



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 110 369** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) МПК<sup>6</sup> **B 23 B 27/14, C 04 B 35/584**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 95116363/02, 07.12.1993

(30) Приоритет: 15.01.1993 US 08/004.022

(46) Опубликовано: 10.05.1998

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US, патент, 4652276, кл. В 24 D 3/02, опубл. 1987.

(86) Заявка РСТ:  
US 93/11903 (07.12.93)

(71) Заявитель(и):  
Кеннаметал Инк. (US)

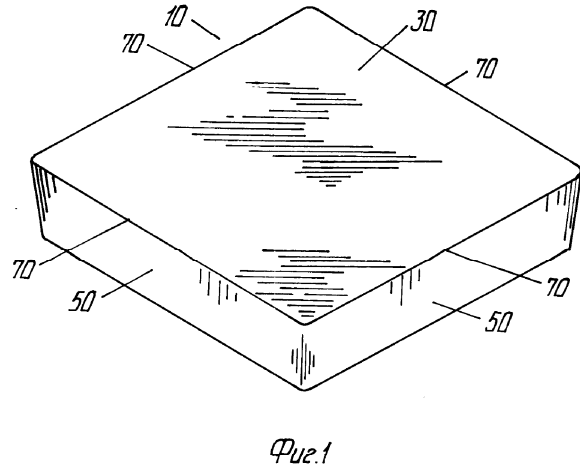
(72) Автор(ы):  
Пенкай К.Мехротра[US],  
Роберт Д.Никсон[US]

(73) Патентообладатель(ли):  
Кеннаметал Инк. (US)

(54) КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ НИТРИДА КРЕМНИЯ И РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ ИЗ НЕЕ

(57) Реферат:

Изобретение относится к керамике на основе нитрида кремния, которая особенно полезна для использования в качестве режущего инструмента при высокоскоростной стружкообразующей механической обработке металлических материалов. Керамика предпочтительно состоит из по меньшей мере 85 об.% фазы бета-нитрида кремния и менее около 5 об.% межзернистой фазы. Керамика имеет более 0,2 мас.% окиси магния и более 0,2 мас.% окиси иттрия, причем содержание окиси магния и окиси иттрия в сумме меньше 5 мас.%. Керамика имеет пористость менее 0,2 об.%. Инструмент имеет переднюю поверхность, соединенную режущими кромками с задними поверхностями. 4 с. и 37 з.п. ф-лы. 4 табл., 5 ил.



RU 2 1 1 0 3 6 9 C 1

RU 2 1 1 0 3 6 9 C 1



RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 110 369** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) Int. Cl.<sup>6</sup> **B 23 B 27/14, C 04 B 35/584**

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **95116363/02, 07.12.1993**

(30) Priority: **15.01.1993 US 08/004.022**

(46) Date of publication: **10.05.1998**

(86) PCT application:  
**US 93/11903 (07.12.93)**

(71) Applicant(s):  
**Kennametal Ink. (US)**

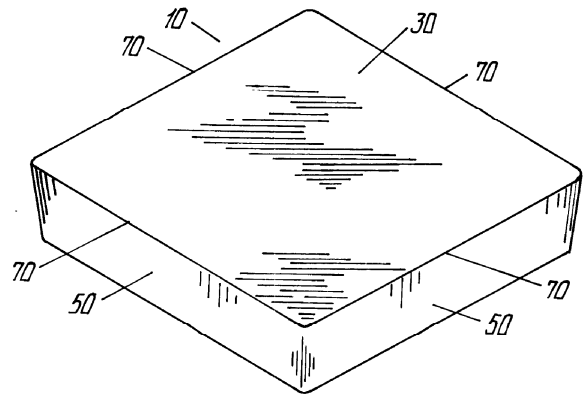
(72) Inventor(s):  
**Penkaj K.Mekhrotra[US],  
Robert D.Nikson[US]**

(73) Proprietor(s):  
**Kennametal Ink. (US)**

(54) **SILICON NITRIDE-BASED CERAMICS AND CUTTING TOOLS MANUFACTURED THEREFROM**

(57) Abstract:

FIELD: ceramics. SUBSTANCE: ceramics of invention is especially good when used as cutting tool for high-speed chip-forming mechanical metalworking. Ceramics is advantageously composed of at least 85 vol % of silicon beta-nitride and less than about 5 vol % of intergranular space. Material also includes more than 0.2 wt % magnesium oxide and more than 0.2 wt % yttrium oxide, their summary content being below 5 wt %. Porosity of material is less than 0.2 vol %. Front surface of cutting tool is connected through its cutting edges with back surfaces. EFFECT: improved cutting ability. 41 cl, 5 dwg, 4 tbl



RU 2 1 1 0 3 6 9 C 1

RU 2 1 1 0 3 6 9 C 1

Изобретение относится к керамике на основе нитрида кремния и ее использование, в частности, в качестве режущих инструментов.

Из патента США N 4.652.276 известно, что составы на основе бета-нитрида кремния, полезные для механической обработки чугуна, должны содержать как окись иттрия, так и окись магния в пределах 5 - 20 мас.% состава, чтобы можно было достигнуть длительной стойкости инструмента (т.е. улучшенной износостойчивости) и улучшенной стойкости против выкрашивания при механической обработке чугуна с шаровидным графитом в литой структуре.

$V_2O_3$  MgO добавляют в указанных количествах с целью образования во время спекания стекловидной межзернистой фазы в количестве, необходимом для достижения надлежащего уплотнения и улучшенных металлорежущих свойств.

