

С.А. Клименко, М.М. Прокопів

Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,
вул. Автозаводська, 2, Київ, 04074, Україна,
+380 44 430 8500, atmu@meta.ua

СТВОРЕННЯ НОВИХ ТИПІВ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНИХ РІЗАЛЬНИХ ПЛАСТИН ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ДОСЛІДНОЇ ПАРТІЇ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ



Вступ та постановка задачі. Використання інструментів з різальними пластинами з твердих сплавів та кераміки є сталою тенденцією розвитку сучасної металообробки. Практичний досвід доводить, що це забезпечує підвищення режимів різання, скорочення часу простою обладнання, зниження витрат інструменту на одну деталь. Враховуючи обсяги виробництва, вкрай важливим є вдосконалення технологій виготовлення таких виробів із забезпеченням високої екологічної безпеки та використанням технологічних компонентів низької вартості.

Мета. Створення більш екологічно безпечної технології виготовлення конкурентоспроможних різальних пластин з твердих сплавів та кераміки з використанням технологічних компонентів низької вартості.

Матеріали й методи. Для підготовки порошків до спікання вдосконалено метод розмелу, що базується на одночасному зсувовому та ударному впливі та дозволяє отримати двофракційний склад порошкової суміші з вузькими інтервалами розмірів частинок сферичної форми. Застосування розчину ПВА в спирті як пластифікатора дозволило одержати заготовки пластин з вдвічі меншим вмістом сухого залишку органічної складової, порівняно з розчином каучуку в бензині, та втричі скоротити тривалість процесу відгонки в вакуумі.

Результати. Виготовлено партію різальних пластин форморозмірів RNMN 120400T та SNMN 120412T. Їх випробування при точінні та фрезерування деталей з чавунів та сталей показало підвищення стійкості різальних інструментів в 1,12–2,0 рази.

Висновки. Розроблено та впроваджено вдосконалену екологічно безпечну технологію виготовлення різальних пластин з твердих сплавів і кераміки, які характеризуються високою зносостійкістю в інструменті.

Ключові слова: різальні пластини, твердий сплав, кераміка, технологія виготовлення, дослідна партія, точіння, фрезерування.

На сьогодні номенклатура твердих сплавів та кераміки, що випускаються промисловістю, істотно змінилася, помітно зросла їх якість, що пов'язано з використанням виробниками досконалішого виробничого та контрольного обладнання, а також значно ефективніших технологій.

Працездатність і надійність різальних інструментів залежать від стабільності та фізико-

механічних властивостей матеріалів, з яких їх виготовлено, та від конструктивних форм різальної частини. Конструкція інструменту в кожному конкретному випадку визначається вимогами, що висуваються до умов його експлуатації.

Як показує практичний досвід, оснащення різальних інструментів змінними пластинами, що не переточуються, практично завжди забезпечує підвищення режимів різання й скорочення часу простою обладнання, зниження

витрат інструменту на одну деталь, дає можливість при використанні однієї державки застосовувати робочі елементи різних геометричних параметрів з низки матеріалів.

Розробка сучасної технології виготовлення конкурентоспроможних різальних пластин на основі твердого сплаву та кераміки повинна, в першу чергу, базуватися на низьковартісних вихідних компонентах для виготовлення порошкової суміші, по-друге, весь процес повинен бути екологічно безпечним.

Для виготовлення твердосплавних пластин в якості вихідних порошків було використано стандартні порошки сумішей ВК8, Т5К10, а для створення керамічних пластин — порошкові суміші $70\text{Al}_2\text{O}_3-20\text{TiC}-10\text{ZrO}_2$. Як вихідні порошки було взято електрокорунд білий з основною фазою 99,2 % Al_2O_3 , карбід титану та частково стабілізований тетрагональний оксид алюмінію.

