

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014106604/02, 18.07.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
18.07.2012

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
22.07.2011 SE 1150720-9

(43) Дата публикации заявки: 10.09.2015 Бюл. № 25

(45) Опубликовано: 20.08.2016 Бюл. № 23

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: JP 2002001668 A, 08.01.2002. JP 2009241157 A, 22.10.2009. US 6063148 A, 16.05.2000. RU 2101164 C1, 10.01.1998. SU 1021586 A, 07.06.1983.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 24.02.2014

(86) Заявка РСТ:  
SE 2012/050842 (18.07.2012)(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2013/015737 (31.01.2013)

Адрес для переписки:

125009, Москва, Романов пер., 2, стр. 1, Сквайр  
Паттон Боггз Москва ЛЛС, Безруковой О.М.

(72) Автор(ы):

ТОЛИН Майлк (SE),  
ВЕСТБЕРГ Фредрик (SE),  
БЕРГ Стефан (SE),  
ЙОХАНССОН Ида (SE)(73) Патентообладатель(и):  
Слипнаккос Актиеболаг (SE)R U  
2 5 9 4 9 2 3  
C 2  
C 3  
C 2  
C 3  
C 2  
R U  
2 5 9 4 9 2 3  
C 2

## (54) ШЛИФОВАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ И СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШЛИФОВАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области абразивной обработки. Шлифовальный инструмент (1) включает сердечник (2) и абразивный ободок (4), содержащий абразивные частицы (5), внедренные в матрицу (6), содержащую металлический связующий агент, являющийся спеченным бронзовым сплавом и составляющий 50 - 100 % от объема матрицы, причем металлический связующий агент содержит нитрид кремния в количестве 0,02 - 5,00 % от объема металлического связующего, при этом нитрид кремния присутствует в форме зерен, которые имеют средний размер зерен меньше чем 10 мкм

и больше 0,1 мкм. Способ включает спекание абразивных частиц вместе с металлическим порошком, содержащим медь и олово, с получением матрицы (6), в которую внедрены абразивные частицы (5), при этом матрица, содержащая металлический связующий агент, является сплавом спеченной бронзы, причем перед спеканием к металлическому порошку добавляют нитрид кремния в виде порошка в таком количестве, что нитрид кремния составит 0,02 - 5,00 % от объема металлического связующего. Технический результат: повышение устойчивости к износу с обеспечением

R U 2 5 9 4 9 2 3 C 2

регулярного и предсказуемого износа. 2 н. и 12 з.п. ф-лы, 8 ил.

R U 2 5 9 4 9 2 3 C 2

FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2014106604/02, 18.07.2012

(24) Effective date for property rights:  
18.07.2012

Priority:

(30) Convention priority:  
22.07.2011 SE 1150720-9

(43) Application published: 10.09.2015 Bull. № 25

(45) Date of publication: 20.08.2016 Bull. № 23

(85) Commencement of national phase: 24.02.2014

(86) PCT application:  
SE 2012/050842 (18.07.2012)(87) PCT publication:  
WO 2013/015737 (31.01.2013)Mail address:  
125009, Moskva, Romanov per., 2, str. 1, Skvajr  
Patton Boggz Moskva LLS, Bezrukovoj O.M.(72) Inventor(s):  
TOLIN Majkl (SE),  
VESTBERG Fredrik (SE),  
BERG Stefan (SE),  
JOKHANSSON Ida (SE)(73) Proprietor(s):  
Slipnaksos Aktiebolag (SE)R U  
2 5 9 4 9 2 3  
C 2(54) GRINDING TOOL FOR PROCESSING FRAGILE MATERIALS AND METHOD OF ITS  
MANUFACTURING

(57) Abstract:

FIELD: metal processing.

SUBSTANCE: invention relates to abrasive processing. Grinding tool (1) includes core (2) and abrasive rim (4) containing abrasive particles (5) embedded into the matrix (6) containing a metal binding agent representing a fused bronze alloy and making 50-100 % of matrix volume, wherein metal binding agent contains silicon nitride in amount of 0.02-5.00 % of metallic binder, the silicon nitride is present in the form of grains with average size of less than 10 microns and more than 0.1 micron. Method involves fusing of

abrasive particles together with metal powder containing copper and tin to produce matrix (6) in which abrasive particles (5) are embedded, and the matrix containing a metal binding agent represents fused bronze alloy; before fusing the metal powder is added with silicon nitride powder in such quantity that silicon nitride makes 0.02-5.00 % of metallic binder.

EFFECT: technical result consists in enhanced wear resistance ensuring even and predictable wear.

14 cl, 8 dwg

## ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Изобретение является шлифовальным инструментом, в частности шлифовальным инструментом для обработки твердых и/или хрупких материалов, таких как карбид вольфрама. Шлифовальный инструмент может быть, в том числе, шлифовальным кругом. Изобретение также связано со способом изготовления такого шлифовального инструмента.

## ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Шлифовальные инструменты, такие как шлифовальные круги, используются для обработки хрупких материалов. Одной из областей использования таких шлифовальных инструментов является обработка инструментов, которые сделаны из твердого металла (карбида вольфрама). Например, шлифовальный инструмент может быть использован для механической обработки, при которой придается форма сверлам или фрезам шлифованием. Если заготовка, которой необходимо придать форму, выполнена из твердого материала, такого как карбид вольфрама, абразивный инструмент должен иметь абразивные частицы из очень твердого материала. На практике это обычно означает, что абразивными частицами являются алмазные частицы или зерна борозона. Алмазы или зерна борозона для этой цели, являются коммерчески доступными и могут рассматриваться в качестве стандартных компонентов. Алмазы для этой цели могут обычно иметь нормальный или средний размер частиц в 50 мкм (размер частиц, безусловно, варьируется) и имеют множество острых краев, которые могут резать твердые материалы, такие как карбид вольфрама.

Известным типом шлифовального инструмента для этой цели является шлифовальный круг с сердечником, который может быть сделан, например, из металлического материала, такого как сталь или алюминий. Сердечник также может быть изготовлен из неметаллического материала, такого как полимерный материал. Сердечник может быть выполнен в виде диска, который может быть установлен на шпиндель инструмента для вращения вокруг оси металлического сердечника, имеющего форму диска. Абразивный ободок окружает сердечник и соединен с ним. Абразивный ободок может содержать абразивные частицы, внедренные в матрицу одним или более связующим. Материал, используемый в абразивном ободке, как правило, более дорогой, чем материал сердечника. По этой причине абразивный ободок имеет меньшую протяженность в радиальном направлении, чем сердечник (т.е. абразивный ободок обычно является меньшей частью шлифовального круга, так как он дороже).

Во время шлифовки, абразивный ободок постепенно изнашивается. Когда он изношен полностью, шлифовальный круг не может больше использоваться.

Известные связующие вещества для абразивных ободков шлифовальных кругов, включают полимерные связующие агенты, такие как, например, бакелит. Также, связующее может представлять собой керамическое связующее. Известно также об использовании металлических связующих веществ из бронзы, которые были произведены путем спекания. В таких операциях спекания металлический порошок, содержащий медь и олово спекают совместно с абразивными частицами, такими как алмазные частицы или зерна борозона. Иногда, может быть добавлено серебро, так что бронза содержит медь (Си), олово (Sn) и серебро (Ag). В прошлом, практический опыт показал, что сплавы Cu/Sn/Ag хорошо проявляют себя в качестве связующих агентов для абразивов и что такие связующие вещества хорошо функционируют в процессе шлифования. Хотя точная причина этого не совсем понятна. Как полагают изобретатели, улучшенная теплопроводность, вызванная добавлением серебра, может объяснить, почему сплавы, содержащие серебро, проявляют себя хорошо как связующие для

абразивных материалов. Тем не менее серебро дорого, другие бронзовые сплавы могут быть использованы для того, чтобы снизить стоимость и настоящее изобретение применимо также к бронзовым сплавам без серебра.

