



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **120712** (13) **C2**
(51) МПК (2020.01)
C23C 14/06 (2006.01)
B23B 27/00

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21)	Номер заявки:	а 2017 09723	(73)	Власник(и): ІНСТИТУТ НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ ІМ. В.М. БАКУЛЯ НАН УКРАЇНИ , вул. Автозаводська, 2, м. Київ, 04074 (UA), Клименко Сергій Анатолійович , вул. Лайоша Гавро, 11-д, кв. 314, м. Київ, 04211 (UA), Береснєв В'ячеслав Мартинович , вул. Власенка, 9, кв. 117, м. Харків, 61154 (UA), Манохін Андрій Сергійович , вул. Московська, 34, кв. 134, м. Житомир, 10020 (UA), Азаренков Микола Олексійович , вул. Астрономічна, 35-і, кв. 222, м. Харків, 61085 (UA), Литовченко Сергій Володимирович , вул. Чернишевського, 82, кв. 24, м. Харків, 61002 (UA), Сребнюк Павло Анатолійович , пр. Перемоги, 62-б, кв. 285, м. Харків, 61204 (UA), Найденко Артем Григорович , вул. Дніпровська, 3, кв. 15, м. Київ, 02098 (UA), Мановицький Олександр Степанович , пр. 40-річчя Жовтня, 15-б, кв. 212, м. Київ, 03039 (UA), Рижов Юрій Едуардович , вул. Автозаводська, 5, кв. 141, м. Київ, 04074 (UA), Когай Олена Ігорівна , вул. Крошенська, 51, кв. 34, м. Житомир, 10020 (UA)
(22)	Дата подання заявки:	05.10.2017	(74)	Представник: Бочечка О.О.
(24)	Дата, з якої є чинними права на винахід:	27.01.2020	(56)	Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 106014 C2, 10.07.2014 RU 163170 U1, 10.07.2016 WO 9636677 A1, 21.11.1996 WO 2010140958 A1, 09.12.2010 JP 2012096304 A, 24.05.2012 CN 104892005 A, 09.09.2015 US 7947363 B2, 24.05.2011 US 9388487 B2, 12.07.2016
(41)	Публікація відомостей про заявку:	25.04.2018, Бюл.№ 8		
(46)	Публікація відомостей про видачу патенту:	27.01.2020, Бюл.№ 2		
(72)	Винахідник(и): Клименко Сергій Анатолійович (UA), Береснєв В'ячеслав Мартинович (UA), Манохін Андрій Сергійович (UA), Азаренков Микола Олексійович (UA), Литовченко Сергій Володимирович (UA), Сребнюк Павло Анатолійович (UA), Найденко Артем Григорович (UA), Мановицький Олександр Степанович (UA), Рижов Юрій Едуардович (UA), Когай Олена Ігорівна (UA)			

(54) РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ НА ОСНОВІ КУБІЧНОГО НІТРИДУ БОРУ З ДВОШАРОВИМ ПОКРИТТЯМ**(57) Реферат:**

Винахід належить до машинобудування, зокрема стосується різального інструмента. Різальний інструмент на основі кубічного нітриду бору, що має робочу частину, яка виготовлена з полікристалічного надтвердого матеріалу (ПНТМ) на основі кубічного нітриду бору (cBN) зі зносостійким покриттям. Верхній шар покриття виконано таким чином, що він є наноструктурною шаровою композицією загальною товщиною 2 мкм, в якій чергуються шари, що містять нітриди тугоплавких металів IV-VI груп періодичної таблиці Менделєєва із

UA 120712 C2

додаванням легуючих елементів алюмінію (Al), кремнію (Si), ітрію (Y) (тверда складова), та шари того ж самого складу, але без вмісту азоту (в'язка складова). Винахід забезпечує підвищення стійкості різального інструмента.

Винахід належить до різального інструмента, оснащеного робочою частиною з полікристалічних надтвердих матеріалів, робочі поверхні яких мають зносостійке покриття. Інструмент призначено для застосування при обробці різанням.

