

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2005102394/02, 02.06.2003

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
02.06.2003(30) Конвенционный приоритет:
02.08.2002 US 10/211,640

(43) Дата публикации заявки: 27.07.2005

(45) Опубликовано: 27.08.2008 Бюл. № 24

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2000119663 A, 10.06.2002. SU
1673636 A1, 30.08.1991. US 5900272 A,
04.05.1999. JP 58144467 A, 27.08.1983.JP
59028565 A, 15.02.1984.(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу:
02.03.2005(86) Заявка РСТ:
US 03/017378 (02.06.2003)(87) Публикация РСТ:
WO 2004/016821 (26.02.2004)Адрес для переписки:
125009, Москва, Романов пер., 4, стр. 2,
Сквайр, Сандерс энд Демпси (Москва) ЛЛС,
пат.пов. О.М.Безруковой

(72) Автор(ы):

РОЗЕНФЛАНЦ Анатолий З. (US),
СЕЛИККАЙА Ахмет (US),
АНДЕРСОН Томас Дж. (US)

(73) Патентообладатель(и):

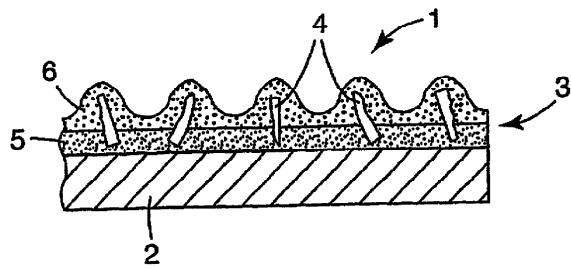
ЗМ Инновейтив Пропертиз Компани (US)

(54) ПЛАЗМЕННОЕ НАПЫЛЕНИЕ

(57) Реферат:

Изобретение относится к плазменному напылению для получения аморфных, керамических, металлических, интерметаллических материалов и сплавов металлов. Для получения керамического материала в плазму вводят частицы для образования расплава, содержащие по меньшей мере 35 вес.% Al_2O_3 от общего веса частиц, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 , а также в совокупности не более 10 вес.% As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 от общего веса частиц. Если оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , является ZrO_2 , то частицы дополнительно содержат оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 . Проводят распыление и охлаждение расплава с получением аморфного материала, содержащего по меньшей мере 35 вес.% Al_2O_3 от общего веса

аморфного материала, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 . Аморфный материал содержит в совокупности не более 10 вес.% As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 от общего веса аморфного материала. Аморфный материал имеет размеры x , y и z во взаимно перпендикулярных направлениях, составляющих по меньшей мере 25 мкм каждый. Если оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , является ZrO_2 , то керамический материал дополнительно содержит оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , по меньшей мере часть которого при охлаждении расплава образует по меньшей мере одну четко выраженную кристаллическую фазу. Получают керамический материал, обладающий необходимыми свойствами, такими как твердость, прочность, плотность. 6 н. и 13 з.п. ф-лы, 6 ил.



ФИГ. 1

RU 2 3 3 2 2 5 2 2 C 2

RU 2 3 3 2 2 5 2 2 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2005102394/02, 02.06.2003**(24) Effective date for property rights: **02.06.2003**(30) Priority:
02.08.2002 US 10/211,640(43) Application published: **27.07.2005**(45) Date of publication: **27.08.2008 Bull. 24**(85) Commencement of national phase: **02.03.2005**(86) PCT application:
US 03/017378 (02.06.2003)(87) PCT publication:
WO 2004/016821 (26.02.2004)

Mail address:
**125009, Moskva, Romanov per., 4, str. 2,
Skvajr, Sanders ehnd Dempfi (Moskva) LLS,
pat.pov. O.M.Bezrukovoj**

(72) Inventor(s):

**ROZENFLANTs Anatolij Z. (US),
SELIKKAJA Akhmet (US),
ANDERSON Tomas Dzh. (US)**

(73) Proprietor(s):

ZM Innovejtiv Propertiz Kompani (US)

(54) **PLASMA SPRAYING**

(57) Abstract:

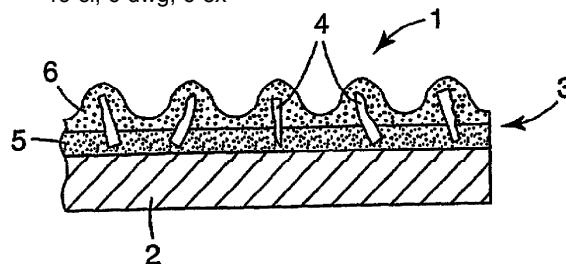
FIELD: metal processing.