Как установлено, составы, содержащие 98 мас.%  $Si_3N_4$ , 1 мас.% MgO и 1 мас.%  $V_2O_3$  обладают плохой стойкостью против выкрашивания и плохой износостойчивостью по сравнению с составами по патенту США N 4.652.276 (см. столбец 4, таблицы I и II).

Однако, сохраняется необходимость в более усовершенствованной керамике на основе нитрида кремния и режущих инструментов из нее, которые имели бы улучшенные свойства и режущие характеристики, их также могли бы быть уплотнены посредством экономических способов уплотнения.

Задача изобретения - создание улучшенного состава керамики на основе нитрида кремния, который по сравнению с известными составами имеет улучшенные металлорежущие, механические и физические свойства.

Это достигается тем, что состав керамики на основе нитрида кремния содержит в целом менее 5 мас.% окиси иттрия и окиси магния, хотя это и противоречит известному уровню техники. Кроме того, несмотря на использование состава, противоречащего известному уровню техники, изобретение предпочтительно и неожиданно улучшает твердость при повышенных температурах, как например, 1000°C, прочность на поперечный разрыв и модуль Вейбулла сравнительно с известным уровнем техники.

В частности, состав керамики на основе нитрида кремния предпочтительно обеспечивает образование по меньшей мере 85 об.% фазы бета-нитрида кремния и межзернистой фазы, которая предпочтительно составляет около 1 - 5 об.% состава. Кроме кремния и азота, керамика содержит на элементной основе около 1,3 - 3,5 мас.% кислорода, около 0,16 и - 3,15 мас.% иттрия и около 0,12 - 2,7 мас.% магния.

Содержание магния, иттрия и кислорода регулируется таким образом, чтобы состав по изобретению содержал на окисной основе более 0,2 мас.% окиси иттрия и более 0,2 мас.% окиси магния, при этом содержание окиси магния и окиси иттрия в сумме составляло бы менее 5 мас.%. Предпочтительно содержание окиси иттрия и окиси магния по меньшей мере по 0,5 мас.% каждой. Предпочтительно, содержание окиси иттрия менее 4,0 мас.% и содержание окиси магния менее 4,5 мас.%. В нижнем пределе содержание окиси магния и окиси иттрия в сумме предпочтительно составляет по меньшей мере 1,5 мас.%. В верхнем пределе содержание окиси магния и окиси иттрия в сумме предпочтительно составляют менее 3,5 мас.%. Предпочтительно состав содержит 0,5 - 1,5 мас.% окиси магния и 0,5 - 1,5 мас.% окиси иттрия. Керамика по изобретению имеет пористость менее 0,2 и предпочтительнее - менее 0,1 об.%.

Нитрид кремния предпочтительно образует по меньшей мере 95 об.% и наиболее предпочтительно - 96 об.% состава. Иттрий и магний добавляют к составу предпочтительно в виде окиси иттрия и окиси магния.

Керамические режущие инструменты для высокоскоростной стружкообразующей механической обработки металлических материалов, как например, чугунов, изготавливают с применением вышеописанных составов.

Эти режущие инструменты в соответствии с изобретением имеют заднюю поверхность и переднюю поверхность, по которой течет стружка, образующаяся при стружкообразующей механической обработке. Линия соединения передней поверхности и задней поверхности

образует режущую кромку для высокоскоростного резания металлических материалов с образованием стружки.

На фиг. 1 показан вариант выполнения режущего инструмента в соответствии с изобретением; на фиг. 2 - график зависимости между твердостью и температурой для варианта выполнения режущего инструмента по изобретению; на фиг. 3 - снимок варианта, выполнения керамики, по изобретению, сделанный на сканирующем электронном микроскопе и показывающий микроструктуру; на фиг. 4 - снимок поверхности излома варианта выполнения керамики по изобретению, сделанный на сканирующем электронном микроскопе; на фиг. 5 - график зависимости между износом головки режущего инструмента и числом проходов для известного инструмента и для двух вариантов выполнения инструментов в соответствии с изобретением.

В соответствии с изобретением на фиг. 1 показан предпочтительный вариант осуществления фиксируемой керамической металлорежущей вставки 10 из керамического материала на основе нитрида кремния, открытого данными изобретениями.

Металлорежущая вставка 10 предпочтительно используется при высокоскоростной (со скоростью резания более 150 м/мин) стружкообразующей механической обработке (например, точением, фрезерованием, нарезанием канавок и резьбы) металлических материалов. Это изобретение наиболее предпочтительно использовать при высокоскоростной механической обработке чугунов (например, серого чугуна и чугуна с шаровидным графитом). Оно особенно полезно при черновой обработке и прерывистом резании этих материалов, когда необходимо сочетание высокой прочности и большой износоустойчивости. Металлорежущая вставка имеет переднюю поверхность 30, по которой течет стружка, образующаяся при высокоскоростной механической обработке жаростойких сплавов и чугунов. С передней поверхностью 30 соединены задние поверхности 50. Линия соединения передней поверхности и задних поверхностей 50 образует режущую кромку 70 для резания с большими скоростями жаростойких сплавов и чугунов. В зависимости от потребностей ее применения режущая кромка 70 может быть либо острой, хонингованной, скошенной либо скошенной и хонингованной. Можно использовать хоны любых типов или размеров, применяемых в промышленности. Режущая кромка 70 предпочтительно имеет фаску (т.е. направляющую фаску). Режущая вставка может быть также изготовлена со стандартными формами и размерами (например, SNGN-434T, SNGN-436T, SPGN-633T, SPGN-634T; вставки могут быть изготовлены с отверстиями в них). Фаска обычно может иметь ширину 0,076 - 0,508 мм и угол около 20 - 30°.