Нанесення захисних покриттів є ефективним методом підвищення експлуатаційних властивостей різального інструмента за рахунок збільшення періоду стійкості, швидкості різання та якості оброблених поверхонь. При механічній обробці широкого кола марок сталей та жаростійких сплавів захисні покриття на основі нітридів та карбонітридів d-перехідних металів 4-6 груп періодичної таблиці такі як TiN, TiAlN, TiAlCrN, TiCN забезпечують ефект збільшення стійкості різальних пластин з твердого сплаву в середньому у 2-4 рази в порівнянні з інструментом без покриття, що зумовило широке застосування технологій нанесення покриттів при виготовленні металорізальних інструментів. В той же час при механічній обробці загартованих сталей високої твердості ефективність покриттів відносно низька - стійкість інструмента при нанесенні покриття в даних умовах збільшується лише на 30-40 %. Це зумовлено високим термобаричним навантаженням в контактній зоні інструмент-оброблюваний матеріал, що призводить до швидкого руйнування захисних покриттів і відповідно низької їх ефективності.

В основу винаходу поставлено задачу збільшення періоду стійкості різального інструменту при обробці загартованих сталей за рахунок зменшення інтенсивності зношування різального інструмента у період припрацювання контактної пари інструментальний-оброблюваний матеріал на початковому етапі різання після початку процесу обробки.

Відомі покриття типу дисульфід молібдену (MoS_2), які виконують роль твердої змазки (Deng Jianxin, Song Wenlong, Zhang Hui, Zhao Jinlong. Performance of PVD MoSi/Zr-coated carbide in cutting processes. International Journal of Machine Tools & Manufacture 48 (2008) 1546-1552). В діапазоні швидкостей різання до 120 м/хв до моменту його руйнування покриття сприяє зниженню коефіцієнта тертя у парі з загартованою сталлю з 0,42 до 0,06; у середньому до двох разів знижуються складові сили різання та ширина фаски по задній поверхні (h_z) інструмента у період припрацювання та рівномірного зношування. Недоліком описаного в публікації рішення є стрімке зростання інтенсивності зношування після вичерпання ресурсу покриття внаслідок чого загальний період стійкості інструмента при критерії зношування $h_z=0,3$ мм збільшується в 1,29 а при $h_z=0,4$ лише в 1,12 разу.

Найбільш близьким за сукупністю ознак до винаходу, що заявляється, є різальний інструмент з покриттям, що має робочу частину з полікристалічного надтвердого матеріалу (ПНТМ) на основі кубічного нітриду бору (cBN) і зносостійке іонно-плазмове покриття, який відрізняється тим, що зносостійке іонно-плазмове покриття виконане з нітриду бору (BN) у аморфному або аморфно-кристалічному стані. (Різальний інструмент з покриттям / М.В. Новіков, С.А. Клименко, В.М. Береснев та ін. // Патент України № 106014, бюл. "Промислова власність".-2014.-№ 13).

Основним недоліком такого рішення є його одношарова конструкція без основного зносостійкого другого шару. Крім того, вказано, що покриття має властивості твердого змащення, але характеристики міцності при цьому обмежуються даними лише щодо модуля пружності E , значення якого дорівнює 200 ГПа. Даних щодо адгезійної та когезійної міцності покриття не приведено, але те, що стійкість інструмента з таким покриттям збільшується на величину до 30 % свідчить про швидке руйнування покриття з початком різання. Відоме покриття не дозволяє забезпечити можливість захисту контактних поверхонь різального інструменту у період найбільш інтенсивного його зношування.

В основу винаходу поставлено задачу створення конструкції різального інструмента із полікристалічного нітриду бора (ПКНБ) з покриттям, яке б дозволило суттєво (до 2-х) разів збільшити період стійкості таких інструментів при обробці різанням важкооброблюваних матеріалів високої твердості.

Для цього в різальному інструменті з покриттям, що має робочу частину, яка виготовлена з полікристалічного надтвердого матеріалу (ПНТМ) на основі кубічного нітриду бору (cBN) зі зносостійким покриттям, згідно з винаходом, верхній шар покриття виконано таким чином, що він є наноструктурною шаровою композицією загальною товщиною 2 мкм, в якій чергуються шари, що містять нітриди тугоплавких металів IV-VI груп періодичної таблиці Менделєєва із додаванням легуючих елементів алюмінію (Al), кремнію (Si), ітрію (Y) (тверда складова), та шари того ж самого складу, але без вмісту азоту (в'язка складова).

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю ознак, що заявляються і технічними результатами, які можуть бути досягнуті при реалізації пропонованої конструкції інструмента з нанесеним покриттям полягає у наступному.