Вихідні керамічні порошки є полідисперсними з широким інтервалом розмірів зерен. Різняться вони співвідношенням дрібних (до 100 мкм) та крупних (100–500 мкм) зерен. Для отримання якісного виробу ці порошки потребують подальшого розмелювання. Для здійснення цього процесу було вдосконалено метод розмелу, що базується на одночасному зсувовому та ударному впливі на частинки порошку. Це дозволило отримати двофракційний склад порошкової суміші з вузькими інтервалами розмірів, часточки мали сферичну форму — перша фракція це порошки з розміром часток 0,9–1,3 мкм, а друга — 0,2–0,3 мкм.

Приготування порошкової суміші включає процес змішування для одержання однорідності розподілу окремих компонентів. Пластифікатор необхідно вводити для надання суміші певного рівня пластичності, яка є важливою при пресуванні брикетів.

На сьогодні найбільш поширеним та технологічно відпрацьованим пластифікатором є 8 %-й розчин синтетичного каучуку в бензині «Калоша», перевагами якого є висока пластичність створених сумішей, а недоліки пов'язані з забрудненням доквілля в процесі його виготовлення.

зани з забрудненням доквілля в процесі його виготовлення.

Запропоновано використання в якості пластифікатора розчину клею ПВА в спирті, що робить технологію екологічно чистішою.

Кількість ПВА в пластифікаторі приймалася з розрахунку сухого залишку 2,0–2,2 мас. %.

Як виявилось після 6 год висушування при кімнатній температурі в суміші з ПВА залишилось близько 0,7 % розчинника. Натомість в зразку з розчинником каучуку в бензині — 0,15 % залишку останнього.

Після висушування суміші на повітрі впродовж 12 год, протиранні через сито з розміром вічок 250 мкм, проводили холодне пресування в металевих пресформах при питомому осьовому навантаженні 50 МПа.

Залишок 0,7 % ПВА та стільки ж рідкого розчинника при зазначених умовах пресування дозволяє отримати таку ж саму пористість зразка (48 %), що й при залишку 1,5 % каучуку та 0,15 % бензину. Тобто, в цьому випадку об'єм використаної органічної сполуки скорочується вдвічі.

До переваг використання клею ПВА як пластифікатора варто віднести також і втричі більшу швидкість нагрівання при його відгонці.

Процесу гарячого пресування кераміки передує підготовка графітової пресформи, укладання пресовок після охолодженого пресування. Метою гарячого пресування є одержання матеріалу високої щільності з максимальними фізико-механічними та різальними властивостями. Обладнання оснащено системою індукційного нагрівання в графітовій пресформі. Оригінальністю його є те, що він, на відміну від традиційних пресів, забезпечує виконання процесу гарячого пресування у вакуумі за умов тиску $p = 133$ Па та температури $T = 2100$ °С.

Режими процесу пресування: $T = 1450-1600$ °С, ізотермічна витримка — 20–30 хв, питомий тиск осьового навантаження — $p = 25-30$ МПа.

Таблиця 1
Фізико-механічні та структурні характеристики
отриманого сплаву ВК8

Характеристика сплаву	Показник для пластифікатора	
	каучук + бензин	ПВА + спирт
Коерцитивна сила H_c , кА/м	11,1–11,6	11,2
Густина, ρ , г/см ³	14,64	14,65
Твердість за Роквелом (HRA)	89,5	89,5
Границя міцності під час згинання, R_{bm} , МПа	1820	1840
Середній розмір зерна, d_{ac} , мкм	2,1	2,25
Об'ємна пористість, %	B2 0,2	A2 0,2
Кількість пор розміром >50 мкм при $\times 100$, шт/см ²	65,78	54,58
Кількість великих зерен карбіду вольфраму та їх скупчень при $\times 500$, шт/см ²	12–17	15–18
Розмір кобальтової фази, мкм	0,5–0,7 (1,5)	0,5–0,8 (1,6)