Вышеописанная металлорежущая вставка выполнена из состава на основе нитрида кремния в соответствии с настоящим изобретением. Этот состав имеет микроструктуру из зерен бета-фазных нитрида кремния, имеющей межзернистую фазу или фазу между зернами нитрида кремния. Зерна бета-нитрида кремния предпочтительно составляют по крайней мере 85 об.% керамики и более предпочтительно по крайней мере 95 об.%. Зерна бета-нитрида кремния имеют как равностную, так и игольчатую структуру и предпочтительно имеют диаметр менее 1 мкм.

Межзернистая фаза предпочтительно составляет от около 1 до около 5 об.% керамики и предпочтительно является стеклом, которое представляет собой продукт вспомогательных спекающих средств - окиси магния, окиси иттрия и примесей в виде окиси кремния и нитрида кремния.

Применяемыми вспомогательными спекающими средствами предпочтительно являются окись магния и окись иттрия. Однако, всю или часть окиси иттрия можно заменить жаростойкой окисью, например, окисями гафния и лантаноидов. Всю или часть используемой окиси магния можно также заменить окисью кальция.

Для обеспечения спекаемости состава по настоящему изобретению требуется по крайней мере 0,2 мас.% окиси магния и 0,2 мас.% окиси иттрия. При использовании для изготовления режущих вставок состав предпочтительно должен содержать по крайней мере 0,5 мас.% окиси магния, и по крайней мере 0,5 мас.% окиси иттрия в целях обеспечения надлежащего уплотнения, т.е. уровня пористости менее 0,2 об.% и более

предпочтительно - менее 0,1 об.%. Как оказалось, состав с содержанием 1,0 мас.% MgO и 0,5 мас.% V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> обеспечивает надлежащую спекаемость при его использовании для изготовления режущих вставок. Следовательно, предпочитается, что содержания окиси магния и окиси иттрия в сумме должны быть, по крайней мере 1,5 об.%.  
5

С повышением содержания вспомогательных спекающих средств уменьшается твердость керамики по настоящему изобретению как при комнатной температуре, так и при повышенных температурах. Поэтому важно, чтобы содержания окиси иттрия и окиси магния в сумме поддерживались менее 5 об.%. В отдельности содержание окиси иттрия может быть до 4,0 мас.% и окиси с магния до 4,5 мас.%. По вышеупомянутой причине  
10 предпочтительно, чтобы содержанием окиси магния и окиси иттрия в сумме были менее 3,5 мас.% и более предпочтительно - менее 3,0 мас. % и наиболее предпочтительно - менее или равное около 2 мас.%. Как оказалось, составы с содержанием окиси магния в пределах 0,5 - 1,5 мас.% и окиси иттрия в пределах 0,5 - 1,5 мас.% обладают отличными металлорежущими свойствами при высокоскоростном обдирочном фрезеровании чугунов.  
15

Составы в соответствии с настоящим изобретением предпочтительно имеют число твердости по Виккерсу (ЧТВ, нагрузка 1 кг) при комнатной температуре более 1700 кг/мм<sup>2</sup> и при температуре 1000°C более 800 и предпочтительно - более 900 кг/мм<sup>2</sup>. При настоящем изобретении прочность на поперечный разрыв больше 150 и предпочтительно - больше 25 кг/см<sup>2</sup> при испытании на изгиб в трех точках и модуль Вейбулла  
20 предпочтительно равен по крайней мере 15. При настоящем изобретении модуль Юнга предпочтительно равен по крайней мере 300 ГПа и предпочтительнее - по крайней мере 320 ГПа. Температуропроводность (см<sup>2</sup>/с) предпочтительно равна по крайней мере 0,2 и теплопроводность (кал/с-см, °C) предпочтительно равна, по крайней мере 0,1.

Значительные преимущества изобретения далее показаны на следующих примерах, которые предназначены для того, чтобы проиллюстрировать изобретение.  
25

Режущие вставки типа SPGN-633T изготавливали следующим способом. Исходные материалы в соотношениям, показанных в табл. 1, в течение 24 ч размалывали в среде из Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> с целью достижения площади поверхности БЭТ около 14 м<sup>2</sup>/г и  
30 гранулометрического состава, в котором по крайней мере 90% порошка состояли, из частиц размером менее 1 мкм. После размалывания порошок высушивали, просеивали и затем гранулировали с использованием органического связующего.

Порошок Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> сорта SN-E10 может быть получен с фирмы Убе ИНдастриес Лтд., г. Токио, Япония. Этот порошок - равноосный, со средним размером частиц около 0,2 мкм и кристаллический приблизительно на 100%, с содержанием более 95% альфа-нитрида кремния и остальное (если имеется) - бета-нитрид кремния. Состав нитрида кремния сорта SN-E10, мас. %: W>38,0; O<2,0; C<0,2; Cl<100 частей на миллион (ч. н. м.) F1e<100 ч.н.м.; Ca<50 ч.н.м.; Al<50 ч.н.м. и остальное - Si.  
35

V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> мелкозернистого сорта может быть получен с фирмы Герман К.Старк, Инк., г. Нью-Йорк, шт. Нью-Йорк. Этот высокочистый порошок содержит по крайней мере 99,95 мас.% V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Максимальное содержание металлических примесей - 0,05 мас.%.  
40

