(19) **RU** (11) **2 117 074** (13) **C1**

(51) МПК[6] **C 23 C 16/06**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 93056639/02, 17.12.1993

(30) Приоритет: 18.12.1992 SE 9203852-0

(46) Дата публикации: 10.08.1998

(56) Ссылки: 1. SU 3837896 A1, 1974. US 4399168 A1, 1983. 3. US 4490191 A1, 1984. 4. EP 0403461A1, 1991. 5. EP 0408535 A1, 1991.

(71) Заявитель:
Сандвик Актиеболаг (SE)

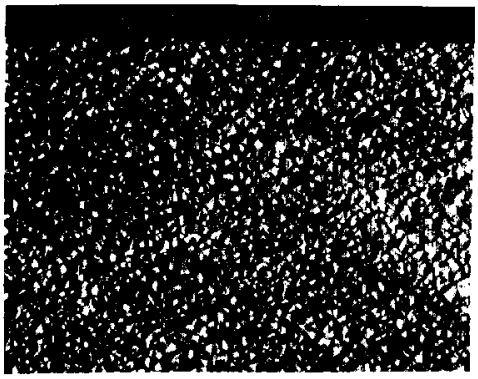
(72) Изобретатель: **Бьерн Люнгберг (SE), Андерс Ленандер (SE)**

(73) Патентообладатель:
Сандвик Актиеболаг (SE)

(54) РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ И СПОСОБ ЕГО ПОКРЫТИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к режущему инструменту с покрытием, используемому при механической обработке с образованием стружки. Режущий инструмент покрыт одним или многими термостойкими слоями, причем определенные слои отличаются контролируемой микроструктурой и фазовым составом с плоскостями кристаллов, предпочтительно растущими в направлении относительно поверхности покрытого режущего инструмента. Указанное покрытие включает в себя один или несколько термостойких слоев, из которых по крайней мере один слой является плотным тонкозернистым слоем α - Al_2O_3, предпочтительно структурированным в направлении (012). Режущий инструмент с указанным покрытием обладает высокой чистотой поверхности, износостойкостью и ударной вязкостью при использовании для механической обработки стали, чугуна и особенно при механической обработке чугуна с шаровидным графитом. 2 с. и 6 з.п. ф-лы, 1 ил., 4 табл.



RU 2117074 C1

RU 2117074 C1

(19) **RU** (11) **2 117 074** (13) **C1**

(51) Int. Cl.[6] **C 23 C 16/06**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 93056639/02, 17.12.1993

(30) Priority: 18.12.1992 SE 9203852-0

(46) Date of publication: 10.08.1998

(71) Applicant:
Sandvik Aktiebolag (SE)

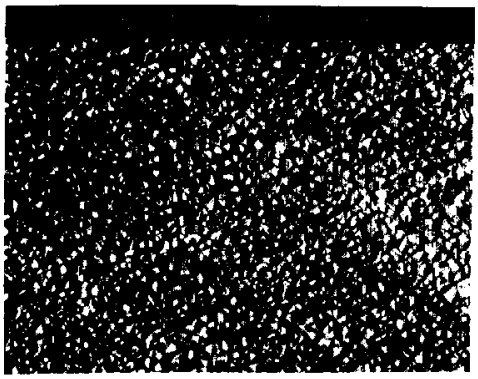
(72) Inventor: **B'ern Ljungberg (SE),**
Anders Lenander (SE)

(73) Proprietor:
Sandvik Aktiebolag (SE)

(54) CUTTING TOOL AND METHOD OF ITS COATING

(57) Abstract:

FIELD: cutting tools with coatings used in metal machining with formation of chips. SUBSTANCE: cutting tool is coated with one or many heat-resistant layers with some layers distinguishing in controlled microstructure and phase composition with crystal planes preferably growing in direction of surface of coated cutting tool. Said coating includes one or several heat resistant layers of which at least one, is dense fine-grained layer of α-Al_2O_3, preferably, structurized in direction of (012). EFFECT: higher cleanness of surface, wear-resistance and impact elasticity of tool in its use in machining of steel, cast iron and especially in machining of spherulitic iron. 8 cl, 1 dwg



RU 2117074 C1

RU 2117074 C1

Изобретение относится к режущему инструменту с покрытием, используемому для механической обработки с образованием стружки.