Таблиця 2
Орієнтовні умови обробки інструментами
з керамікою

Оброблювальний матеріал		Режими різання		
марка	твердість	швидкість різання v , м/хв	подача S , мм/об	глибина різання t , мм
Сталь ШХ15	60–62 HRC	80	0,2	0,1
Сталь ХВГ	50–55 HRC	150	0,25	0,1
Сталь 45	230–270 HB	200	0,25	0,1

Мікроструктура одержаного матеріалу є характерною для цього класу кераміки, запропонованої різними світовими виробниками. Важливо відмітити й те, що розмір основної частини включень карбіду титану в кераміці складає від 0,5 до 3 мкм, а окремих, загальний вміст яких не перевищує 2–3 %, біля 7–11 мкм. При цьому, в запропонованій структурі матеріалу окремі поодинокі пори не перевищують 0,5–1,5 мкм.

Кінцеву стадію спікання твердосплавних пластин проводили в вакуумі $p = 80\text{--}90$ Па. Також було реалізовано метод ступінчастого охолодження.

Заготовки різальних пластин виготовляли відповідно до режиму, за яким було створено матеріал з максимальними фізико-механічними властивостями.

Заготовки мали круглу форму діаметром від 10 до 20 мм, висота визначалась із розрахунку для одержання необхідної висоти пластин згідно з стандартом ISO 1832-2012.

В таблиці 1 наведено характеристики структури та фізико-механічні властивості одержаного сплаву ВК8.

Використання розчину ПВА в спирті не впливає на розмір карбідних зерен, кобальтового прошарку в структурі сплаву та його статичні механічні властивості, але призводить до зменшення розміру залишкових пор від шкали B2 до шкали A2, а також зміни розміру окремих крупних пор. Це позитивно впливає на працездатність різального інструменту в умовах дії механічних та ударних навантажень.

Особливістю запропонованого процесу механічної обробки прецизійних різальних пластин з отриманих композитів є обробка плоских поверхонь груповим методом – вільним абразивом на чавунних шліфувальниках, а обробка неплоских поверхонь – шліфувальними кругами. В окремих випадках, коли обробляється декілька пластин (до 10), обробка плоских задніх поверхонь також може виконуватись шліфувальними кругами.

Застосування чавунних шліфувальників та алмазно-абразивної суспензії дозволило створити ефективний процес механічної обробки різальних пластин з твердих сплавів і кераміки, який забезпечує високу якість обробки поверхонь (площинність, шорсткість, точність) та її продуктивність (одночасно обробляється декілька десятків пластин).

Для обробки використовують шліфувальні круги на металополімерній (МП) та кремнеорганічній (силоксановій) (марка ПК) зв'язках.

Таблиця 3

Орієнтовні умови обробки інструментами з твердими сплавами

Оброблювальний матеріал		Умови роботи		Режими різання		
марка	твердість, НВ	без удару	з ударом	швидкість різання v , м/хв	подача S , мм/об	глибина різання t , мм
<i>Тверді сплави групи ВК</i>						
Чавуни сірі						
СЧ 18-36	170–240	+	–	250	0,3	2
СЧ 18-36	170–240	–	+	200	0,3	1
СЧ 35-56	200–270	+	–	220	0,3	2
СЧ 35-56	200–270	–	+	180	0,3	1
Чавуни високоміцні						
ВЧ 40-10	150–200	+	–	180	0,3	2
ВЧ 40-10	150–200	–	+	150	0,3	1
ВЧ 60-2	200–270	+	–	150	0,3	2
ВЧ 60-2	200–270	–	+	120	0,3	1
<i>Тверді сплави групи ТК</i>						
Вуглецеві та леговані сталі						
Сталь 45	До 230	+	–	250	0,2	2
Сталь 45	До 230	–	+	250	0,2	2
Сталь 40X13	300–330	+	–	180	0,2	2
Сталь 40X13	300–330	–	+	150	0,2	1

Особливо перспективним є застосування зазначених інструментів при чорновій обробці робочих поверхонь багатограних неперточуваних різальних пластин. Для використання на універсально-заточних верстатах рекомендовані круги 12A2-45 125 × 5 × 3 × 32 АС6 80/63 (МП) ПК 100 %, на безцентрово-шліфувальних, круглошліфувальних та плоскошліфувальних верстатах – 1A1 200 × 5 × 20 АС6 80/63 (МП) ПК 100 %. Доцільно використовувати алмази з нікелевим покриттям.