Окись магния сорта легкий USP/FCC может быть получена с фирмы Кэмикл Дивижн оф Фишер Сайентифик, Инк., г. Фэрлон, шт. Нью-Джерси. Этот порошок имеет следующий состав: MgO≥96 мас.%; кислые нерастворимые вещества ≤0,1 мас. %; мышьяк ≤3 ч.н.м.; кальций ≤1,1 мас.%; тяжелые металлы ≤0,004 мас.%; железо ≤0,05 мас.%; свинец ≤10 ч.н.м., потеря при прокаливании ≤10 мас.%.  
45

После гранулирования материал затем прессовали в заготовки вставок желаемой формы. Заготовки вставок затем нагревали на воздухе при 316°C для удаления летучего органического связующего. Затем заготовки вставок спекали в течение 1 - 2 ч в атмосфере одного азота при 1800 - 1850°C с использованием подходящего схватывающего порошка на основе Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. Спеченные вставки для их окончательного уплотнения подвергали горячему изостатическому прессованию при температуре около 1750°C и давлении 1400 кг/см<sup>2</sup> в атмосфере азота. Получаемые вставки затем шлифовали до  
50

окончательного размера, используя шлифовальный круг с размером зерен 100 или 180 меш. для верхнего и нижнего шлифования. При этом способе изготавливали вставки типа SPGN-633T с Т - или К-фаской размером 0,20 мм, 20°. Ниже в табл. 2, 3 и 4 показаны отличительные свойства этого состава.

5 На фиг. 2 показана зависимость между числом твердости по Виккерсу при повышенных температурах (нагрузка 1 кг) в кг/мм<sup>2</sup> и температурой в градусах Цельсия. Как видно, при всех температурах - от комнатной до 1000°C - состав по настоящему изобретению имеет более высокую твердость, чем известный состав на основе Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, содержащий 2,8 мас.% окиси иттрия и 2,3 мас.% окиси магния.

10 На фиг. 3 с увеличением в 10000 раз показана металлографически подготовленная поверхность керамики по настоящему изобретению. Зерна β-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (серые) имеют игольчатую или равноосную форму. Межзернистая фаза (белая) окружает зерна β-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> и по приблизительным подсчетам составляет около 3 - 4 об. % материала. Игольчатая структура некоторых из зерен β-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> еще более заметна на фиг. 4, на котором дан  
15 снимок, полученный на сканирующем электронном микроскопе с увеличением в 5000 раз и показывающий поверхность излома образца, разрушающегося при поперечном разрыве. Из электронно-микроскопических снимков можно видеть, что средний диаметр зерен β-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> меньше около 1 мкм.

20 Вставки PSGN-633T затем испытывали при фрезеровании летучей фрезой блока двигателя из серого чугуна (включающего 6 каналов цилиндров и охлаждающие каналы для дизельного двигателя) в сравнении со ставками из известного состава на основе β-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. Известный состав содержит около 2,2 мас.% иттрия (= 2,8 мас.% окиси иттрия) и 1,4 мас.% магния (= 2,3 мас.% окиси магния) при общем содержании окиси магния и окиси иттрия в 5,1 мас.%).

25 Условия испытания были:

Окружная скорость - 924 м/мин

Подача - 0,15 мм/зуб

Глубина резания - 2,0 мм.

30 Смазочно-охлаждающая жидкость - Без смазки

Тип фрезы - RDPR 8", угол подъема винтовой линии 30° (см. Kennametal hilling 187 Cataligne p.26 (1986))

Длина прохода - 857 мм/ширина 203 мм

35 Результаты этого испытания представлены на графике фиг. 5, из которого можно видеть, что вставки в соответствии с настоящим изобретением А (крупность зерен 100 мел) и В (крупность зерен 180 мел) превосходит вставки из известного материала по возможности достижения большего числа проходов до разрушения. Все вставки разрушались вследствие выкрашивания. Как показано на фиг. 5, скорость изнашивания головки резца была меньше, чем у известного резца. Следовательно, как ясно показано  
40 это испытание, изобретение неожиданно повышает как стойкость к выкрашиванию, так и износоустойчивость по сравнению с известным уровнем техники при фрезеровании чугуна при условии, показанных выше.

45 При желании на режущие вставки в соответствии с изобретением может быть нанесено жаростойкое покрытие для улучшения их износоустойчивости. Предполагается, что могут быть нанесены покрытия из А<sub>2</sub>О<sub>3</sub>, TiC и TiN в отдельности или в сочетании друг с другом.

При желании износоустойчивость вставок по изобретению может быть также улучшена заменой жаростойким измельченным материалом незначительной части фазы β-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> в составе. Жаростойкого материала может содержаться в количестве 1 - 35 об.% и предпочтительно 1 - 10 об.% состава керамики. К жаростойким материалам, которые могут  
50 быть диспергировано в основной массе из - нитрида кремния, относятся нитриды, карбиды и карбонитриды Ti, Hf и Zr, а также карбид вольфрама в отдельности или в сочетании друг с другом.