В промышленности более 15 лет применяется метод "химического осаждения" (ХПО) окиси алюминия на режущие инструменты. Износостойкость Al_2O_3, а также других термостойких материалов широко обсуждалась в литературе.

Метод ХПО используется также для образования покрытий из других окисей, карбидов и нитридов металлов, причем металл выбирается из переходных металлов групп INB, VB и VIB Периодической таблицы элементов. Многие из этих соединений нашли практическое применение в качестве износостойких или защитных покрытий, но лишь немногие из них заслужили такого большого внимания, как TiC, TiN и Al_2O_3.

Многие годы на рынке имеются металлокерамические режущие инструменты с различными покрытиями из Al_2O_3, например, из чистой k-Al_2O_3, смеси и k- и α -Al_2O_3 и очень крупнозернистой α -Al_2O_3. Ни одно из этих изделий с окисным покрытием не обладает подходящей режущей способностью при использовании для механической обработки чугуна с шаровидным графитом. Такой материал трудно обрабатывать резанием, так как он налипает на режущую кромку инструмента, что приводит к последовательному и быстрому удалению покрытия с режущей кромки и, следовательно, к сокращению срока службы режущей вставки инструмента.

Al_2O_3 кристаллизуется в несколько различных фаз: α , k. γ , β, θ и т.д. Двумя фазами, которые наиболее часто встречаются при образовании износостойких покрытий из Al_2O_3 с помощью метода ХПО, являются термодинамически устойчивая гексагональная α -фаза и метастабильная k-фаза. Обычно k-фаза - тонкозернистая с величиной зерен в пределах 0,5 - 2,0 мкм и часто обладает столбчатым строением. Кроме того, покрытия из k-Al_2O_3 свободны от кристаллографичиеских дефектов, а также от микропор или пустот.

Зерна α -Al_2O_3 обычно крупнее и имеют величину в пределах 1 - 6 мкм в зависимости от условий осаждения. В этом случае пористость и кристаллографические дефекты являются более распространенными.

В покрытии из окиси алюминия, нанесенном на режущий инструмент методом ХПО. часто присутствуют обе α - и k-фазы. В промышленных режущих инструментах Al_2O_3 всегда нанесена на карбидную или керамическую основу, покрытую TiC (например, патент США N 3.837.896, принятый в качестве прототипа; теперь переизданный патент США N 29.420), и, следовательно, особенно важное значение имеют межповерхностные химические реакции между поверхностью TiC и покрытием из окиси алюминия. В этом контексте следует также учитывать, что слой TiC включает слои с формулой $TiC_xN_yO_z$, в которых углерод в TiC полностью или частично замещен кислородом и/или азотом.

Практика покрытия металлокерамических режущих инструментов окислами с целью дальнейшего увеличения их износостойкости сама по себе хорошо известна, как это доказывается например, в переизданном патенте США N 29.420 и патентах США N 4.399.168, 4.018.631, 4.490.191 и 4.463.033. В этих патентах описываются покрытые окислами тела и то, как различные предварительные обработки, например, металлокерамического сплава с покрытием из TiC увеличивают сцепление осажденного затем окисного слоя. Хотя описанные в них способы дают слои окиси алюминия, крепко и плотно связанные с металлокерамическим телом или с термостойким слоем, например, TiC, примыкающим к металлокерамическому сплаву, они не имеют особый α -полиморф Al_2O_3, описанный в данном изобретении.

Тела с покрытием из окиси алюминия описаны также в патенте США N 3.736.107 и патентах ЕПО NN 0.403.461 и 0.408.535, в которых слои Al_2O_3 включают в себя фазы α , k и соответствующие сочетания фаз α /k. Однако в этих патентах не раскрываются желательные микроструктуры и кристаллографическая структура α -полиморфа, который является целью данного изобретения.

Таким образом, цель изобретения - совпадение на твердой основе или предварительно на вышеупомянутом покрытии из $TiC_xN_yO_z$, по крайней мере одного слоя однофазной Al_2O_3 полиморфа α с желательными микроструктурой и кристаллографическим строением, используя подходящие условия для образования центров кристаллизации и роста в целях стабилизации указанных свойств слоя Al_2O_3.