Другие известные сочетания бронзы для этой цели, включают медь/олово/кобальт

<sup>5</sup> (Cu/Sn/Co) и медь/олово/никель (Cu/Sn/Ni). Кроме того, было предложено, чтобы сочетания бронзы для этой цели могли включать медь/олово/титан (Cu/Sn/Ti).

Еще одна известная система включает композиционный материал полимерного связующего и металлического связующего, в котором металлический порошок спекают совместно с полимерным материалом таким образом, что образуется матрица, в которой

<sup>10</sup> полимерное связующее и металлическое связующее (как правило, бронзовый сплав, как описано выше) тесно переплетаются друг с другом на микроскопическом уровне. В таких композиционных материалах, как металлическое связующее, так и полимерный связующий агент формируют цепь. Соответствующие цепи связующих веществ проникают друг в друга. Такая гибридная матрица, которая содержит как металлическое

<sup>15</sup> связующее, так и полимерный связующий агент, раскрыта, например, в патенте США №6063148.

В дополнение к металлическому и полимерному связующим, такие композиционные материалы обычно включают один или несколько наполнителей. Одним из таких наполнителей может быть графит, который используется из-за его смазочных свойств.

<sup>20</sup> Используемые абразивные частицы могут иметь различные свойства. Например, хрупкость алмазов может варьироваться в зависимости от цели использования шлифовального инструмента. Свойства различных алмазов могут быть подобраны для удовлетворения свойств различных связующих (или композиций связующих).

В хорошем шлифовальном инструменте, абразивные частицы должны быть связаны в своей матрице таким образом, чтобы шлифовальные функции инструмента соответствовали желаемым. Предпочтительно, чтобы шлифовальная заточка имела хорошее сопротивление износу, так чтобы она могла использоваться в течение длительного периода. Тем не менее хорошая износостойкость не является единственным желательным свойством и шлифовальный инструмент с наивысшей устойчивостью к износу, не обязательно является лучшим выбором. Другое желательно свойство - низкое энергопотребление (т.е., чтобы мощность, необходимая для привода шлифования, была не слишком высокой) и постоянные или, по крайней мере, предсказуемые эксплуатационные свойства. Если эффект шлифования абразивным ободком изменяется слишком часто в течение долгого времени, это вызывает трудности. Это особенно относится к производительности шлифовального инструмента, изменение которой не поддается прогнозированию.

Степень износа шлифовального инструмента при заданных условиях зависит в большой степени от свойств матрицы, в которую внедрены абразивные частицы. Таким образом, состав матрицы имеет важное значение.

<sup>40</sup> Когда шлифовальный инструмент используется для механической обработки заготовки, острые углы и грани абразивных частиц воздействуют на обрабатываемую деталь. Таким образом, прилагается сила на абразивные частицы, внедренные в матрицу. В ходе шлифования абразивные частицы повреждаются. Постепенно, небольшие кусочки отрываются с абразивных частиц так, что абразивные частицы постепенно истираются.

<sup>45</sup> Когда абразивные частицы в одной области абразивного ободка были полностью изношены, заготовка сталкивается с матрицей напрямую. Матрица, как таковая, менее твердая, чем заготовка, и она быстро изнашивается. В результате свежие абразивные частицы, выходящие на поверхность абразивного ободка, могут начать воздействовать

на обрабатываемую деталь.

Тем не менее, если матрица, которая содержит абразивные частицы, слишком слабая, абразивные частицы могут отрываться от матрицы до их износа. Когда это происходит в части поверхности абразивного ободка, заготовка вступает в прямой контакт с 5 относительно хрупкой матрицей и преждевременно изнашивает матрицу. Когда это происходит, потребляемая мощность падает мгновенно, пока столько матрицы износится, чтобы свежие абразивные частицы вышли на поверхность. В результате, абразивный ободок шлифовального инструмента изнашивается быстрее, чем это произошло в случае, если бы работа шлифовального инструмента была 10 запрограммирована заранее. Следствием этого может быть то, что шлифование не происходит должным образом так, как шлифовальный инструмент установлен в режим, основанном на принятии диаметра инструмента, который теперь неправильный. Эта проблема становится более серьезной, если абразивный ободок изношен на столько, что трудно предсказать. Например, если износ происходит резкими шагами, которые 15 приходят через неравномерные интервалы.

Также желательно, чтобы требуемая мощность для шлифования могла поддерживаться на низком уровне, чтобы потребление энергии в процессе шлифования могло быть сведено к минимуму.

Другим желательным свойством шлифовальных инструментов является высокий 20 коэффициент шлифования. Коэффициент шлифования выражает соотношение между объемом материала, удаленного с помощью шлифовального инструмента с рабочей заготовки, и объемом, потерянным шлифовальным инструментом (износ инструмента). Хороший шлифовальный инструмент имеет высокий коэффициент шлифования.

Таким образом, задачей настоящего изобретения является создание шлифовального 25 инструмента, который имеет хорошую устойчивость к износу. Дальнейшие цели изобретения должны обеспечить инструмент с регулярным и предсказуемым износом, необходимостью малой мощности для высокого коэффициента шлифования. Эти цели достигаются с помощью настоящего изобретения, что будет описано ниже.

## СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Изобретение относится к шлифовальному инструменту. Шлифовальный инструмент 30 специально предназначен для обработки твердых и/или хрупких материалов, таких как карбид вольфрама, но разработанный шлифовальный инструмент также может быть использован для шлифования других материалов. Шлифовальный инструмент включает сердечник и абразивный ободок. Абразивный ободок включает абразивные частицы, 35 внедренные в матрицу. Матрица содержит металлический связующий агент, который является спеченным сплавом бронзы. Металлическое связующее составляет 50%-100% от объема матрицы. В соответствии с изобретением, металлический связующий агент содержит нитрид кремния в количестве, которое составляет 0,02-5,0% от объема металлического связующего агента или в некоторых случаях 0,1-5,0% от объема 40 металлического связующего.

Здесь, матрица может также, как вариант, содержать полимерный связующий агент, который был спечен вместе с металлическим связующим таким образом, что полимерное связующее и металлическое связующее образуют связную цепь.

Здесь, нитрид кремния составляет 0,3-5,0% от объема металлического связующего. 45 Например, он может составлять 0,5-5,0% от объема металлического связующего, 1,0-5,0% от объема металлического связующего агента или 0,5-3,0% от объема, или 0,5-2,0% от объема.

Нитрид кремния может присутствовать в форме зерен со средним размером зерна,

которое предпочтительно менее 10 мкм, но и предпочтительно выше 0,1 мкм. Размер таких частиц может составлять 1250 частиц сетки Тайлера. Таким образом, частицы могут включать частицы размером до 10 мкм, хотя средний размер зерен меньше.

Когда полимерное связующее является частью матрицы, полимерный связующий

5 агент содержит полиимид или выполнен полностью или почти полностью из полиимида.

Матрица может, как вариант, дополнительно включать наполнители, такие как графит. Графит имеет смазочные свойства, которые могут быть желательными в процессе шлифования.

Металлическое связующее вещество предпочтительно является бронзовым сплавом,

10 который содержит медь, олово и серебро.

Абразивными частицами могут быть, например, алмазные частицы или частицы борозона. Как для алмазов, так и борозона, абразивные частицы могут иметь средний размер частиц 4-181 мкм. Во многих вариантах реализуемых изобретений, абразивные

15 частицы могут иметь размер 46-91 мкм. В вариантах осуществления изобретения, абразивные частицы могут иметь покрытие из меди или никеля.