Инструменты по настоящему изобретению предпочтительно используются при

высокоскоростной черновой обработке и прерывистом резании чугунов. Они могут также применяться при черновой обработке и прерывистом резании суперсплавов, когда могут хорошо действовать инструменты по изобретению. Однако инструменты наиболее предпочтительно и лучше всего использовать при фрезеровании чугунов при следующих условиях:

Окружная скорость - 150 - 1200 м/мин

Подача - 0,10 - 0,50 мм/зуб

Глубина резания - до 6 мм

Согласно определению, которое используется в этом описании (если не ясно из контекста, что является исходными порошками), и в предлагаемом к нему формуле изобретения концентрации окиси иттрия ( $Y_2O_3$ ) и окиси магния (MgO) в мас.% являются расчетными величинами, основанными на концентрациях металлических элементов - Mg и мас.%, определенных путем химического анализа уплотненной керамики. Расчетная концентрация  $Y_2O_3$  в мас.% равна измеренной концентрации в мас.%, разделенной на 0,787. Расчетная концентрация MgO в мас.% равна измеренной концентрации MgO в мас.%, разделенной на 0,601. Следует учесть, что отсутствует какое-либо утверждение о том, что MgO и  $Y_2O_3$  существует в виде отдельных фаз в уплотненной керамике. Использование величин концентраций окисей в связи с окончательной уплотненной керамикой сделано лишь с целью обеспечения удобного способа различения предлагаемого изобретения от предшествующего уровня техники.

Все патенты и другие публикации, на которые здесь ссылались, упомянуты для сведения.

Другие варианты осуществления изобретения будут очевидны специалистам из рассмотрения этого описания или применения на практике раскрытого здесь изобретения.

Подразумевается, что описание и примеры рассматриваются только как иллюстрированные, при этом истинные пределы и идея изобретения указаны в следующей формуле изобретения.

#### Формула изобретения

1. Керамический режущий инструмент для высокоскоростной стружкообразующей механической обработки металлических материалов, содержащий переднюю поверхность и заднюю поверхность, образующие режущую кромку на линии соединения передней поверхности и задней поверхности, и выполненный из керамики, состоящей из фазы бета-нитрида кремния и межзернистой фазы, содержащей окись иттрия и окись магния, отличающийся тем, что керамика содержит по меньшей мере 0,2 мас.% окиси иттрия, по меньшей мере 0,2 мас.% окиси магния, причем содержание окиси иттрия и окиси магния в сумме меньше 3,5 мас.% и содержит 1,3 - 3,5 мас.% кислорода на элементной основе, а пористость составляет менее 0,2 об.%.

2. Инструмент по п.1, отличающийся тем, что фаза бета-нитрида кремния составляет по меньшей мере 85 об.%.

3. Инструмент по п.1, отличающийся тем, что содержание окиси иттрия и окиси магния в сумме составляет по меньшей мере 1,4 мас.%.

4. Инструмент по п.1, отличающийся тем, что твердость при комнатной температуре составляет более 1700 кг/мм<sup>2</sup> и при 1000°C - более 800 кг/см<sup>2</sup>.

5. Инструмент по п.1, отличающийся тем, что его прочность на поперечный разрыв составляет более 10,5 - 10<sup>3</sup> кг/см<sup>2</sup>.

6. Инструмент по п.1, отличающийся тем, что модуль Вейбулла составляет по меньшей мере 15.

7. Инструмент по п.1, отличающийся тем, что температуропроводность составляет по меньшей мере 0,2 см<sup>2</sup>/с и теплопроводность составляет по меньшей мере 0,1 кал/с , см , °C.

8. Инструмент по п.1, отличающийся тем, что модуль упругости Юнга составляет по меньшей мере 300 ГПа.

9. Инструмент по п.1, отличающийся тем, что содержание окиси иттрия составляет 0,5 - 1,5 мас.%, а окиси магния - 0,5 - 1,5 мас.%, при этом твердость при комнатной температуре составляет по меньшей мере 1700 кг/мм<sup>2</sup> и при 1000°C - по меньшей мере 900 кг/мм<sup>2</sup>, прочность на поперечный разрыв составляет более 11,25 , 10<sup>3</sup> кг/см<sup>2</sup>, модуль Вейсбулла составляет по меньшей мере 15, а модуль Юнга - по меньшей мере 300 ГПа.
10. Инструмент по п. 1, отличающийся тем, что содержание окиси иттрия составляет 0,5 - 1,5 мас.% и окиси магния 0,5 - 1,5 мас.%.
11. Инструмент по п.1 или 9, отличающийся тем, что содержание окиси иттрия и окиси магния в сумме меньше или равно около 2 мас.%.
12. Инструмент по любому из пп. 1, 2 или 11, отличающийся тем, что керамика имеет вязкость при разрушении  $K_{Ic}$ , равную 7,1 - 7,5 МПа , м<sup>1/2</sup>.
13. Инструмент по любому из пп.1, 10 или 11, отличающийся тем, что керамика имеет твердость при 1000°C более 900 кг/мм<sup>2</sup>.
14. Инструмент по любому из пп. 1, 2, 9 - 12 или 13, отличающийся тем, что керамика содержит 1,8 - 2,9 мас.% кислорода на элементной основе.
15. Инструмент по любому из пп.1 - 14, отличающийся тем, что он дополнительно содержит жаростойкое покрытие.
16. Инструмент по п. 15, отличающийся тем, что жаростойкое покрытие включает в себя Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
17. Керамический режущий инструмент для высокоскоростной стружкообразующей механической обработки металлических материалов, содержащий переднюю поверхность и заднюю поверхность, образующие режущую кромку на линии соединения передней поверхности и задней поверхности, выполненный из керамики, состоящей из фазы бета-нитрида кремния и межзернистой фазы, содержащей окись иттрия и окись магния, отличающийся тем, что керамика содержит более 0,2 мас.% окиси иттрия, более 0,2 мас.% окиси магния, причем содержание иттрия и окиси магния в сумме меньше 3,5 мас.%, а пористость составляет менее 0,2 об. %.
18. Инструмент по п.17, отличающийся тем, что фаза бета-нитрида кремния составляет по меньшей мере 85 об.% керамики.
19. Инструмент по п.17, отличающийся тем, что содержание окиси иттрия и окиси магния в сумме составляет по меньшей мере 1,4 мас.%.
20. Инструмент по п.17, отличающийся тем, что твердость при комнатной температуре составляет более 1700 кг/мм<sup>2</sup> и при 1000°C - более 800 кг/мм<sup>2</sup>.
21. Инструмент по п.17, отличающийся тем, что керамика содержит 1,3 - 3,5 мас.% кислорода на элементной основе.
22. Инструмент по п.17, отличающийся тем, что содержание окиси иттрия составляет 0,5 - 1,5 мас.% и окиси магния 0,5 - 1,5 мас.%.
23. Инструмент по п.22, отличающийся тем, что керамика имеет твердость при 1000°C более 900 кг/мм<sup>2</sup>.
24. Инструмент по любому из пп.17, 18, 22 или 23, отличающийся тем, что керамика содержит 1,8 - 2,9 мас.% кислорода на элементной основе.
25. Инструмент по любому из пп. 17 - 24, отличающийся тем, что он содержит жаростойкое покрытие.
26. Инструмент по п. 25, отличающийся тем, что жаростойкое покрытие включает в себя Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
27. Керамика на основе нитрида кремния, содержащая фазу бета-нитрида кремния и межзернистую фазу из окиси иттрия и окиси магния, отличающаяся тем, что керамика на основе нитрида кремния содержит более 0,2 мас.% окиси иттрия, более 0,2 мас.% окиси магния, причем содержание окиси иттрия и окиси магния в сумме меньше 3,5 мас.%, 1,3 - 3,5 мас.% кислорода на элементной основе, а пористость составляет менее 0,2 об.%.  
50
28. Керамика по п. 27, отличающаяся тем, что содержание окиси магния составляет 0,5 - 1,5 мас.%, а окиси иттрия 0,5 - 1,5 мас.%.
29. Керамика по п.27, отличающаяся тем, что содержание окиси иттрия и окиси магния