Інструменти, оснащені керамічними пластинами, рекомендовані для безударної чисто-

вої обробки виробів з вуглецевих та легованих сталей в стані постачання та загартованих сталей. Інструменти, оснащені твердими сплавами, рекомендовані для обробки виробів з сірих та високоміцних чавунів (група ВК), вуглецевих та легованих сталей твердістю до 350–400 НВ (група ТК).

Відповідно до розробленого технологічного регламенту виготовлено партію змінних багатограних різальних пластин з твердих сплавів та кераміки круглої та квадратної форм типорозмірів RNMN 120400T та SNMN 120412T згідно з стандартом ISO 1832-2012.

Орієнтовні умови обробки наведено в табл. 2, 3.

Промислову перевірку розроблених різальних пластин виконано в умовах таких підприємств: ТОВ «Торговий Дім «Стандарт-Плюс» (м. Київ), ТОВ «ЮКА-Інвест» (м. Житомир), ПАТ Новокраматорський машинобудівний завод (м. Краматорськ), ЗМКБ «Івченко-Прогрес» (м. Запоріжжя), Крюківського вагонобудівного заводу (м. Кременчук), ТОВ «Даніко» (м. Черняхів), ТОВ «Техна» (м. Новоград-Волинський).

Випробування інструментів при точінні та фрезеруванні деталей із чавунів та сталей показали, що стійкість різальних інструментів з твердих сплавів, порівняно з інструментами зі стандартних твердих сплавів, збільшилася в 1,12–2 рази, а стійкість різальних інструментів із кераміки Al_2O_3 -TiC-ZrO₂ є близькою до стійкості інструменту з кераміки СС650 виробництва *Sandvik Coromant* (Швеція). Різальні інструменти з керамікою Al_2O_3 -TiC-ZrO₂ є перспективними при обробці виробів із загартованих сталей.

ВИСНОВКИ

Розробка спеціальної технології розмелу керамічних порошків для виготовлення вихідних сумішей, як в умовах інтенсивної ударної дії, так і в умовах стирання, дозволила одержати двофракційний склад керамічних порошків – одна фракція розміром 0,2–0,3 мкм, друга – 0,9–1,3 мкм.

Застосування розчину ПВА в спирті як пластифікатора дозволило одержати заготовки до пресування суміші для виробництва різальних пластин з вдвічі меншим вмістом сухого залишку органічної складової, порівняно з каучуком в бензині, що, в свою чергу, втричі скорочує тривалість процесу його відгонки при нагріванні до температури 470 °С в вакуумі, суттєво збільшивши екологічність процесу.

Розроблено технологічний регламент на виготовлення різальних пластин з твердого сплаву й керамічного матеріалу.

Виготовлено партію змінних багатограних різальних пластин з твердих сплавів та кераміки форморозмірів RNMN 120400T та SNMN 120412T згідно з стандартом ISO 1832-2012.

Випробування інструментів при точінні та фрезерування деталей з чавунів та сталей показало підвищення стійкості різальних інструментів з твердих сплавів порівняно з інструментами зі стандартних твердих сплавів в 1,12–2 рази. Встановлено, що стійкість різальних інструментів з кераміки $Al_2O_3-TiC-ZrO_2$ є близькою до стійкості інструменту з кераміки CC650 виробництва *Sandvik Coromant* (Швеція), що дає можливість використання такого інструменту для обробки виробів із загартованих сталей.

Стаття надійшла до редакції 15.05.17

Klymenko, S.A., and Prokopiv, M.M.