Изобретение также имеет отношение к способу изготовления разрабатываемого шлифовального инструмента. Способ включает спекание абразивных частиц вместе с металлическим порошком. Результат спекания - матрица, в которую внедрены

20 абразивные частицы. Матрица будет, таким образом, содержать металлический

связующий агент. Металлический порошок содержит медь и олово, так что металлический связующий агент будет спеченным сплавом бронзы. В соответствии с изобретением, нитрид кремния в виде порошка добавляется к металлическому порошку перед спеканием и до такой степени, чтобы нитрид кремния составил 0,02-5,0% от объема металлического связующего и предпочтительно - 5,0% от объема металлического

25 связующего.

В вариантах осуществления разрабатываемого способа, металлический порошок может дополнительно содержать серебро.

Когда делается ссылка на относительную долю нитрида кремния в металлическом связующем агенте, следует понимать, что это относится к объемной доле порошка,

30 используемого в производственном процессе. Другими словами, способ изготовления заключается в том, что в порошке, который добавляют до спекания, нитрид кремния будет составлять 0,02-5,0% от объема металлического связующего (нитрид кремния подсчитывается как часть металлического связующего). Предполагается, что частицы карбида кремния сохранят такую же относительную долю от общего объема также

35 после спекания.

Как вариант, полимер добавляют к металлическому порошку перед спеканием предпочтительно в форме полиимидного порошка, так что также образуется полимерное связующее вещество, которое является частью матрицы.

Способ может быть осуществлен следующим образом: порошковый материал для

40 связующих агентов матрицы смешивают с абразивными частицами, чтобы образовать смесь. Затем смесь прессуют в холодном прессе. Уплотненную смесь затем отверждают в промышленной печи при температуре 380-520°C, предпочтительно 400-500°C, в течение 120-150 минут. После этого уплотненная и отверженная смесь помещается в пресс и подвергается воздействию давления 1500-2000 кг/см<sup>2</sup>. Затем давление поддерживается, 45 пока смесь не достигнет температуры ниже 300°C.

В качестве опции, наполнитель добавляют к смеси металлического порошка и абразивных частиц до спекания. Наполнитель может дополнительно содержать графит.

Предпочтительно, чтобы матрица разрабатываемого шлифовального инструмента

была матрицей, которая является композиционным материалом, т.е. матрица, содержащая как металлическое, так и полимерное связующее вещество; решение монтажа кристаллов на плате гибридного усилителя может объединить лучшие свойства металлического связующего с лучшими свойствами полимерных связующих. Если требуется

5 переточка с помощью заточки, шлифовальный инструмент с гибридной матрицей может быть повторно заточен легче, чем матрица из чистого металла. В то же время шлифовальный инструмент с гибридной матрицей имеет более хорошую устойчивость к износу, чем матрицы с использованием только полимерного связующего.

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

10 Фиг. 1. Схематическое изображение шлифовального инструмента.

Фиг. 2. Схематическое представление поперечного сечения абразивных частиц, вкрапленных в абразивный ободок шлифовального инструмента.

Фиг. 3. Схематическое изображение поперечного сечения шлифовального инструмента, который воздействует на заготовку.

15 Фиг. 4. Диаграмма, которая отображает энергопотребление для двух разных шлифовальных инструментов.

Фиг. 5. Схематическое изображение поперечного сечения первого варианта разрабатываемого шлифовального инструмента.

Фиг. 6. Схематическое изображение поперечного сечения второго варианта разрабатываемого шлифовального инструмента.

20 Фиг. 7. Диаграмма, которая показывает износ шлифовального инструмента в зависимости от содержания нитрида кремния.

Фиг. 8. Диаграмма, которая показывает коэффициент шлифования шлифовального инструмента в зависимости от содержания нитрида кремния.

## 25 ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

На фиг. 1 изображен шлифовальный инструмент 1. Шлифовальным инструментом может быть, в частности, шлифовальный круг, который предназначен для обработки твердых и/или хрупких материалов, таких как карбид вольфрама. Такие материалы могут присутствовать в заготовках инструментов, таких как, например, сверла или

30 фрезы и, шлифовальный инструмент 1 настоящего изобретения может быть шлифовальным кругом, который используется для придания формы таким инструментам. Шлифовальный инструмент 1 состоит из сердечника 2 и абразивного ободка 4. Сердечник 2 может быть выполнен из менее дорогого материала, такого как сталь или другой металл. Как вариант, сердечник может быть сделан, например, из

35 полимерного материала. Сердечник может также содержать более одного материала. Например, он может быть сделан частично из металла, такого как сталь или алюминий, и частично быть полимерным материалом. Сердечник 2 может быть выполнен со сквозным отверстием или полостью такой, чтобы шлифовальный инструмент 1 мог быть установлен на шпинделе (не показан) для вращательного движения. На фиг. 2

40 абразивный ободок 4 содержит абразивные частицы 5, внедренные в матрицу 6. Матрица 6, в свою очередь, содержит металлический связующий агент, который представляет собой спеченный бронзовый сплав. Металлическое связующее вещество составляет 50%-100% от объема матрицы 6 и варианты осуществления являются, таким образом, возможными, в которых вся матрица 6 состоит из металлического связующего. Тем не

45 менее матрица 6 обычно содержит, по меньшей мере, некоторые другие компоненты. Например, он может содержать наполнитель, такой как графит, который имеет смазочные свойства. В большинстве вариантов, матрица 6 будет содержать полимерный связующий агент, который может быть образован из полииамида.

Если матрица 6 хорошо удерживает абразивные частицы 5, абразивные частицы 5 будут испускать небольшие фрагменты и будут изнашиваться постепенно. В результате износ абразивных частиц будет относительно медленным, так что диаметр шлифовального инструмента 1 может быть по существу постоянным в течение длительного периода времени. Кроме того, износ абразивного ободка будет идти ровным темпом и питание энергией во время работы не будет сильно изменяться.

Если матрица 6 вместо этого неспособна прочно удерживать абразивные частицы 5, может произойти так, что абразивные частицы открепятся прежде, чем они будут фрагментированы. Как следствие, они будут потеряны до того как их весь абразивный потенциал будет использован. Абразивный инструмент 1 будет изнашиваться быстрее и диаметр шлифовального инструмента (например, шлифовального круга 5) будет уменьшаться быстрее. Меньший диаметр шлифовального инструмента 1 может привести к менее точной механической обработке заготовок.

На фиг. 3 шлифовальный инструмент 1 воздействует на заготовку 7. Заготовка может быть, например, заготовкой, которая должна иметь форму сверла. Шлифовальный инструмент вращается с помощью источника питания, действующего через, например, шпиндель (не показан). Таким образом, абразивный ободок 4 шлифовального инструмента воздействует на обрабатываемую деталь 7, чтобы разрезать/вырезать в обрабатываемой детали канавку. На фиг. 3 заготовка имеет диаметр сердечника в поперечном направлении, который определяется действием шлифовального инструмента 1. Если шлифовальный инструмент 1 изношен так, что его диаметр уменьшается, диаметр сердечника в поперечном направлении будет расти, если износ не компенсируется (например, изменением положения шлифовального инструмента 1 по отношению к заготовке 7). Поэтому очень желательно, чтобы износ поддерживался на низком уровне, и чтобы износ, который имеет место, не приходит резкими непредсказуемыми скачками.