Створений інструмент з ПНТМ на основі КНБ з покриттям, яке складається з двох шарів - один з яких є основним робочим шаром, що забезпечує захист контактних поверхонь різального інструмента від абразивно-механічного зношування, а другий, верхній шар, руйнується в процесі припрацювання, запобігає руйнуванню основного робочого шару покриття в період виникнення пікових навантажень під час врізання інструмента, або в умовах інтенсивної зміни глибини різання.

Технічний результат при використанні запропонованого рішення досягається за рахунок того, що в початковий момент часу верхній шар покриття під дією пікових навантажень частково трансформується, формуючи при цьому так звану рівноважну шорсткість. Відомо, що реальна площа контакту двох шорстких поверхонь, які приймають участь у процесі тертя, значно менша за номінальну, що обумовлено контактом поверхонь по окремих мікронерівностях. За цих умов напруження в зоні контакту значно вищі за їх номінальні значення, що призводить до інтенсивної трансформації або руйнування в приповерхневих зонах на плямах контакту, особливо інтенсивного у період до формування максимальної кількості контактних ділянок і зростання реальної площі контакту, що і буде відповідати топографії поверхонь з рівноважною шорсткістю. Після припрацювання і утворення рівноважної шорсткості рівень контактних напружень зменшується. Отже, якщо рівноважна шорсткість виникне у межах верхнього шару, то основний робочий шар покриття буде знаходитися під дією вже значно менших контактних напружень і вірогідність його руйнування буде нижчою.

Виходячи з аналізу висоти мікронерівностей на зношених поверхнях різального інструменту з ПНТМ і умови, що утворення рівноважної шорсткості повинно відбуватися у межах верхнього шару покриття, його товщина повинна складати не менш ніж 2 мкм.

Товщина основного робочого шару покриття дорівнює 5-6 мкм, що, як свідчать результати багатьох досліджень, є оптимальним для покриттів, отриманих вакуум-дуговим методом за критерієм максимального періоду стійкості інструмента з покриттям.

Приклад конкретної реалізації винаходу.

Багатоелементні нітридні покриття (TiAlSiY)N формувалися методом вакуумно-дугового осадження на установці "Булат-6" шляхом розпилення цільнолитого катода в середовищі реакційного газу-азоту. Елементний склад катода: Ti-58 ат. %; Al-38 ат. %; Si-3 ат. %, Y-1 ат. %. Покриття осаджувалися при тиску $P=3,5 \times 10^{-3}$ Торр і оптимальному потенціалі зсуву $U_{см}=-200$ В, який дозволяє отримувати багатоелементні нітридні покриття на основі титану з високими характеристиками. Отримані покриття мають високу твердість (метод мікро-Віккерса $H_{0,05}=49,5$ ГПа), це пов'язано з тим, що кремній слабо розчиняється в нітридних системах перехідних металів, а такі системи, пересичені Si, прагнуть до розпаду і утворення композитів з високою твердістю. Використання Al як складової забезпечує підвищення стійкості до окислення, термічну стабільність, а також експлуатаційні характеристики ріжучого інструмента. Крім того, добавка в покриття атомів ітрію сприяє підвищенню стійкості до окислення внаслідок утворення фази YO_x на границях зерен. До того ж, така добавка призводить до дроблення зерен і втрати стовбчастої структури конденсатів, наявність яких важлива для опору зносу тертям.

Верхній шар покриття являє собою наноструктурну багат шарову композицію загальною товщиною 2 мкм, в якій чергуються шари, що містять нітриди тугоплавких металів IV-VI груп періодичної таблиці Менделєєва із додаванням легуючих елементів алюмінію (Al), кремнію (Si), ітрію (Y) (TiAlSiY)N (тверда складова) та TiAlSiY (в'язка складова), що забезпечує підвищену пластичність композиції. Товщина кожного підшару (TiAlSiY)N та TiAlSiY становить 20 нм. Основний робочий шар покриття - (TiAlSiY)N, товщиною 6 мкм.