Другая цель изобретения - создание вставки режущего инструмента с покрытием из окиси алюминия, которая имеет улучшенную режущую способность при обработке стали, нержавеющей стали, чугуна и особенно чугуна с шаровидным графитом.

На чертеже показан микроснимок при виде сверху типичного покрытия из Al_2O_3, соответствующего данному изобретению. Микроснимок сделан с помощью сканирующего электронного микроскопа при увеличении в 2000 раз.

Согласно данному изобретению режущий инструмент включает в себя тело из твердого сплава, на которое нанесено износостойкое покрытие. Это покрытие включает в себя один или несколько термостойких слоев, из которых по крайней мере один слой представляет собой плотный, тонкозернистый и предпочтительно структурированный слой Al_2O_3 полиморфа α .

Покрытый режущий инструмент, соответствующий изобретению, обладает улучшенными износостойкостью и ударной вязкостью по сравнению с известными инструментами при использовании для механической обработки стали или чугуна, особенно если его поверхность затем подвергается сглаживанию с помощью струи воды со взвешенным в ней абразивом.

Точнее, покрытый инструмент включает в себя основу из металлокерамического тела, кермета или керамического тела, предпочтительно из по крайней мере одного карбида металла, в металлической связующей фазе. Отдельными слоями в

RU 2117074 C1

RU 2117074 C1

структуре покрытия могут быть TiC или соответствующие карбид, нитрид, карбонитрид, оксикарбид и оксикаронитрид металла, выбранного из группы, состоящей из металлов в группах IVB, VB и VIB Периодической таблицы элементов, B, Al и Si и/или их смеси. По крайней мере один из этих слоев соприкасается с основой. Однако по крайней мере один из слоев в структуре покрытия включает тонкозернистый, предпочтительно структурированный слой единственной фазы α -Al_2O_3, имеющий толщину d = 0,5 - 25 мкм с величиной зерна S: 0,5 мкм < s < 3 мкм для 2,5 мкм < d < 25 мкм.

Тонкозернистая микроструктура отличается узким гранулометрическим составом. Чаще всего 80% зерна Al_2O_3 имеют величину зерна, равную $\pm$ 50% средней величины зерна.

Величина зерна в покрытии из Al_2O_3 определена из микрограммы, снятой при виде сверху с помощью сканирующего электронного микроскопа при увеличении в 5000 раз. Проведя три прямые линии в произвольных направлениях, среднее расстояние между границами зерен вдоль этих линий брали в качестве мерила величины зерен.

Предпочтительно, чтобы слой Al_2O_3 согласно данному изобретению имел ориентацию роста кристаллов в направлении (012), которое определяется путем измерения дифракции рентгеновских лучей. Структурный коэффициент TC может быть определен как

$$TC(hkl) = \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \left\{ \frac{1}{n} \sum \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right\}^{-1},$$

где

I(hkl) - измеренная интенсивность отражателя (hkl);

I_o(hkl) - относительная интенсивность по данным порошковой рентгенограммы в соответствии со стандартом Американского общества по испытанию материалов (Порошковая дифракция, набор 6 - 10, карточка 173; Совместный комитет по стандартам порошковой дифракции. 1845 Walnut Street, Philadelphia, Pennsylvania 19103);

n - количество отражений, использовавшихся при расчетах; использовавшиеся отражения (hkl):(012), (104), (110), (113), (024), (116).

Согласно изобретению TC для ряда плоскостей кристаллов (012) больше чем 1,3, предпочтительно больше чем 1,5.

Тело с покрытием, соответствующее изобретению, отличается также тем, что шероховатость R_a термостойкого покрытия меньше 0,3 мкм по измеренной длине в 0,25 мм. Предпочтительно, чтобы слой Al_2O_3 был самым наружным слоем.

Структурированное покрытие из Al_2O_3, соответствующее изобретению, получают путем тщательного контроля окислительного потенциала водородного газа-носителя до образования центров кристаллизации Al_2O_3. Содержание H_2O в нем - предпочтительно менее 20 частей на миллион, наиболее предпочтительно - менее 5 частей на миллион. Образование центров кристаллизации Al_2O_3 возникает при охлаждении реакционных газов в следующем порядке: CO_2; CO и Al_2O_3. При образовании центров кристаллизации температуру желательно поддерживать на уровне около 1000°C. Однако точные условия в определенной степени зависят от конструкции используемого оборудования. В компетенцию квалифицированного рабочего входят определение того, получена ли необходимая структура, и изменение условий осаждения в соответствии с данным техническим описанием, чтобы при желании повлиять на характер структуры.