SUBSTANCE: invention refers to plasma spraying in production of amorphous, ceramic, intermetallic materials and metal alloys. To produce ceramic material particles for formation of melt are introduced into plasma, the said particles containing at least 35 weight % of Al_2O_3 from the total weight of particles, and metal oxide other than Al_2O_3 , and also, in the aggregate, not more than 10 weight % of As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 and V_2O_5 from the total weight of particles. If metal oxide other than Al_2O_3 , being ZrO_2 , particles additionally contain metal oxide other than Al_2O_3 and ZrO_2 . Melt is sprayed and cooled to produce the amorphous material containing at least 35 weight % of Al_2O_3 from the total weight of the amorphous material and metal oxide other than Al_2O_3 . In the aggregate the amorphous material contains not more than 10 weight % of As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 and V_2O_5 from the total

weight of the amorphous material. The amorphous material has dimensions x, y and z in mutual perpendicular directions constituting at least 25 mcm each. If metal oxide other than Al_2O_3 being ZrO_2 , ceramic material additionally contains metal oxide other than Al_2O_3 and ZrO_2 , at least part of which, at cooling of melt, forms at least one clearly expressed crystal phase.

EFFECT: ceramic material possessing required characteristics such as hardness, strength and density.

19 cl, 6 dwg, 6 ex

**ФИГ. 1**

Область изобретения

В технике и технологии хорошо известно применение плазменного напыления для получения аморфных, керамических, металлических, интерметаллических материалов и сплавов металлов. Плазменное напыление широко используется для изменения свойств

поверхности и (или) получения покрытий, а также для получения объемных материалов.

Плазменное напыление обычно осуществляется путем введения частиц в плазму (обычно при температурах, превышающих 10000°C) для превращения введенных частиц в расплав (расплавленные капельки), который затем вступает в контакт с подложкой для охлаждения расплавленных капелек (обычно при скоростях охлаждения, превышающих 10000°C/сек). При контакте с подложкой расплавленные капельки быстро затвердевают, образуя аморфный, частично кристаллический или кристаллический материал.

Плазменное напыление используется для получения широкого спектра материалов, включающих металлы, сплавы металлов, интерметаллические и керамические материалы. В зависимости, например, от длительности напыления, условий напыления, подложки и напыляемого материала могут получаться различные структуры, варьирующие от тонких, толстых, многослойных и композитных пленок и вплоть до объемных материалов. Более того, свойства осажденных материалов, например состав, плотность, структура, могут плавно или скачкообразно изменяться.

Полученные путем плазменного напыления покрытия и объемные материалы находят разнообразное применение, начиная от микроэлектронных компонентов и кончая крупными техническими конструкциями. Например, полученные путем плазменного напыления покрытия могут применяться в качестве защитных (стойких к истиранию, окислению, коррозионностойких и термостойких) покрытий. Растет использование плазменного напыления для получения объемных материалов.

Среди широкого ассортимента полученных путем плазменного напыления материалов особое место занимает оксидная керамика, что объясняется хорошими свойствами этих материалов, включающими изолирующие свойства и стойкость к истиранию, коррозии и тепловому удару. Наиболее широко используемыми оксидно-керамическими материалами, полученными путем плазменного напыления, являются оксид алюминия, оксид алюминия-титана, стабилизированный оксид циркония и оксид хрома.

