



(51) МПК
C23C 14/06 (2006.01)
C23C 14/22 (2006.01)
B23B 27/14 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015142248, 06.10.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 06.10.2015

Дата регистрации:
 26.05.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 06.10.2015

(43) Дата публикации заявки: 10.04.2017 Бюл. № 10

(45) Опубликовано: 26.05.2017 Бюл. № 15

Адрес для переписки:

308015, г. Белгород, ул. Победы, 85, НИУ
 "БелГУ", ОИС

(72) Автор(ы):

Новиков Всеслав Юрьевич (RU),
 Колесников Дмитрий Александрович (RU),
 Береснев Вячеслав Мартынович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего
 профессионального образования
 "Белгородский государственный
 национальный исследовательский
 университет" (НИУ "БелГУ") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU 2079571 C1, 20.05.1997. RU
 2542185 C2, 20.02.2015. RU 2012134434 C1,
 20.02.2014. RU 2507302 C2, 20.02.2014. CN
 0102918176 A, 06.02.2013. JP 2009203485 A,
 10.09.2009. KR 1020080035495 A, 23.04.2008.

(54) ИЗНОСОСТОЙКОЕ ПОКРЫТИЕ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

(57) Реферат:

Износостойкое покрытие для режущего инструмента может быть использовано в металлообработке. Покрытие представляет собой сложный нитрид титана, циркония, гафния, ванадия, ниобия и тантала (TiZrNbVHfTa)N со стабильной однофазной структурой. При этом суммарное количество элементов покрытия Ti,

Zr, Hf, V, Nb, Ta составляет от 40 до 70 ат.%, остальное – азот. Доля каждого из элементов покрытия Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta составляет не менее 4 ат.%. Стабильность фазового состава покрытия (TiZrNbVHfTa)N обеспечивает повышение надежности и стойкости режущего инструмента при высоких скоростях обработки. 2ил., 3 табл.

RU 2 6 2 0 5 2 1 C 2

RU 2 6 2 0 5 2 1 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C23C 14/06 (2006.01)
C23C 14/22 (2006.01)
B23B 27/14 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2015142248, 06.10.2015**(24) Effective date for property rights:
06.10.2015Registration date:
26.05.2017

Priority:

(22) Date of filing: **06.10.2015**(43) Application published: **10.04.2017** Bull. № 10(45) Date of publication: **26.05.2017** Bull. № 15

Mail address:

**308015, g. Belgorod, ul. Pobedy, 85, NIU "BelGU",
OIS**

(72) Inventor(s):

**Novikov Vseslav Yurevich (RU),
Kolesnikov Dmitrij Aleksandrovich (RU),
Beresnev Vyacheslav Martynovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
professionalnogo obrazovaniya "Belgorodskij
gosudarstvennyj natsionalnyj issledovatel'skij
universitet" (NIU "BelGU") (RU)**(54) **WEAR-RESISTANT COATING FOR CUTTING TOOLS**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: coating is a complex nitride of titanium, zirconium, hafnium, vanadium, niobium and tantalum (TiZrNbVHfTa)N with a stable single-phase structure. The total number of Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta coating elements is from 40 to 70 at%, the rest is

nitrogen. The proportion of each of Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta coating elements is at least 4 at.%.

EFFECT: increased reliability and durability of the cutting tool at high processing speeds.

2 dwg, 3 tbl

Изобретение относится к составам износостойких покрытий на режущий инструмент и может быть использовано в металлообработке.

Известно покрытие для повышения стойкости режущего инструмента на основе нитрида титана (TiN) (Верещака А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. М.: Машиностроение, 1993, с. 252; Асанов Б.У., В.П. Макаров. Нитридные покрытия, полученные вакуумно-дуговым осаждением. Вестник КРСУ №2, 2002 г.).

К недостаткам данного покрытия относится относительно низкая твердость и низкая стойкость к окислению (500-600°C).

Также известно покрытие TiZrN (см. Табаков В.П., Чихранов А.В. Износостойкие покрытия режущего инструмента, работающего в условиях непрерывного резания. - Ульяновск: УлГТУ, 2007. - 255 с.).

Данное покрытие обладает более высокой трещиностойкостью и твердостью по сравнению с предыдущим аналогом. Но при этом оно имеет больший коэффициент отслоения и недостаточную термическую стойкость для условий высокоскоростной обработки.

Покрытие на основе нитридов металлов (TiAlCr)N [патент РФ №2405060], получаемое ионно-плазменным напылением обладает повышенной твердостью, износо- и термостойкостью по отношению к предыдущему аналогу. За счет соблюдения определенных концентраций элементов в покрытии стабильный фазовый состав сохраняется вплоть до температур 600-700°C.