Покрытие из α -Al_2O_3, соответствующее изобретению, - плотное и свободное от микропористости и кристаллографических дефектов в противоположность тому, что ранее сообщалось о покрытиях из α -Al_2O_3.

Пример 1. А. Металлокерамические режущие вставки с составом из 5,5% CO, 8,5% кубических карбидов и остальное - WC покрывали слоем TiCN толщиной 5 мкм. При последующих технологических стадиях одинакового цикла нанесения покрытия осаждали тонкозернистый (1 - 2 мкм) слой α -Al_2O_3 толщиной 7 мкм. Окислительный потенциал водородного газа-носителя, т.е. концентрация водяного пара до и во время образования центров кристаллизации Al_2O_3 было, определенно говоря, на сравнительно низком уровне - 10 частей на миллион (также патент США N 5.071.696).

Реакционную газовую смесь, включающую в себя CO_2, CO и Al_2O_3, затем в определенном порядке добавляли к водородному газу-носителю.

Газовые смеси и другие условия процесса при стадиях осаждения Al_2O_3 характеризуются следующим:

1.
CO_2, % - 4
$AlCl_3$, % - 4
CO, % - 2
H_2, % - Остальное

2.
CO_2, % - 4
$AlCl_3$, % - 4
H_2S, % - 0,2
H_2, % - Остальное
Рабочее давление, мбар - 65
Температура, °C - 1000
Продолжительность, ч - 1
Рабочее давление, мбар - 65
Температура, °C - 1030
Продолжительность, ч - 5,5

Рентгенографический анализ, показал, что структурный коэффициент TC (012) равен 2,1 для плоскостей (012) в единственной α -фазе покрытия из Al_2O_3. Покрытие из Al_2O_3 имело шероховатость в 0,2 мкм по длине в 0,25 мм.

Б. Карбидную основу из А) покрывали TiCN /5 мкм/ и Al_2O_3 (7 мкм), как описано в А), за исключением того, что процесс проводили согласно известному способу с получением смеси крупных зерен α - Al_2O_3 и мелких зерен k-Al_2O_3 в покрытии.

В. Вставки инструментов имели такую же основу, а также состав и толщину покрытия,

RU 2117074 C1

RU 2117074 C1

как и в А), за исключением того, что покрытие из Al_2O_3 включало в себя однофазный k-полиморф согласно известному способу.

Все покрытые вставки инструментов из А), В) и С) с целью сглаживания поверхности покрытия обрабатывали струей воды с взвешенными в ней частицами Al_2O_3 крупностью 150 меш.

Затем режущие вставки испытывали в отношении отслаивания кромки и задней поверхности резца при поперечной обточке детали из чугуна с шаровидным графитом (Американский институт черной металлургии 60-40-18, Германский промышленный стандарт GGG 40). Форма обрабатываемой детали была такой, что режущая кромка дважды прерывалась при каждом обороте.

Режим резания:

Скорость, м/мин - 150

Глубина резания, мм - 2,0

Подача, об/мин - 0,1

Вставки работали на один проход по торцу обрабатываемой детали.

Результаты испытания приведены в табл. 1 в виде процентной доли отслоенной режущей кромки за проход резца, а также процентного отношения площади задней поверхности, подвергшейся отслаиванию, к общей площади контакта между задней поверхностью и стружкой с обрабатываемой детали.

Пример 2. Покрытые вставки из А) в примере 1 испытывали при механической обработке, включающей в себя наружную обдирку с прерывистыми проходами. Испытание проводили у конечного пользователя режущих инструментов, а обрабатываемая деталь представляла собой втулку дифференциала, изготовленную из чугуна с шаровидным графитом (Американский институт черной металлургии 60-40-18, Германский промышленный патент GGG 40).

Режим резания:

Скорость, м/мин - 270 - 290

Глубина резания, мм - 2

Подача, об/мин - 0,4 - 0,55

При испытании на резание в качестве эталона использовали серийный металлокерамический режущий инструмент с таким же карбидным составом, как и в А) примера 1 и, кроме того, с покрытием из слоя TiC толщиной 2 мкм и слоя Al_2O_3 толщиной 6 мкм. Слой Al_2O_3 осаждали по известному способу с получением в покрытии смеси из крупных зерен α -Al_2O_3 и мелких зерен k-Al_2O_3.