Также можно добавлено, что, когда абразивные частицы 5 должным образом постепенно фрагментируются, это хорошо для обрабатываемости резанием шлифовального инструмента 1, то есть способности шлифовального инструмента повторно заточить себя. Когда абразивные частицы 5 фрагментируются шаг за шагом, износ на матрице 6 может происходить плавно и поверхность абразивного ободка 4 так легко не засоряется. Если абразивные частицы вместо этого отрываются внезапно, прежде чем они были должным образом фрагментированы, это, как правило, приводит к увеличению засорению поверхности; поверхность абразивного ободка 4 может стать в большей степени загрязненной малыми частицами 5 из заготовки 7. Это может потребовать временного удаление шлифовального инструмента 1 из эксплуатации так, чтобы шлифовальный инструмент 1 мог быть повторно заострен. Если абразивные частицы 5 постепенно фрагментированы, риск такого засорения меньше. Когда абразивные частицы полностью изношены, новые абразивные частицы 5 могут выйти на поверхность более плавно, что само по себе способствует повторной заточке шлифовального инструмента (или, скорее, абразивного ободка 4 шлифовального инструмента 1).

Когда абразивные частицы отрываются от абразивного ободка, прежде чем они полностью фрагментировались, это, как правило, проявляется в потребляемой мощности шлифовальным инструментом; сила внезапно падает, а затем начинает расти снова через некоторое время, абразивные частицы удерживаются должным образом матрицей так, что им позволяет фрагментироваться так, как они должны, также это можно увидеть на энергопотреблении. В таком случае, частицы имеют тенденцию оставаться относительно постоянными во времени (следует отметить тем не менее что обычно

всегда есть постепенное увеличение требуемой мощности для работы с первыми заготовками так, чтобы меньше энергии требовалось для самых первых деталей).

Было высказано предположение, в статье Е.Д. Кизикова и П. Кебко («Микродобавки в сплавах системы Cu-Sn-Ti», Институт сверхтвердых материалов Академии наук Украины ССР, Киев, в переводе с «Металловедение и термическая обработка металлов», №1, стр. 50-53, январь 1987), что сплав Cu/Sn /Ti, который должен быть использован в качестве связующего для алмазно-абразивных инструментов, должен быть усилен 0,01% нитрида кремния ( $Si_3N_4$ ). По мнению авторов этой статьи, это дополнение приводит к улучшению предела текучести.

Авторы настоящего изобретения рассмотрели, какие шаги могут быть предприняты для улучшения способности матрицы удерживать абразивные частицы. Не желая быть связанными теорией, изобретатели полагают, что одна из причин, что металлические связующие освобождают абразивные частицы, внедренные в него, может быть по причине того, что дислокации внутри металлического связующего делают слабым металлический связующий агент. Предполагая, что эта теория правильная, авторы сразу предположили, что должно быть возможным улучшить матрицу и усилить ее частицами, блокирующими расположение в металлическом связующем материале. Поэтому авторы настоящего изобретения пробовали различные добавки к металлическому порошку, который был использован для спекания металлического связующего агента. Одной добавкой, которая была опробована, был оксид алюминия, который был добавлен в такой степени, которая соответствует 1,0% от объема металлического связующего. Это привело к некоторому улучшению, но улучшение не было так хорошо, как надеялись изобретатели. Изобретатели также пробовали добавить 0,01% нитрида кремния от объема. Улучшение с этой добавкой было еще меньше, чем улучшение, достигнутое за счет оксида алюминия.

Затем изобретатели снова исследовали, приведет ли увеличенное количество нитрида кремния к лучшим результатам. Это было подтверждено тестами, проведенными авторами изобретения. Когда нитрид кремния был добавлен в количествах, значительно больше 0,01% от объема металлического связующего, было обнаружено, что было получено очень существенное улучшение.

Например, авторы изобретения тестировали составы, в которых металлическое связующее содержалось в количестве 1,0% по объему нитрида кремния ( $Si_3N_4$ ).

Шлифовальный инструмент с этой композицией был, затем, сравнен со стандартным шлифовальным инструментом с использованием гибридной матрицы и который не содержит нитрида кремния ( $Si_3N_4$ ). Шлифовальными инструментами были два шлифовальных круга, в которых абразивный ободок 4 был выполнен в виде кольца, окружающего сердечник 2. В сравнимых условиях, диаметр стандартного инструмента был стерт на 136 мкм, тогда как диаметр шлифовального инструмента с экспериментальным составом был изношен лишь на 58 мкм. Коэффициент шлифования для инструмента с 1,0% нитрида кремния составил 2335. Для сравнения, инструмент, использующий 0,01% по объему нитрида кремния, был стерт на 94 мкм, тогда как инструмент, использующий 1,0% по объему оксида алюминия, был стерт на 84 мкм.

Испытание было проведено с составом, где нитрид кремния составлял 5% от объема металлического связующего. Устойчивость к износу была все еще хорошей, но не такой хорошей, как у шлифовального инструмента с 1,0% по объему нитрида кремния. Кроме того, инструмент с 5,0% нитрида кремния имел более высокий расход энергии. Коэффициент шлифования был хорошим, но не таким хорошим, как в инструментах с

1,0% и 0,1% по объему.

Изобретатели также протестировали шлифовальный круг, который имел форму и состав, похожий на другие тестируемые инструменты, но в котором нитрид кремния составлял 0,1% от объема металлического связующего. Было обнаружено, что при тех же условиях испытания, при которых испытывались другие инструменты, износ инструмента с 0,1% по объему нитрида кремния составлял 62 мкм и коэффициент шлифования был 2084. Хотя результаты были хуже, полученных на примере 1% по объему, это являлось все еще очень существенным улучшением по сравнению со стандартным шлифовальным инструментом.

Изобретатели также испытали шлифовальный круг, который имел 0,02% содержания нитрида кремния от объема металлического связующего, но который в остальной части был похож на другие испытуемые шлифовальные круги. В аналогичных условиях испытаний, шлифовальный круг с 0,02% по объему нитрида кремния имеет износ (уменьшение диаметра) 58 мкм и коэффициент шлифования - 2283. Таким образом, результаты были несколько лучше, чем результаты, полученные от соотношения 0,1% от объема.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что значительно лучшие результаты, получаются в диапазоне 0,02-5,0% по объему нитрида кремния ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ).

Выяснилось, что в этом диапазоне как коэффициент шлифования, так и износостойкость были значительно лучше чем при 0% или 0,01%.

Испытания на устойчивость к износу и коэффициент шлифования были проведены для 0% по объему, 0,01% по объему, 0,02% по объему, 1,0% по объему и 5,0% по объему нитрида кремния.

Испытываемыми инструментами были шлифовальные круги, по существу, типа, показанного на фиг. 5, т.е. шлифовальные инструменты с абразивным ободком 4, который окружает сердечник 2, и где шлифовальный инструмент 1 вращается вокруг оси А в процессе работы. Сопротивление износу в зависимости от содержания нитрида кремния можно видеть на фиг. 7. Износостойкость, как уменьшение диаметра, изображена на фиг. 7. Как видно на фиг. 7, устойчивость к износу значительно увеличилась, когда содержание нитрида кремния было увеличено с 0,01% до 0,02%. Износостойкость по-прежнему высока до содержания нитрида кремния в 5,0% от объема металлического связующего. Тем не менее при 5,0% по объему нитрида кремния, устойчивость к износу была несколько ниже по сравнению с сопротивлением, наблюдаемым при содержании 0,02-1,0%. Изобретатели пришли к выводу, что, следовательно, лучшее сопротивление износу получается в диапазоне от 0,02-5,0% по объему.