Очень высокие скорости охлаждения, обычно связанные с процессом плазменного напыления, способствуют образованию неравновесных, метастабильных или нестехиометрических фаз. Например, полученные путем плазменного напыления оксид алюминия и оксид алюминия-титана обычно образуют метастабильный промежуточный оксид алюминия. Аналогичным образом, плазменно напыленный полностью или частично стабилизированный оксид циркония обычно образует неравновесную тетрагональную фазу.

Другим аспектом является то, что относительно высокие скорости охлаждения, связанные с плазменным напылением, могут вести к образованию керамики с очень мелкими (вплоть до нанокристаллических) кристаллами внутри каждого "набрызга" (т.е. внутри каждой застывшей капельки), образующего плазменно напыленную керамику. Вообще говоря, известно, что керамические материалы с мелкокристаллическими структурами, особенно в сочетании с высокой плотностью (т.е. не менее 70% от теоретической, предпочтительнее по меньшей мере 90, 95, 96, 97, 98, 99 или даже 100%), обладают более хорошими (требуемыми) свойствами в сравнении с более грубыми и (или) менее плотными материалами.

Существуют растущие требования новых материалов для использования для плазменного напыления, а также требования новых материалов, полученных путем плазменного напыления.

Сущность изобретения

С одной стороны, предмет настоящего изобретения является способ получения аморфного материала, способ, включающий:

ввод в плазму частиц для образования расплава, причем указанные частицы содержат по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения

предпочтительнее по меньше мере 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе частиц, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO и комплексные оксиды указанных металлов), где указанные частицы содержат в общей сложности не более чем 10

5 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе частиц, с оговоркой, что если указанным оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , является ZrO_2 , тогда частицы дополнительно содержат оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 ; и напыление и охлаждение расплава с целью получения аморфного
10 материала, причем указанный аморфный материал содержит по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньше мере 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе аморфного материала, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 , и комплексные оксиды указанных металлов, где указанный аморфный материал содержит в
15 общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе аморфного материала, где указанный аморфный материал имеет размерения x, y и z, каждое из которых перпендикулярно каждому другому, и где каждое из размерений x, y и z имеет
20 размер по меньшей мере 1, 5, 10, 25 микрометров (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере в 30 микрометров, 35 микрометров, 40 микрометров, 45 микрометров, 50 микрометров, 75 микрометров, 100 микрометров, 150 микрометров, 200 микрометров, 250 микрометров, 500 микрометров, 1000 микрометров, 2000 микрометров, 2500 микрометров, 1 мм, 5 мм или даже по меньшей
25 мере 10 мм), с оговоркой, что если указанным оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , является ZrO_2 , тогда указанный аморфный материал дополнительно содержит оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , который при кристаллизации указанного аморфного материала образует по меньшей мере одну отдельную кристаллическую фазу. Размерения x, y и z материала определяются, в зависимости от их величины, либо визуально, либо с
30 использованием микроскопии. Указанное размерение z является, к примеру, диаметром сферы, толщиной покрытия или самым длинным размером призмы.

С другой стороны, предметом настоящего изобретения является способ получения стекла, способ, включающий:

ввод в плазму частиц для образования расплава, причем указанные частицы содержат
35 по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньше мере 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе частиц, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO и комплексные оксиды указанных металлов), где указанные частицы содержат в общей сложности не более чем 10
40 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе частиц; и напыление и охлаждение расплава с целью получения стекла, причем указанное стекло содержит по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньше мере 35, 40,
45 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе стекла, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 , и комплексные оксиды указанных металлов), где указанное стекло содержит в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 ,
50 основываясь на общем весе стекла. В некоторых вариантах реализации настоящего изобретения указанное стекло имеет размерения x, y и z, каждое из которых перпендикулярно каждому другому, и где каждое из размерений x, y и z имеет размер по меньшей мере 1, 5, 10, 25 микрометров (в некоторых вариантах реализации настоящего

изобретения предпочтительнее по меньшей мере 30 микрон, 35 микрон, 40 микрон, 45 микрон, 50 микрон, 75 микрон, 100 микрон, 150 микрон, 200 микрон, 250 микрон, 500 микрон, 1000 микрон, 2000 микрон, 2500 микрон, 1 мм, 5 мм или даже по меньшей мере 10 мм).