Недостатком данного покрытия является сложность получения оптимальной концентрации элементов в процессе напыления, в частности хрома. Повышение концентрации хрома выше некоторых оптимальных значений приводит к образованию частиц интерметаллидной фазы типа Al₇Cr, что снижает сопротивление хрупкому разрушению. Кроме того, при высоких скоростях обработки не менее 1,7 м/с происходит нагревание покрытия, в результате чего наблюдается фазовое превращение с образованием гексагональной фазы, что значительно снижает механические и эксплуатационные свойства покрытия и инструмента.

Задачей, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является повышение надежности и стойкости режущего инструмента при высоких скоростях обработки.

Технический результат - стабильность фазового состава предложенного покрытия на основе нитридов металлов, что обеспечивает повышение износостойкости режущего инструмента при высоких скоростях обработки за счет повышения механических и эксплуатационных свойств покрытия на основе нитридов металлов.

Поставленная задача решается предложенным покрытием, выполненным из нитрида титана, циркония, гафния, ванадия, ниобия и тантала. Нанесение покрытия осуществляют путем вакуумно-дугового или магнетронного распыления катода, представляющего собой высокоэнтропийный сплав Ti-Zr-Hf-V-Nb-Ta. Содержание в сплаве каждого отдельного элемента в зависимости от суммарного содержания остальных элементов находится в пределах 5-30 ат. %. Процесс проводят в атмосфере атомарного азота. В результате получают покрытие, в состав которого входит не менее 4 ат. % каждого из элементов Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, при этом в сумме в покрытии должно содержаться от 40 до 70 ат. % указанных элементов, остальное - азот.

Сущность изобретения заключается в следующем. Покрытие (TiZrHfVNbTa)N представляет собой сложный нитрид. За счет высокой энтропии смешения компонентов стабилизируется одна единственная фаза. Благодаря тому, что в этой фазе присутствуют

атомы разного размера, кристаллическая решетка такого материала сильно напряжена. Это обстоятельство препятствует активному дрейфу атомов и ограничивает скорость диффузии в этих покрытиях. Благодаря этому покрытия по изобретению обладают рядом уникальных свойств по сравнению с аналогами, такими как высокая твердость, износо-, жаро- и коррозионная стойкость, которые проявляются в повышении износостойкости режущего инструмента с предложенным покрытием при высоких скоростях обработки.

Заявленное изобретение характеризуется следующими чертежами.

Фигура 1, где представлено изображение нанесенного на инструмент покрытия по примеру 6, содержащего ат. %: 9,59 Ti, 10,57 Zr, 15,58 Hf, 7,58 V, 11,37 Nb, 7,96 Ta, 37,35 N. Изображение получено на растровом электронном микроскопе FEI NovaNanoSEM 450.

Фигура 2, где представлены участки рентгенодифракционных спектров покрытия (Ti-Hf-Zr-V-Nb-Ta)N, полученного при PN=0.7 Па и Ub=-200 В до термического отжига 700°C (1) и после (2), которые подтверждают, что покрытие является однофазным и сохраняет свою структуру под воздействием высоких температур.

В таблице 1 представлены некоторые варианты составов предложенного покрытия (Ti-Hf-Zr-V-Nb-Ta)N с различным соотношением элементов.

Табл. 1

№ образца	Концентрация, ат. %						
	N	Ti	Zr	Hf	V	Nb	Ta
1	5	7,	8,	11	5	9,9	4,
2	4	9,	9,	12	5	12,	4,
3	5	9,	8,	9,	6	8,1	4,
4	3	16	16	8,	6	9,9	4,
5	5	10	7,	8,	5	8,3	4,
6	3	9,	10	15	7	11,	7,
7	3	11	11	17	7	12,	9,
8	3	13	11	15	9	11,	7,
9	3	13	11	14	8	12,	7,
0	3	11	11	13	7	12,	7,
1	5	7,	8,	9,	6	8,3	5,

Лабораторные испытания образца по примеру 11, содержащего ат. %: 7,67 Ti, 8,52 Zr, 9,29 Hf, 6,1 V, 8,37 Nb, 5,2 Ta, 54, 85 N, проводили на высокотемпературном трибометре фирмы CSM Instruments при температурах 20°C, 500°C и 700°C. Покрытие было нанесено на подложку в форме диска из быстрорежущей стали P6M5, диаметром 42 мм, толщиной 5 мм. Испытания проводили при вращающейся подложке в паре с неподвижным контртелом, представляющим собой шар диаметром 6 мм из оксида алюминия (Al₂O₃). Нагрузка на контртело 6 Н, линейная скорость 15 см/с. Результаты

испытаний приведены в таблице 2 «Температурная зависимость трибологических свойств покрытия (Ti-Hf-Zr-V-Nb-Ta)N от температуры».