Коэффициент шлифования в зависимости от содержания нитрида кремния можно видеть на фиг. 8. Как можно видеть на рисунке, лучшие значения получены при содержании нитрида кремния в диапазоне от 0,02%-5,0%. По фиг. 8 можно также установить, что G-отношение падает в правом направлении на рисунке, хотя коэффициент шлифования при 5,0% по объему по-прежнему хороший.

Таким образом, авторы настоящего изобретения пришли к выводу, что металлический связующий агент может содержать нитрид кремния в количестве, которое составляет 0,02-5,0% от объема металлического связующего. Поскольку энергопотребление было выше при 5,0% по объему, изобретатели пришли к выводу, что значения ниже чем 5,0% будут иметь хорошую износостойкость, но более низкий расход энергии по сравнению с инструментами с содержанием нитрида кремния 5% по объему. Таким образом, предпочтительный диапазон может быть 0,02-3,0% по объему, 0,5-3,0% по объему, 0,5-

2,0% по объему или 1,0%-2,0% от объема металлического связующего.

При 0,1% по объему, расход энергии в целом ниже чем при 0,02% по объему. При 5,0% нитрида кремния по объему потребляемая мощность была выше чем при содержании 0,02%, но потребление энергии при 5,0% по объему было больше особенно, 5 потребляемая мощность была более предсказуемой чем при 0,02% по объему.

Частицы нитрида кремния предпочтительно должны иметь размер до 10 мкм (1250 единиц сетки Тайлера). Для просеянных частиц это, как правило, означает, что средний размер зерен меньше 10 мкм. Средний размер частиц (D50) для частиц нитрида кремния может, поэтому, быть около 2-3 мкм (в зависимости от того, как средний размер частиц 10 измеряется). Удельная площадь поверхности частиц нитрида кремния предпочтительно может быть в пределах 5-6 м<sup>2</sup>/г. Если используемые частицы слишком малы, это может привести к засорению и трудностям во время производства. Кроме того, для придания оптимальной прочности металлическому связующему, авторы полагают, что частицы до 10 мкм предпочтительно должны быть включены.

Обычно матрица 6 должна дополнительно содержать полимерный связующий агент, который был спечен вместе с металлическим связующим веществом так, чтобы полимерное связующее и металлическое связующее образовывали связную цепь (даже если такое полимерное связующее является необязательным). Использование полимерного связующего позволяет усовершенствовать свойства матрицы и 15 адаптировать его к различным видам абразивных частиц. Полимерное связующее может соответственно быть полиимиидом или содержать полиимиид. Причина этого в том, что полиимиид жаропрочный и может выдерживать высокие температуры во время спекания. Если используется полимерное связующее, полимерный связующий агент может присутствовать в количестве до 50% от объема матрицы (т.е. количество 20 полимерного связующего находится в диапазоне 0-50% от объема матрицы). Например, полимерное связующее может присутствовать в количестве 10-40% или 10-30% от объема матрицы.

Возможно, полимерное связующее вещество может быть сформировано некоторым другим полимерным материалом. Например, оно может быть образовано из полиамид-имида, который также способен выдерживать высокие температуры. Тем не менее 30 полиимиид предпочтителен, так как он имеет лучшие шлифовальные свойства, чем полиамид-имиид.

Металлический связующий агент представляет собой предпочтительно бронзовый сплав, который содержит медь, олово и серебро. Серебро улучшает желательные 35 свойства металлического связующего.

Абразивные частицы 5 могут быть либо алмазными частицами, либо частицами борозона. Алмазы - более твердые и имеют лучшие абразивные свойства, но борозон более термостойкий. Кроме того, алмазы могут вступать в химическую реакцию с определенными материалами.

Абразивные частицы 5 могут быть либо алмазными частицами, либо частицами 40 борозона. Частицы могут быть в диапазоне от 4 мкм до 181 мкм. Даже если частицы вне его, в каждом конкретном случае этот диапазон можно рассматривать в зависимости от требований. Во многих практических вариантах, абразивные частицы 5 могли иметь средний размер частиц в пределе от 46 мкм до 91 мкм, который является подходящим 45 для многих операций шлифования.

Абразивные частицы 5, как вариант, могут иметь покрытие из меди или никеля. Покрытие из меди или никеля может улучшить связь между абразивными частицами 5 и матрицей 6. Однако абразивные свойства частиц 5 будут несколько снижены, если

частицы имеют такое покрытие.

Относительная доля абразивных частиц 5 по отношению к связующим и наполнителям в матрице 6 может изменяться в зависимости от требований в каждом отдельном случае. Во многих практических вариантах осуществления, количество абразивных частиц

5 может представлять собой 10-50% от общего объема абразивного ободка (т.е. общего объема абразивных частиц и матрицы). Если относительная доля абразивных частиц выше чем 50%, существует значительная опасность того, что матрица больше не будет в состоянии удерживать абразивные частицы. Если относительная доля абразивных частиц меньше 10%, то эффект шлифования может стать слишком мал. Относительная

10 доля абразивных частиц может предпочтительно быть в диапазоне 15-30% и подходящим значением может быть 25%.

Предпочтительно, нитрид кремния присутствует в форме зерен, имеющих средний размер зерна, который равен или меньше, 10 мкм но выше 0,1 мкм. Например, они могут иметь средний размер в диапазоне 1-10 мкм или 2-9 мкм. Авторы полагают, что

15 частицы нитрида кремния меньше, чем 0,1 мкм могут привести к засорению частиц нитрида кремния, что уменьшает их армирующий эффект.

Частицы нитрида кремния могут иметь три различные кристаллографические структуры, обозначенные как  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  фазы (также известные как тригональная фаза, гексагональная фаза и кубическая фаза). Фазы  $\alpha$  и  $\beta$  являются наиболее

20 распространенными. Фаза  $\gamma$  может быть только синтезирована при высоком давлении и высокой температуре. Любая из этих фаз может быть использована. Предпочтительно, чтобы использовалась фаза  $\alpha$ . Добавленные частицы нитрида кремния также могут быть смесью частиц разных фаз.

На основании фиг. 4 шлифовальный инструмент в соответствии с изобретением сравнивается со стандартным шлифовальным инструментом. Вертикальная ось 25 представляет потребляемую мощность, тогда как горизонтальная ось представляет количество обрабатываемых деталей, которые обрабатывались соответствующим шлифовальным инструментом. На фиг. 4 В5 представляет собой шлифовальный инструмент в соответствии с изобретением. В то время как EZ представляет собой стандартный шлифовальный инструмент. Как можно видеть на фиг. 4, инструмент, представленный как В5, имеет энергопотребление, которое сразу резко возрастает, а затем остается по существу постоянным. Энергопотребление традиционного инструмента, представленного EZ, круто возрастает, а потом вдруг падает, прежде чем оно снова поднимается. Это означает, что абразивные частицы инструмента В5 медленно 30 фрагментируются, в то время как EZ представляет собой шлифовальный инструмент, где абразивные частицы внезапно отрываются. В связи с этим, инструмент будет быстрее изнашиваться.

35 Может быть также добавлено, что В5 представляет собой инструмент как с металлическим, так и с полимерным связующим. Металлическое связующее вещество представляет собой бронзу, которая содержит медь, олово и серебро. Их спекли с использованием металлического порошка, который содержит 45% по объему меди, 45% по объему олова и 10% по объему серебра. В инструменте согласно В5, полимерное связующее представляет собой 1,0% от объема общего количества связующего.

Шлифовальный инструмент на фиг. 1 может иметь поперечное сечение, как показано 40 на фиг. 5. В таком варианте осуществления абразивный ободок 4 расположен радиально вне сердечника 2 таким образом, что ободок 4 полностью окружает сердечник 2.