5 Еще одним предметом настоящего изобретения является способ получения аморфного материала, способ, включающий:

ввод в плазму частиц для образования расплава, причем указанные частицы содержат по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе частиц, первый оксид металла, иной чем Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO , ZrO_2 , TiO_2 , CaO , Cr_2O_3 , MgO , NiO , CuO и комплексные оксиды указанных металлов), и второй, иной оксид металла, отличный от Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO , ZrO_2 , TiO_2 , CaO , Cr_2O_3 , MgO , NiO , CuO и комплексные оксиды указанных металлов), где Al_2O_3 , первый оксид металла и второй оксид металла в общей сложности составляют по меньшей мере 80 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 85, 90, 95, 96, 97, 98, 99 или даже 100) процентов веса частиц, и где указанные частицы содержат в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5,4, 3, 2,1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе частиц, с оговоркой, что если первым или вторым иным оксидом металла является ZrO_2 , тогда частицы дополнительно содержат оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , по меньшей мере часть которого при кристаллизации указанного аморфного материала образует отдельную кристаллическую фазу; и напыление и охлаждение расплава с целью получения аморфного материала, причем указанный аморфный материал содержит по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе аморфного материала, первый оксид металла, иной чем Al_2O_3 и его комплексные оксиды металлов, и второй, иной оксид металла, отличный от Al_2O_3 , и комплексные оксиды металлов, где Al_2O_3 , первый оксид металла и второй оксид металла в общей сложности составляют по меньшей мере 80 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее, по меньшей мере, 85, 90, 95, 96, 97, 98, 99 или даже 100) процентов веса аморфного материала, где указанный аморфный материал содержит в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5,4, 3, 2,1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе аморфного материала, с оговоркой, что если первым или вторым оксидом металла является ZrO_2 , тогда аморфный материал дополнительно содержит оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , по меньшей мере часть которого при кристаллизации указанного аморфного материала образует отдельную кристаллическую фазу, где указанный аморфный материал имеет размерения x , y и z , каждое из которых перпендикулярно каждому другому, и где каждое из размерений x , y и z имеет размер, по меньшей мере, 1, 5, 10, 25 микрон (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере в 30 микрон, 35 микрон, 40 микрон, 45 микрон, 50 микрон, 75 микрон, 100 микрон, 150 микрон, 200 микрон, 250 микрон, 500 микрон, 1000 микрон, 2000 микрон, 2500 микрон, 1 мм, 5 мм или даже по меньшей мере 10 мм).

Еще одним предметом настоящего изобретения является установка для термического напыления капелек оксида металла, состоящая из:

50 плазменного дугового распылителя, используемого для создания плазменной газовой струи в направлении вывода, причем указанная плазменная газовая струя в значительной степени симметрична относительно оси струи, и первого подающего канала, предназначенного для ввода частиц оксида металла в

плазменную газовую струю, причем ось указанного первого подающего канала пересекает ось струи под углом, не превышающим 75 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительно не превышающим 70, 65, 60, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10 или даже не превышающим 5; в интервале от 75 до 60, от 70 до 60 или от 65 до 60) градусов, где первый подающий канал выходит за пределы оси струи в направлении вывода.

Факультативно установка дополнительно содержит второй (третий или более) подающий канал для ввода частиц оксида металла в плазменную газовую струю, причем ось второго (третьего или более) подающего канала может пересекать ось струи под углом, не превышающим 75 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительно не превышающим 70, 65, 60, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10 или даже не превышающим 5; в интервале от 75 до 60, от 70 до 60 или от 65 до 60) градусов, где второй подающий канал выходит за пределы оси струи в направлении вывода. Не вдаваясь в теорию, считается, что использование указанных углов желательным образом изменяет (например, увеличивает) время пребывания или взаимодействия подаваемых частиц в плазме, где время пребывания возрастает с уменьшением угла.