Указанную серийную вставку для режущего инструмента часто используют при механической обработке чугуна с шаровидным графитом.

Все вставки, использовавшиеся при вышеуказанном испытании по механической обработке втулки дифференциала, обрабатывали струей воды с взвешенными в ней частицами Al_2O_3 крупностью 150 меш.

После механической обработки 20 деталей серийная вставка инструмента с α k-покрытием показала чрезмерное отслаивание с потерей покрытия на более чем 70% кромки за проход. При использовании покрытых вставок из А) в примере 1, соответствующих данному изобретению, для механической обработки 40 деталей отслаивание наблюдалось не менее 10% кромки за проход.

Пример 3. Г). Металлокерамические вставки с составом из 6,5% Co, 8,8% кубических карбидов и остальное - WC покрывали так, как описано в А) примера 1. Получали тонкозернистое плотное покрытие из α -Al_2O_3, структурированное в направлении (012).

Д). Карбидную основу из Г) покрывали так, как описано в Б) примера 1. Получали покрытие из окиси алюминия, включающее в себя смесь крупных зерен α -Al_2O_3 и мелких зерен k-Al_2O_3. Все покрытые вставки инструментов из Г) и Д) с целью сглаживания поверхности покрытия обрабатывали струей воды с взвешенными частицами Al_2O_3 крупностью 150 меш.

Затем режущие вставки испытывали в отношении отслаивания режущей кромки при поперечной обточке детали из легированной стали (Американский институт черной металлургии 1518, W-N 1.0580). Форма обрабатываемой детали была такой, что режущая кромка трижды прерывалась при каждом обороте.

Режим резания:

Скорость, м/мин - 130 - 220

Глубина резания, мм - 2

Подача, об/мин - 0,2

Вставки работали на один проход по торцу обрабатываемой детали.

Приведенные в табл.2 результаты выражены в виде процентной доли отслоенной кромки за проход.

Пример 4. Е). Металлокерамические режущие вставки с составом из 6,5% Co, 8,5% кубических карбидов и остальное - WC покрывали так, как описано в А) примера 1. Получали тонкозернистое плотное покрытие из α -Al_2O_3 толщиной 6 мкм, структурированное в направлении (012).

Ж). Карбидную основу из Е) покрывали так, как описано в Б) примера 1. Получали покрытие из окиси алюминия, включающее в себя смесь крупных зерен α -Al_2O_3 и мелких зерен k-Al_2O_3.

Все покрытые вставки инструментов из Е) и Ж) с целью сглаживания поверхности покрытия обрабатывали струей воды с взвешенными частицами Al_2O_3 крупностью 150 меш.

Затем режущие вставки испытывали в отношении отслаивания задней поверхности при поперечной обточке детали из аустенитной нержавеющей стали (Американский институт черной металлургии 304L, W - N 1.4306). Обрабатываемая деталь имела трубчатую форму, а вставки делали два прохода по торцу обрабатываемой детали.

Режим резания:

Скорость, м/мин - 140

Глубина резания, мм - 0 - 3

Подача, об/мин - 0,36

Приведенные в табл. 3 результаты выражены в процентном отношении площади задней поверхности, подвергшейся отслаиванию, ко всей площади контакта между стружкой и задней поверхностью вставки.

Пример 5. З) Металлокерамические вставки с составом из 6,5% Co, 8,5%

RU 2117074 C1

RU 2117074 C1

кубических карбидов, остальное - WC покрывали так, как описано в Е) примера 4. Получали мелкозернистое плотное покрытие из α -Al_2O_3 толщиной 6 мкм, структурированное в направлении (012).

И) Карбидную основу из 3) покрывали так, как описано в Ж) примера 4. Получали покрытие из окиси алюминия, включающее смесь из крупных зерен α-Al_2O_3 и мелких зерен K-Al_2O_3.

Все покрытые вставки инструментов в целях сглаживания поверхности покрытия обрабатывали струей воды с взвешенными частицами Al_2O_3 крупностью 150 меш.