Испытания, поясненные со ссылкой на фиг. 4, 7, 8, были проведены на таком шлифовальном инструменте. Тем не менее настояще изобретение не ограничено таким

вариантом осуществления. Со ссылкой на фиг. 6, следует понимать, что сердечник 2 может простираться, по крайней мере, столько в радиальном направлении как абразивный ободок 4. На фиг. 6 шлифовальный инструмент имеет абразивный ободок 4, который не превышает размер сердечника 2 в радиальном направлении. Между тем, 5 абразивный ободок 4 имеет протяженность в осевом направлении, которая отличается от оси сердечника 2 (осевое направление является осью вращения А шлифовального инструмента 1, когда он приводится в движение шпинделем, см. фиг. 5 и 6). Следует также понимать, что шлифовальный инструмент 1 не обязательно разработан для вращения. Между тем, он может воздействовать на заготовку возвратно- 10 поступательным движением. В контексте формулы изобретения, под термином, «сердечник», таким образом, следует понимать в широком смысле любую несущую подложку для абразивного ободка. Аналогично, термин «ободок» также следует понимать в широком смысле как любой слой, закрепленный на сердечнике 2 так, что абразивные частицы могут воздействовать на обрабатываемую деталь.

15 К тому же изобретение охватывает способ изготовления разработанного шлифовального инструмента. Способ включает спекание абразивных частиц вместе с металлическим порошком, который содержит медь и олово, так что спекание дает в результате матрицу, в которую внедрены абразивные частицы 5. Матрица содержит металлический связующий агент, который является спеченным сплавом бронзы. В 20 соответствии с изобретением, нитрид кремния в форме порошка добавляется к металлическому порошку перед спеканием в таком количестве, что нитрид кремния составит 0,1-5,0% от объема металлического связующего.

Используемый металлический порошок - это преимущественно металлический порошок с частицами, размер которых меньше 44 мкм, но они предпочтительно должны 25 быть больше, чем частицы нитрида кремния. Предпочтительно они должны быть, по крайней мере, в два раза больше. Пригодный средний размер - 15-44 мкм.

Металлический порошок как вариант может также содержать серебро.

Металлический порошок может прийти в форме предварительно легированных частиц или в виде частиц чистой меди, чистого олова, чистого серебра и т.д.

30 Полимер может быть добавлен к металлическому порошку перед спеканием, предпочтительно в виде порошка полимида, так чтобы образовывалось также полимерное связующее вещество, которое является частью матрицы 6.

Способ спекания может быть осуществлен таким образом, чтобы порошковый материал для связующих матрицы 6 смешивался с абразивными частицами 5. Смесь 35 уплотняют в холодном прессе. После этого уплотнения смесь отверждают в промышленной печи при температуре в 380-520°C, предпочтительно 400-500°C или 440-460°C, в течение 120-150 минут. Необходимое время зависит от размера. В большей пресс-форме, требуется больше времени. После этого (предпочтительно сразу же после этого) уплотненную и отверженную смесь помещают в пресс и подвергают воздействию 40 давления 1500-2000 кг/см<sup>2</sup>. Затем давление поддерживается, пока смесь не достигнет температуры ниже 300°C.

Например, изобретатели сделали шлифовальный инструмент в соответствии с этим способом в процессе, где температура в печи составляла 450°C.

45 Абразивный ободок 4 также может быть изготовлен с помощью искрового плазменного спекания (ИПС). По этой методике, абразивный ободок 4 может быть изготовлен очень быстро.

Ободок с матрицей, содержащей абразивные частицы, могут быть спичены отдельно, а затем закреплены (например, приклевые) на сердечник 2. С другой стороны,

абразивный ободок 5 может быть спечен непосредственно на сердечнике 2 так, что он связывается с сердечником при его образовании. Перед спеканием, сердечник 2 может быть электролитически покрыт медью, по меньшей мере, на одной поверхности сердечника, которая будет пересекаться с абразивным ободком 4. Абразивный ободок 4 может быть затем спечен на поверхности с медным покрытием так, что образуется шов.

Наполнитель может быть дополнительно добавлен к смеси металлического порошка и абразивных частиц 5 до операции спекания. Как объяснялось ранее, наполнитель может содержать графит. Другие возможные материалы могут включать наполнители, например, сферы оксида алюминия.

Предпочтительно бронза, используемая в металлическом связующем материале, выбирается из группы, включающей медь - олово (Cu/Sn), медь - олово - кобальт (Cu/Sn/Co), медь - олово - никель (Cu/Sn/Ni) или медь - олово - серебро (Cu/Sn/Ag). Еще более предпочтительной является бронза с медью - оловом - серебром. Другие сплавы бронзы также могут быть рассмотрены.

Предлагаемый шлифовальный инструмент может быть использован для обработки твердых и/или хрупких материалов. Это не исключает возможность того, что шлифовальный инструмент может быть использован и для других материалов.

В вариантах осуществления изобретения, матрица 6 может также, как вариант, содержать, по меньшей мере, один керамический компонент в форме керамических частиц. Керамическим компонентом может быть, например, фритта, и который содержит  $\text{SiO}_2$ . Керамические частицы для матрицы могут быть фриттой в форме сферических частиц, имеющих размер частиц 50-500 мкм, в зависимости от размера абразивных частиц. Для больших абразивных частиц, будут использованы более крупные керамические частицы. Абразивные частицы могут быть внедрены в керамические частицы, в то время как керамические частицы, внедряются в гибридную матрицу с металлическим и полимерным связующими. Керамические частицы могут удерживаться матрицей сильнее, чем будут удерживаться абразивные частицы. Обрабатываемость резанием абразивного ободка, таким образом, улучшена. Керамический компонент не имеет такую хорошую устойчивость к износу как металлическое связующее. Объединив керамику, металлическое и полимерное связующие, можно объединить лучшие свойства этих связующих веществ.

#### Формула изобретения

1. Шлифовальный инструмент (1), включающий сердечник (2) и абразивный ободок (4), содержащий абразивные частицы (5), внедренные в матрицу (6), содержащую металлический связующий агент, являющийся спеченным бронзовым сплавом и составляющий 50-100 % от объема матрицы, при этом металлический связующий агент содержит нитрид кремния в количестве 0,02-5,00 % от объема металлического связующего, причем нитрид кремния присутствует в форме зерен, которые имеют средний размер меньше 10 мкм и больше 0,1 мкм.

2. Шлифовальный инструмент (1) по п. 1, в котором матрица (6) также содержит полимерный связующий агент, который был спечен вместе с металлическим связующим веществом с образованием связанных полимерного и металлического связующих.

3. Шлифовальный инструмент (1) по п. 1 или 2, в котором нитрид кремния составляет 0,3-5,0 % от объема металлического связующего, предпочтительно 0,5-3,0 % от объема, более предпочтительно 0,5-2,0 % от объема.

4. Шлифовальный инструмент по п. 2, в котором полимерный связующий агент

содержит полиимид.

5. Шлифовальный инструмент по п. 1 или 2, в котором матрица дополнительно содержит наполнитель в виде графита.

6. Шлифовальный инструмент по п. 1, в котором металлическое связующее является

5 бронзовым сплавом, который содержит медь, олово и серебро.

7. Шлифовальный инструмент по п. 1, в котором абразивные частицы (5) являются алмазными частицами или частицами кубического нитрида бора.

8. Шлифовальный инструмент по п. 7, в котором абразивные частицы (5) имеют средний размер частиц в диапазоне 4-181 мкм, предпочтительно в диапазоне от 46-91  
10 мкм.

9. Шлифовальный инструмент по п. 8, в котором абразивные частицы (5) имеют покрытие из меди или никеля.