Еще одним предметом настоящего изобретения является установка для термического напыления капелек оксида металла, состоящая из:

плазменного дугового распылителя, используемого для создания плазменной газовой струи в направлении вывода, причем указанная плазменная газовая струя в значительной степени симметрична относительно оси струи, и

первого подающего канала, предназначенного для ввода частиц оксида металла в плазменную газовую струю, причем вектор подачи частиц указанного первого подающего канала пересекает ось струи под углом, не превышающим 75 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительно не превышающим 70, 65, 60, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10 или даже не превышающим 5; в интервале от 75 до 60, от 70 до 60 или от 65 до 60) градусов, где вектор подачи частиц содержит компоненту вектора, имеющую направление, в значительной степени противоположное направлению подачи.

Факультативно установка дополнительно содержит второй (третий или более) подающий канал

для ввода частиц в плазменную газовую струю, причем второй (третий и более) подающий канал может иметь вектор подачи частиц, который пересекает ось струи под углом, не превышающим 75 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительно не превышающим 70, 65, 60, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10 или даже не превышающим 5; в интервале от 75 до 60, не более чем от 70 до 60 или не более чем от 65 до 60) градусов, где вектор подачи частиц второго (третьего и более) подающего канала содержит компоненту вектора, имеющую направление, в значительной степени противоположное направлению подачи, и отличающуюся от компоненты вектора первого подающего канала. Не вдаваясь в теорию, считается, что использование указанных углов желательным образом изменяет (например, увеличивает) время пребывания или взаимодействия подаваемых частиц в плазме, где время пребывания возрастает с уменьшением угла.

Еще одним предметом настоящего изобретения является способ получения аморфного материала, способ, включающий:

создание плазменной газовой струи в направлении вывода, причем указанная плазменная газовая струя в значительной степени симметрична относительно оси струи;

ввода частиц в указанную газовую струю через первый подающий канал с целью получения расплава, причем ось указанного первого подающего канала пересекает ось струи под углом, не превышающим 75 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительно не превышающим 70, 65, 60, 55, 35, 30, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10 или даже не превышающим 5; в интервале от 75 до 60, от 70 до 60 или от

65 до 60) градусов, где первый подающий канал выходит за пределы оси струи в направлении вывода; и

напыления и охлаждения расплава для получения аморфного материала.

Факультативно способ дополнительно включает второй (третий или более) подающий

5 канал для ввода частиц в плазменную газовую струю, причем ось второго (третьего или более) подающего канала может пересекать ось струи под углом, не превышающим 75 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения, предпочтительно, не превышающим 70, 65, 60, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10 или даже не
10 превышающим 5; в интервале от 75 до 60, от 70 до 60 или от 65 до 60) градусов, где второй (третий и более) подающий канал выходит за пределы оси струи в направлении вывода. Не вдаваясь в теорию, считается, что использование указанных углов желательным образом изменяет (например, увеличивает) время пребывания или взаимодействия подаваемых частиц в плазме, где время пребывания возрастает с уменьшением угла.

15 Еще одним предметом настоящего изобретения является способ получения аморфного материала, способ, включающий:

создание плазменной газовой струи в направлении вывода, причем указанная

плазменная газовая струя в значительной степени симметрична относительно оси струи;

ввод частиц в плазменную газовую струю через по меньшей мере первый подающий

20 канал для получения расплава, причем вектор подачи частиц указанного первого подающего канала пересекает ось струи под углом, не превышающим 75 градусов, где вектор подачи частиц содержит компоненту вектора, имеющую направление, в значительной степени противоположное направлению подачи, и

напыление и охлаждение расплава для получения аморфного материала.

25 Факультативно способ дополнительно включает второй (третий или более) подающий канал для ввода частиц в плазменную газовую струю, причем второй (третий или более) подающий канал может иметь вектор подачи частиц, который пересекает ось струи под углом, не превышающим 75 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительно не превышающим 70, 65, 60, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10 или
30 даже не превышающим 5; в интервале от 75 до 60, от 70 до 60 или от 65 до 60) градусов, где вектор подачи частиц второго (третьего и более) подающего канала содержит компоненту вектора, имеющую направление, в значительной степени противоположное направлению подачи, и отличающуюся от компоненты вектора первого подающего канала. Не вдаваясь в теорию, считается, что использование указанных углов
35 желательным образом изменяет (например, увеличивает) время пребывания или взаимодействия подаваемых частиц в плазме, где время пребывания возрастает с уменьшением угла.

