В.И.* Алмазы «гибнут за металл» и побеждают // Металл. – № 3. – 2001. – С. 38–41.
4. *Шепелев А.А., Лавриненко В.И.* Интенсификация процессов алмазного шлифования инструментальных материалов кругами из СТМ // Резание и инструмент в технологических системах: Межд. научно-техн. сб. – Харьков: ХГПУ, 2000. – Вып. 57. – С. 283–285.

5. Новиков Н.В., Шепелев А.А. Сверхтвердые материалы: Динамика развития, новые инструменты и высокие технологии для машиностроения, их информационное обеспечение // Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях: Материалы первой пром. межд. научно-технической конференции, п. Славское, 19–23.02.2001 г. – Киев: УИЦ «НТТ», 2001. – С. 18–21.
6. Новиков Н.В., Шепелев А.А. Современные технологии и инструменты из сверхтвердых материалов в машино- и приборостроении // Инструментальный світ. – 2001. – № 10–11. – С. 5–8.

ШЕПЕЛЄВ Анатолій Олександрович – доктор технічних наук, завідувач лабораторії № 19 Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України.

Наукові інтереси:

- високопродуктивні технології механообробки інструментами з НТМ;
- інструментальне виробництво;
- технологія машинобудування.

СОРОЧЕНКО Валерій Григорович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник лабораторії № 19 Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України.

Наукові інтереси:

- високопродуктивні технології механообробки інструментами з НТМ;
- інструментальне виробництво;
- неізотермічні методи спікання інструментальних композитів інструментального призначення.

ШЕПЕЛЄВ Олександр Анатолійович – провідний інженер лабораторії № 19 Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України.

Наукові інтереси:

- високопродуктивні технології механообробки інструментами з НТМ;
- технологія машинобудування.

Подано 18.06.2007