Затем режущие вставки испытывали в отношении отслаивания режущей кромки при поперечной обточке детали из холоднокованной стали (Американский институт черной металлургии 5015, W - N 1.7015). Обрабатываемой деталью было зубчатое колесо, а вставки делали 16 проходов по торцу обрабатываемой детали.

Режим резания:

Скорость, м/мин - 180

Глубина резания, мм - 1,5

Подача, об/мин - 0,25

Как и в предшествующих примерах, приведенные в табл. 4 результаты выражены в процентной части режущей кромки, подвергшейся отслаиванию за проход.

Формула изобретения:

1. Режущий инструмент, по меньшей мере частично покрытый одним или большим числом термослойких слоев, из которых по крайней мере один слой является окисью алюминия, отличающийся тем, что слой окиси алюминия имеет толщину d = 0,5 - 25 мкм и состоит из однофазной α-структуры с величиной зерна S: 0,5 мкм < S < 1 мкм для 0,5 мкм < d < 2,5 мкм и 0,5 мкм < S < 3 мкм для 2,5 мкм < d < 25 мкм.

2. Инструмент по п.1, отличающийся тем, что шероховатость поверхности R_a термостойкого покрытия меньше 0,3 мкм по измеренной длине в 0,25 мм.

3. Инструмент по п.1 или 2, отличающийся тем, что указанный слой окиси алюминия имеет структурный коэффициент больше 1,3, предпочтительно больше 1,5, для направления роста (012) эквивалентных кристаллографических плоскостей, определяемый как

$$TC(012) = \frac{I(012)}{I_o(012)} \left\{ \frac{1}{n} \sum \frac{I(hkl)}{I(hkl)} \right\}^{-1},$$

где I(hkl) - измеренная интенсивность отражения (hkl);

I_o(hkl) - стандартная интенсивность по данным порошковой рентгенограммы в соответствии со стандартом Американского общества по испытаниям материалов;

n - количество отражений, использовавшихся при расчете: использовавшиеся отражения (hkl) : (012), (104), (110), (113), (024), (116).

4. Инструмент по любому из пп.1 - 3, отличающийся тем, что слой окиси алюминия является самым наружным слоем.

5. Инструмент по любому из пп.1 - 4, отличающийся тем, что слой окиси алюминия соприкасается со слоем $TiC_xN_yO_z$.

6. Инструмент по п.5, отличающийся тем, что слой $TiC_xN_yO_z$ является самым внутренним слоем покрытия.

7. Инструмент по любому из пп.1 - 6, отличающийся тем, что он выполнен из металлокерамического сплава, карбонитрида на основе титана или керамики.

8. Способ покрытия режущего инструмента α-окисью алюминия, при котором он вступает в контакт с водородным газом-носителем, содержащим одно или большее число галоидных соединений алюминия и гидролизующий и/или окислительный агент, при высокой температуре, отличающийся тем, что перед образованием центров кристаллизации Al_2O_3 окислительный потенциал водородного газа-носителя составляет предпочтительно менее 20 мас.ч. H_2O млн$^{-1}$, наиболее предпочтительно менее 5 мас.ч. H_2O млн$^{-1}$, образование центров кристаллизации Al_2O_3 вызывается охлаждением реакционных газов в следующем порядке CO_2 CO и $AlCl_3$ и при образовании центров кристаллизации температура составляет около 1000°C.

RU 2117074 C1

RU 2117074 C1

Таблица 1

Параметр	Отслаивание, %	
	Режущая кромка	Заданная поверхность
А) однофазная/структурированная α-Al_2O_3/согласно изобретению/	0	0
Б) α/К Al_2O_3	40	5
В) К-Al_2O_3	15	45

Таблица 2

Параметр	Отслаивание, %
	Режущая кромка
Г) однофазная/структурированная α-Al_2O_3/согласно изобретению/	0
Д) α/К Al_2O_3	40

Таблица 3

Параметр	Отслаивание, %
	Задняя поверхность
Е) однофазная/структурированная α-Al_2O_3/согласно изобретению/	25
Ж) α/К Al_2O_3	65

Таблица 4

Параметр	Отслаивание, %
	Режущая кромка
З) однофазная/структурированная α-Al_2O_3/согласно изобретению/	0
И) α/к Al_2O_3	55

RU 2117074 C1

RU 2117074 C1