10. Способ изготовления шлифовального инструмента (1), включающий спекание  
абразивных частиц вместе с металлическим порошком, содержащим медь и олово, с  
15 получением матрицы (6), в которую внедрены абразивные частицы (5), при этом матрица,  
содержащая металлический связующий агент, является сплавом спеченной бронзы,  
причем перед спеканием к металлическому порошку добавляют нитрид кремния в виде  
порошка в таком количестве, что нитрид кремния составит 0,02-5,00 % от объема  
металлического связующего, при этом добавляемый нитрид кремния выполнен в форме  
20 зерен, которые имеют средний размер зерна меньше 10 мкм и больше 0,1 мкм.

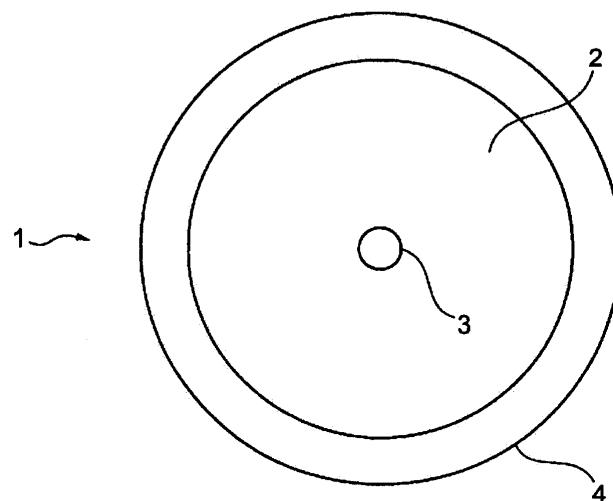
11. Способ по п. 10, в котором металлический порошок дополнительно содержит  
серебро.

12. Способ по п. 10 или 11, в котором полимер добавляют к металлическому порошку  
перед спеканием, предпочтительно в виде порошка полиимида, с образованием  
25 полимерного связующего вещества, которое является частью матрицы (6).

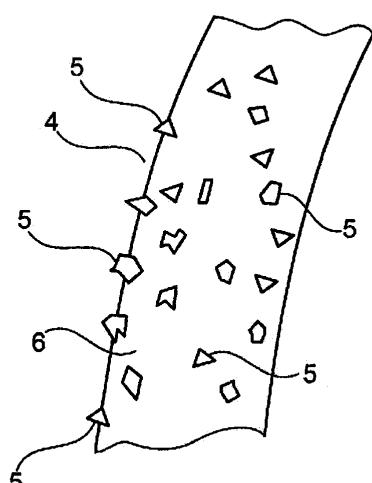
13. Способ по п. 10, в котором осуществляют смешивание порошкового материала  
для связующих веществ матрицы (6) с абразивными частицами (5), уплотнение смеси в  
холодном прессе, отверждение уплотненной смеси в промышленной печи при  
температуре в диапазоне от 380-520°C, предпочтительно 400-500°C, в течение 120-150  
30 минут, после чего уплотненную и отверженную смесь размещают в прессе, подвергают  
ее воздействию давлением 1500-2000 кг/см<sup>2</sup>, котороедерживают до достижения смесью  
температуры ниже 300°C.

14. Способ по п. 10, в котором наполнитель добавляют к смеси металлического  
порошка и абразивных частиц (5) перед спеканием, причем наполнитель содержит  
35 графит.

1/6

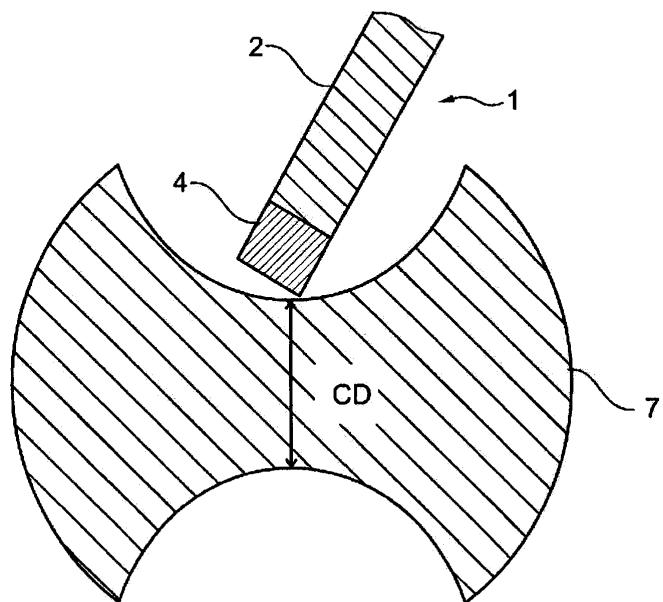


ФИГ. 1



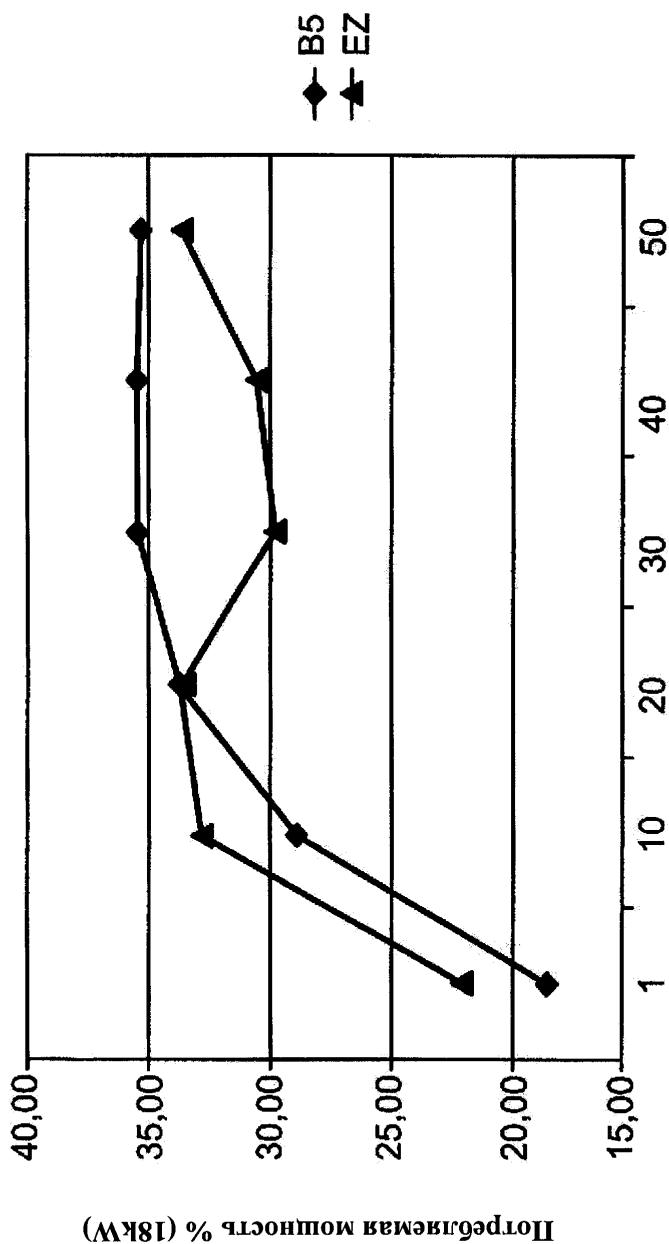
ФИГ. 2

2/6



ФИГ.3

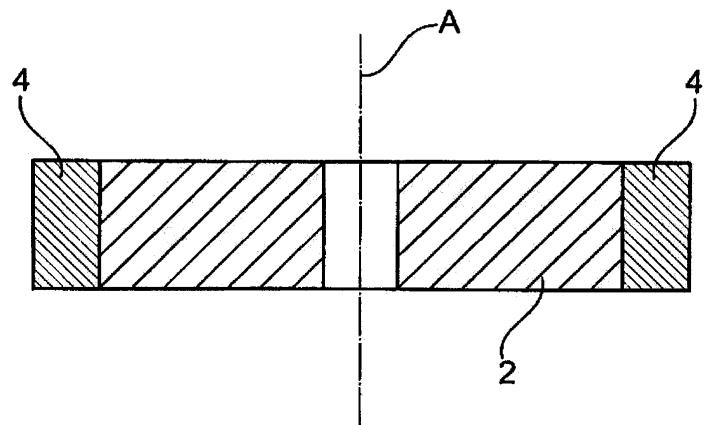
B5 - шлифовальный инструмент в соответствии с изобретением  
 EZ - стандартный шлифовальный инструмент