в сумме меньше или равно около 2 мас. %.

30. Керамика по п.28, отличающаяся тем, что пористость составляет менее 0,1 об. %.

31. Керамика по п.27, отличающаяся тем, что фаза бета-нитрида кремния составляет по меньшей мере 85 об. % керамики.

5 32. Керамика по любому из пп.27, 28 и 30, отличающаяся тем, что вязкость при разрушении  $K_{Ic}$  составляет 7,1 - 7,5 МПа $\cdot$  м<sup>1/2</sup>.

33. Керамика по любому из пп.27 и 30, отличающаяся тем, что твердость при 1000°C составляет более 900 кг/мм<sup>2</sup>.

10 34. Керамика по любому из пп.27, 28 и 30, отличающаяся тем, что она содержит 1,8 - 2,9 мас. % кислорода на элементной основе.

35. Керамика на основе нитрида кремния, содержащая фазу бета-нитрида кремния и межзернистую фазу из окиси иттрия и окиси магния, отличающаяся тем, что керамика на основе нитрида кремния содержит более 0,2 мас. % окиси иттрия, более 0,2 мас. % окиси магния, причем содержание окиси иттрия и окиси магния в сумме меньше 3,5 мас. %, а пористость составляет менее 0,2 об. %.

15 36. Керамика по п.35, отличающаяся тем, что содержание окиси магния составляет 0,5 - 1,5 мас. %, а окиси иттрия 0,5 - 1,5 мас. %.

37. Керамика по п.36, отличающаяся тем, что пористость составляет менее 0,1 об. %.

20 38. Керамика по любому из пп.36 и 37, отличающаяся тем, что вязкость при разрушении  $K_{Ic}$  составляет 7,1 - 7,5 МПа $\cdot$  м<sup>1/2</sup>.

39. Керамика по п.37, отличающаяся тем, что твердость при 1000°C составляет более 900 кг/мм<sup>2</sup>.

25 40. Керамика по п.35, отличающаяся тем, что она содержит 1,3 - 3,5 мас. % кислорода на элементной основе.

41. Керамика по любому из пп.36 и 37, отличающаяся тем, что она содержит 1,8 - 2,9 мас. % кислорода на элементной основе.

30

35

40

45

50

Таблица 1

| Материал  | Размер частиц<br>90%<(мкм) | Номинальная мас.<br>% | Площадь<br>поверхности (БЭТ),<br>м <sup>2</sup> /г |
|---|----------------------------|-----------------------|--|
| Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> сорта SN-E10             | 1,4                        | 98                    | 10 - 12  |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> сорта<br>/мелкозернистый/ | 2,5                        | 1                     | 10 - 16  |
| MgO сорта легкий<br>IS P/CC                             | --                         | 1                     | 40   |

Таблица 2

| Свойства   | Состав         |             |
|--|----------------|-------------|
|  | По изобретению | Известный*  |
| Твердость по Роквеллу А  |                |             |
| Интервал   | 93,0 - 94,0    | 92,8 - 93,2 |
| Предпочтительный интервал  | 93,0 - 94,0    |             |
| Микротвердость ЧТВ (нагрузка 18,5 кг), ГПа                               |                |             |
| Интервал   | 14,5 - 15,5    | 14,2 - 14,9 |
| Предпочтительный интервал  | 14,7 - 15,4    |             |
| Твердость в горячем состоянии ЧТВ<br>(нагрузка 1 кг), кг/мм <sup>2</sup> |                |             |
| 20 °С  | 1772 ± 24      | 1675 ± 9    |
| 200 °С   | 1663 ± 15      |             |
| 400 °С   | 1475 ± 11      |             |
| 500 °С   |                | 1248        |
| 600 °С   | 1397 ± 19      |             |
| 800 °С   | 1268 ± 17      |             |
| 1000 °С  | 936 ± 16       | 646 ± 5     |