таблица 2

Температурная зависимость трибологических свойств покрытия (Ti-Hf-Zr-V-Nb-Ta)N от температуры				
Температура испытания, °С	Коэффициент трения, μ		Интенсивность износа, мм ³ /Н/м	
	Начальный	В ходе испытания	Контртело	Покрытие
20	0,683	1,063	$3,84 \cdot 10^{-6}$	$4,1 \cdot 10^{-5}$
500	1,15	0,827	$7,36 \cdot 10^{-6}$	$2,12 \cdot 10^{-5}$
700	0,725	0,585	$2,47 \cdot 10^{-5}$	$2,71 \cdot 10^{-5}$

Таким образом, покрытие показывает высокие значения износостойкости при повышенных температурах, кроме того, с ростом температуры наблюдается понижение коэффициента трения.

Было проведено исследование изнашивания резцов, оснащенных сменными многогранными неперетачиваемыми пластинами из поликристаллических сверхтвердых материалов (далее ПСТМ) на основе кубического нитрида бора (далее КНБ) торговой марки «борсинит» (производство ИСМ НАН Украины), при точении закаленной стали ШХ15 (60-62 HRC). Типоразмер пластин RNMN 070300.

Использовались пластины двух видов:

- из ПСТМ «борсинит»;

- из ПСТМ «борсинит» с вакуумно-дуговым защитным покрытием (TiZrNbVHfTa)N по примеру 11, содержащим ат. %: 7,67 Ti, 8,52 Zr, 9,29 Hf, 6,1 V, 8,37 Nb, 5,2 Ta, 54,85 N.

Исследования образцов проводили на токарно-винторезном станке ФТ-11 в условиях безударного резания. Режимы резания: скорость резания 1,2-3,1 м/с, подача 0,14 мм/об, глубина резания 0,2 мм. Результаты исследований приведены в таблице 3.

таблица 3

Скорость изнашивания резцов, оснащенных ПСТМ на основе КНБ						
Скорость резания, м/с		1,23	1,55	1,98	2,48	3,11
Скорость изнашивания резца	Без покрытия	11	20	43	74	128
	С покрытием	8	12	27	48	91

Применение на режущем инструменте, оснащенный ПСТМ «борсинит», защитного покрытия (TiZrNbVHfTa)N обеспечивает повышение его стойкости при финишном высокоскоростном точении закаленной стали ШХ 15 (60-62 HRC) в 1,4 раза.

Таким образом, заявленное изобретение обеспечивает достижение заявленного технического результата - покрытие (TiZrNbVHfTa)N характеризуется стабильным фазовым составом при высоких скоростях обработки, что повышает надежность и стойкость режущего инструмента.

(57) Формула изобретения

Износостойкое покрытие для режущего инструмента из нитрида металлов, отличающееся тем, что оно состоит из сложного нитрида титана, циркония, гафния, ванадия, ниобия и тантала (TiZrNbVHfTa)N со стабильной однофазной структурой, в

котором суммарное количество элементов Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta составляет от 40 до 70 ат.%, остальное – азот, причем доля каждого из элементов Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta в покрытии составляет не менее 4 ат.%.

5

10

15

20

25

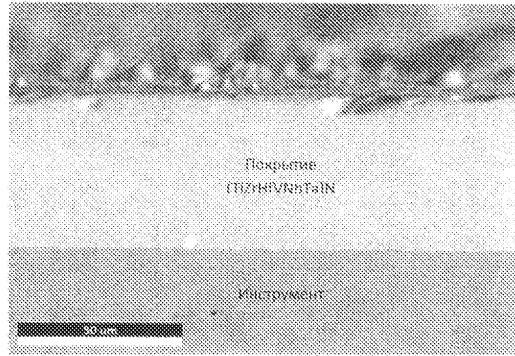
30

35

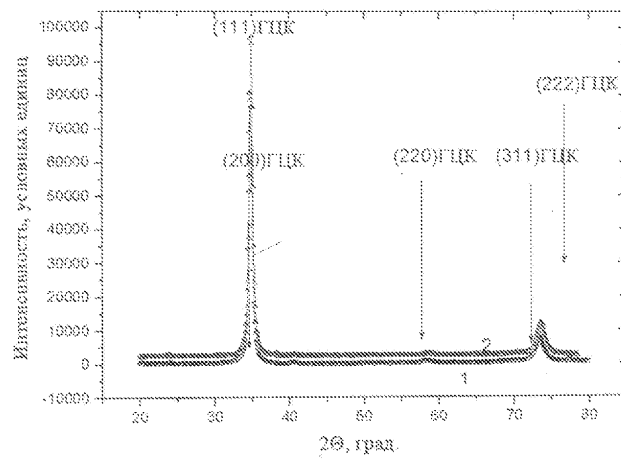
40

45

Износостойкое покрытие для режущего инструмента



Фиг. 1



Фиг. 2