Bakul Institute for Superhard Materials, the NAS of Ukraine,
2, Avtozavodska St., Kyiv, 04074, Ukraine,
+380 44 430 8500, atmu@meta.ua

CREATION OF NEW TYPES OF COMPETITIVE CUTTING PLATES
AND MANUFACTURE OF PILOT INSTRUMENT PART FOR MECHANICAL
PROCESSING HARD-TO-MACHINE MATERIALS

Introduction and Problem Statement. The use of tools with cutting plates made of hard alloys and ceramics is a constant trend in the development of modern metalworking. Practical experience proves that it provides upgrading modes of cutting, reducing the idle time of equipment and the machine use per one detail. Taking into account the production output, it is important to improve the technologies of manufacturing such products with the requirements of environmental safety and the use of low cost technological components.

Purpose. The aim of the research is to create a more environment friendly technology for the production of competitive cutting plates made of hard alloys and ceramics using low cost technological components.

Materials and Methods. To prepare powders for sintering, a grinding method based on simultaneous shear and shock action, which enables to obtain a two-fractional composition of powder mixture with a narrow size range of spherical shape particles, has been improved. The application of PVA solution in alcohol as a plasticizer has enabled the production of plates with twice reduced content of dry residue of organic component, as compared with the rubber solution in gasoline, and to thrice reduce the duration of distillation in vacuum.

Results. A batch of RNMN 120400T and SNMN 120412T cutting inserts has been manufactured. They have been tested while turning and milling the parts made of iron and steel. The tests have shown a 1.12–2.0 time increase in stability of cutting tools.

Conclusion. An advanced environment safe technology for manufacturing highly wear-resistant cutting inserts from hard alloys and ceramics has been developed.

Keywords: cutting inserts, hard alloy, ceramics, manufacturing technology, pilot batch, turning, and milling.

С.А. Клименко, Н.М. Прокопив

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины,
ул. Автозаводская, 2, Киев, 04074, Украина,
+380 44 430 8500, atmu@meta.ua

**СОЗДАНИЕ НОВЫХ ТИПОВ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН
И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОПЫТНОЙ ПАРТИИ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Введение и постановка задачи. Использование инструментов с режущими пластинами из твердых сплавов и керамики является устойчивой тенденцией развития современной металлообработки. Практический опыт показывает, что это обеспечивает повышение режимов резания, сокращение времени простоя оборудования, снижение затрат инструмента на одну деталь. Учитывая объемы производства, особенно важным является совершенствование технологий изготовления таких изделий с обеспечением требований экологической безопасности и использованием технологических компонентов низкой стоимости.

Цель. Целью работы было создание более экологически безопасной технологии изготовления конкурентоспособных режущих пластин из твердых сплавов и керамики с использованием технологических компонентов низкой стоимости.

Материалы и методы. Для подготовки порошков к спеканию усовершенствован метод размола, основанный на одновременном сдвиге и ударном воздействии, что позволяет получить двухфракционный состав порошковой смеси с узкими интервалами размеров частиц сферической формы. Применение в качестве пластификатора раствора ПВА в спирте позволило получить заготовки пластин с вдвое меньшим содержанием сухого остатка органической составляющей по сравнению с раствором каучука в бензине, и втрое сократить продолжительность процесса отгонки в вакууме.

Результаты. Изготовлена партия режущих пластин форморазмеров RNMN 120400T и SNMN 120412T. Их испытания при точении и фрезерования деталей из чугунов и сталей показало повышение стойкости режущих инструментов в 1,12–2,0 раза.

Вывод. Разработано и внедрено усовершенствованную экологически безопасную технологию изготовления режущих пластин из твердых сплавов и керамики, характеризующихся высокой износоустойчивостью в инструменте.

Ключевые слова: режущие пластины, твердый сплав, керамика, технология изготовления, опытная партия, точение, фрезерование.