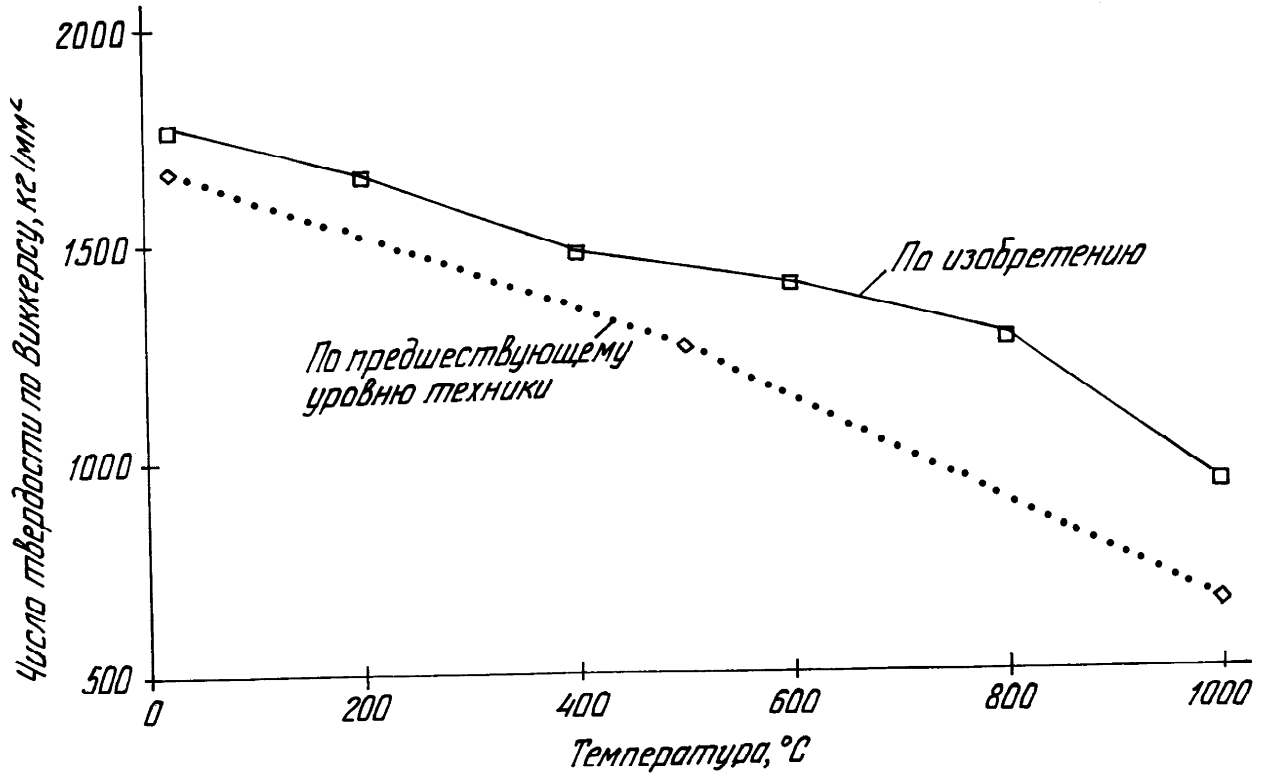
\*) Известный состав содержит около 2,2 мас.% иттрия (2,8 мас.% окиси иттрия) и около 1,4 мас.% магния (2,3 мас.% окиси магния) при общем содержании окиси иттрия и окиси магния около 5,1 мас.%.

Таблица 3

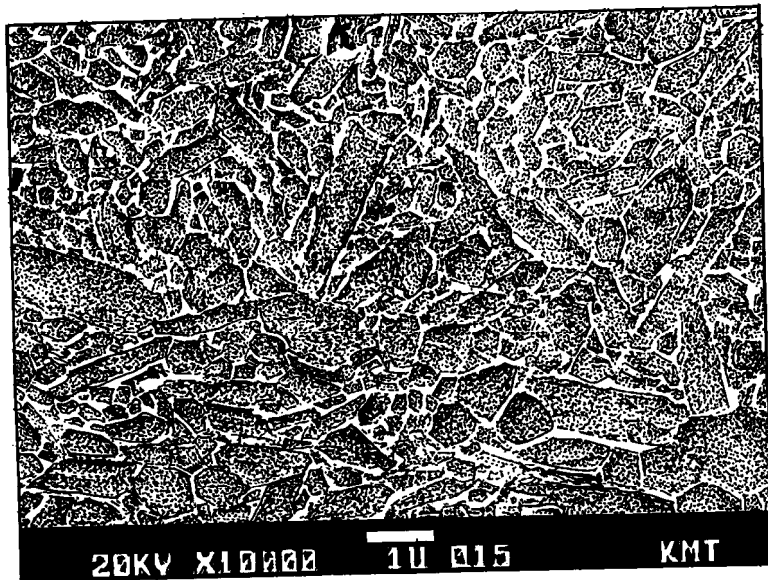
| Химический<br>состав, свойства                                 | Состав                               |                                      |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|
|  | По изобретению                       | Известный                            |
| Химический состав, мас.%                                       |                                      |                                      |
| О  | 1,8 - 2,9                            | 3,24                                 |
| С  | 0,9                                  | 0,55                                 |
| Mg   | 0,6                                  | 1,43                                 |
| V  | 0,7 - 0,8                            | 2,19                                 |
| Ca   | 100ч.н.м.                            | нет данных                           |
| Zr   | < 0,01                               | < 0,01                               |
| Al   | ≤ 0,2                                | 0,02                                 |
| Fe   | 0,01                                 | 0,01                                 |
| Плотность, г/см <sup>3</sup>                                   | 3,19 - 3,20                          | 3,20                                 |
| Температуропроводность, см <sup>2</sup> /с                     | 0,205                                | 0,189                                |
| Теплопроводность, кал/с.см.°С                                  | 0,114                                | 0,106                                |
| Кристалличность  |                                      |                                      |
| Наличие фаз (по определению<br>дифракцией рентгеновских лучей) | 100 ± Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> | 100 ± Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> |