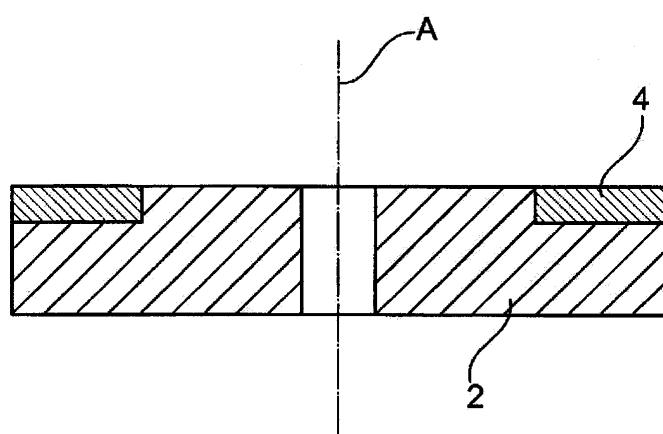
Количество обрабатываемых деталей

ФИГ. 4

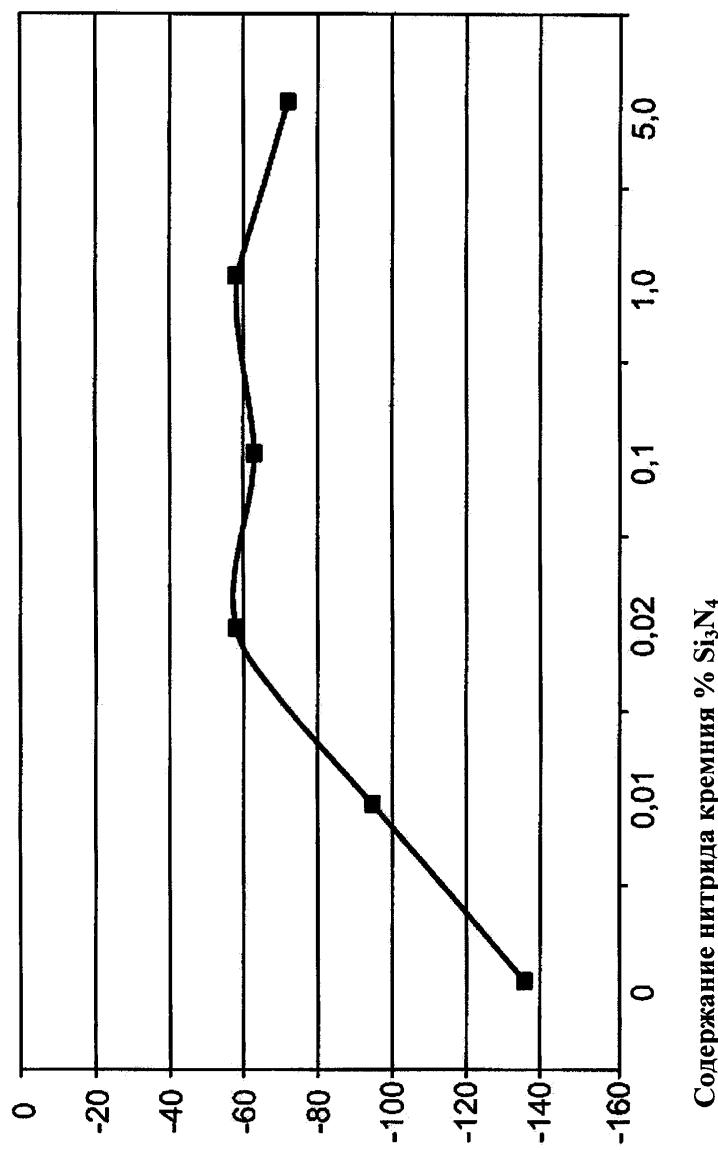
4/6



ФИГ. 5

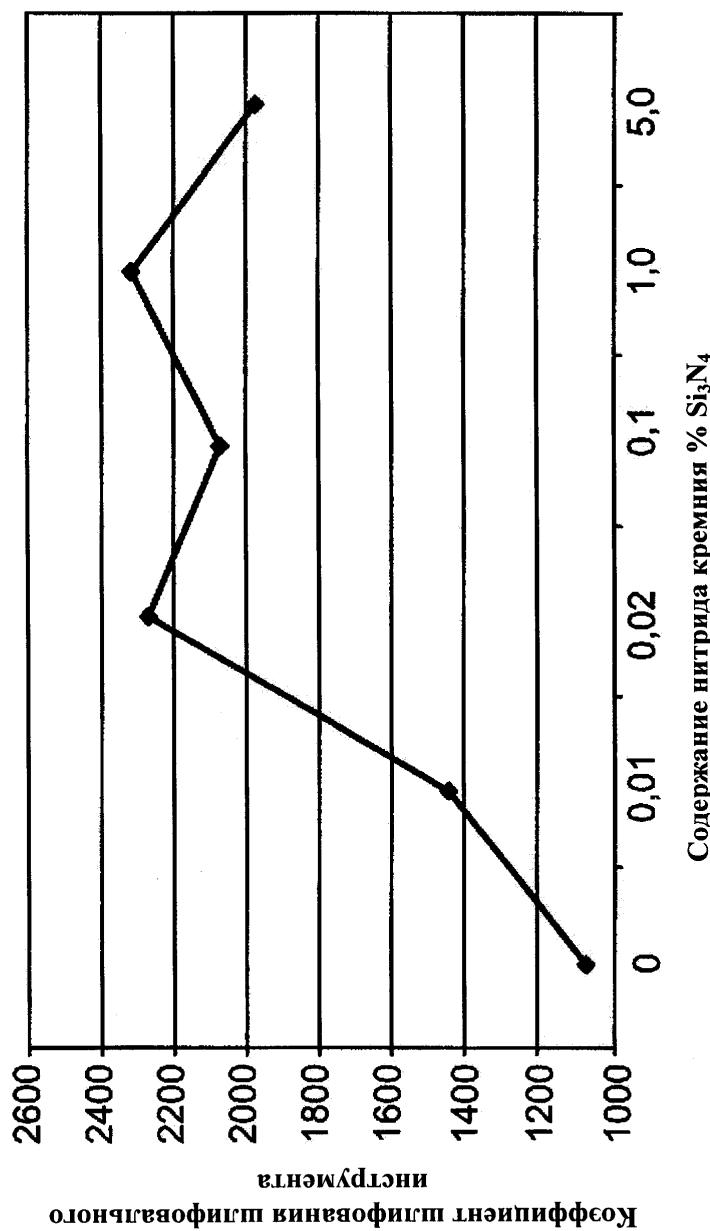


ФИГ. 6



ФИГ. 7

ионное облучение нитрирования [μ m]



ФИГ. 8