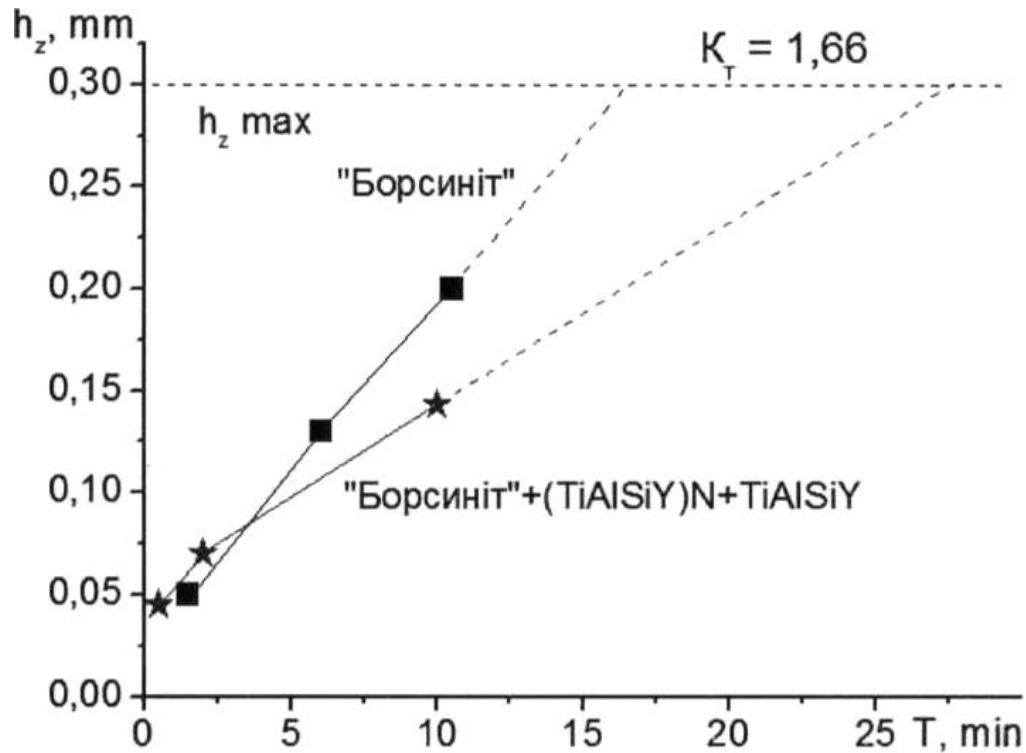
Лабораторні випробування різального інструмента на основі "борсиніту" зі створеним зносостійким покриттям проводили при точінні сталі ХВГ (60-62 HRC) при наступних режимах різання: $S=0,08$ мм/об; $t=0,15$ мм; $v=85$ м/хв. Як видно на кресленні, ширина фаски зносу h_z інструмента з покриттям (TiAlSiY)N після 10 хвилин різання у 1,5 рази менша в порівнянні з різальними пластинами марки "борсиніт" без покриття. Період стійкості інструмента з покриттям при досягненні критерію зношування ($h_z=0,3$ мм) у порівнянні з пластинами без покриття збільшується в 1,66 рази (креслення).

Результати досліджень, свідчать про можливість застосування як захисного покриття багатоелементної системи TiAlSiY, яка збільшує експлуатаційні характеристики різних виробів, що експлуатуються в умовах високих температур, в тому числі - ріжучого інструмента на основі кубічного нітриду бору ("борсиніту").

Ефективність запропонованого винаходу підтверджена науково-експериментальними дослідженнями проведеними в ІНМ НАН України.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- 5 Різальний інструмент на основі кубічного нітриду бору, що має робочу частину, яка виготовлена з полікристалічного надтвердого матеріалу (ПНТМ) на основі кубічного нітриду бору (cBN) зі зносостійким покриттям, який **відрізняється** тим, що верхній шар покриття виконано таким чином, що він є наноструктурною шаровою композицією загальною товщиною 2 мкм, в якій чергуються шари, що містять нітриди тугоплавких металів IV-VI груп періодичної таблиці Менделєєва із легуючими елементами: алюмінієм (Al), кремнієм (Si), ітрієм (Y) (тверда складова) та шари того ж самого складу, але без вмісту азоту (в'язка складова).



Порівняльні результати зміни ширини фаски зносу при точінні сталі ХВГ (60-62 HRC): вихідний матеріалу (cBN "борсиніт"); cBN + покриття (TiAlSiY)N+TiAlSiY.

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601