| Свойства  | Состав         |              |
|---|----------------|--------------|
|   | По изобретению | Известный    |
| Вязкость при разрушении $K_{IC}$ (E и C)<br>(нагрузка 18,5 кг, метод Палмквиста), С МПа <sup>1/2</sup>                                  | 7,1 - 7,5      | 7,12 ± 0,04  |
| Прочность на поперечный разрыв (изгиб в 3 точках,<br>поверхностное шлифование зернами крупностью<br>400 меш), кг/кв. дюйм <sup>x)</sup> | 184,5 ± 10,4   | 124,1 ± 0,04 |
| Модуль Вейбулла   | 19,5           | 8,3          |
| Модуль Юнга, ГПа  | 300 - 350      | 293,5        |
| Модуль сдвига, ГПа  | 135,8          | 113,1        |

x) 1 кв. дюйм = 6,45 см<sup>2</sup>



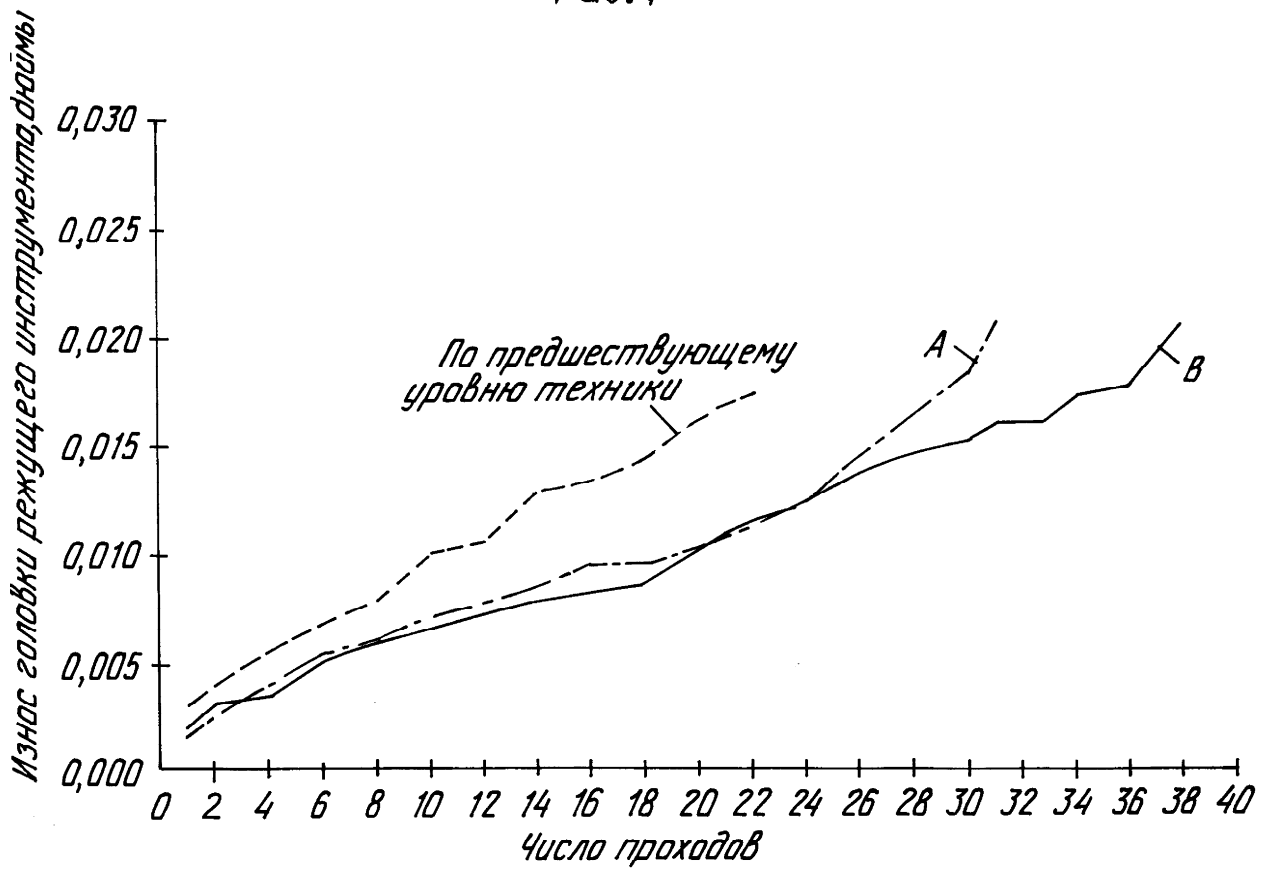
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг.4



Фиг.5