Еще одним предметом настоящего изобретения является способ получения аморфного материала, способ, включающий:

40 создание плазменной газовой струи в направлении вывода, причем указанная плазменная газовая струя в значительной степени симметрична относительно оси струи, которая простирается в направлении вывода;

подачу частиц, переносимых транспортирующим газом, в плазменную газовую струю для получения расплава, причем указанный транспортирующий газ содержит по меньшей мере
45 50 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 и даже 100) объемных процентов азота, основываясь на общем объеме транспортирующего газа, а частицы содержат по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов

50 Al_2O_3 , основываясь на общем весе частиц, и оксид металла, иной чем

Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO , ZrO_2 , TiO_2 , CaO , Cr_2O_3 , MgO , NiO , CuO и комплексные оксиды указанных металлов), где указанные частицы содержат не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2,

1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе частиц, с оговоркой, что если указанным оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , является ZrO_2 , тогда частицы дополнительно содержат оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , и

- 5 напыление и охлаждение расплава с целью получения аморфного материала, причем указанный аморфный материал содержит по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 35,40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе аморфного материала, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 , где указанный аморфный материал содержит в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе аморфного материала, где указанный аморфный материал имеет размерения x , y и z , каждое из которых перпендикулярно каждому другому, и где каждое из
- 10 размерений x , y и z имеет размер по меньшей мере 1, 5, 10, 25 микрометров (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере в 30 микрометров, 35 микрометров, 40 микрометров, 45 микрометров, 50 микрометров, 75 микрометров, 100 микрометров, 150 микрометров, 200 микрометров, 250 микрометров, 500 микрометров, 1000 микрометров, 2000 микрометров, 2500 микрометров,
- 20 1 мм, 5 мм или даже по меньшей мере 10 мм), с оговоркой, что если указанным оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , является ZrO_2 , тогда частицы дополнительно содержат оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , который при кристаллизации указанного аморфного материала образует по меньшей мере одну отдельную кристаллическую фазу. Неожиданно оказалось, что при использовании азота для подачи частиц диаметр плазменной струи существенно увеличивается. Большой диаметр плазменной струи сказывается
- 25 положительно, например, тем, что ведет к увеличению времени пребывания подаваемых частиц в плазменной струе, тем самым увеличивая часто желательную передачу тепла частицам, что, в свою очередь, ведет к образованию более полного и однородного расплава и получению более плотного и прочного плазменно напыленного материала.
- 30 Другим предметом настоящего изобретения является способ получения стекла, способ, включающий:

создание плазменной газовой струи в направлении вывода, причем указанная плазменная газовая струя в значительной степени симметрична относительно оси струи;

- подачу частиц, переносимых транспортирующим газом, в плазменную газовую струю для
- 35 получения расплава, причем указанный транспортирующий газ содержит по меньшей мере 50 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее, по меньшей мере, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 и даже 100) объемных процентов азота, основываясь на общем объеме транспортирующего газа, а частицы содержат по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения
- 40 предпочтительнее по меньшей мере 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе частиц, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO , ZrO_2 , TiO_2 , CaO , Cr_2O_3 , MgO , NiO , CuO и комплексные оксиды указанных металлов), где указанные частицы содержат не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2,
- 45 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе частиц, и

- напыление и охлаждение расплава с целью получения стекла, причем указанное стекло содержит по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по
- 50 меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе стекла, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 , где указанное стекло содержит в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 ,

TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе стекла, где указанное стекло имеет размерения x , y и z , каждое из которых перпендикулярно каждому другому, и где каждое из размерений x , y и z имеет размер, по меньшей мере, 1, 5, 10, 25 микрометров (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 30 микрометров, 35 микрометров, 40 микрометров, 45 микрометров, 50 микрометров, 75 микрометров, 100 микрометров, 150 микрометров, 200 микрометров, 250 микрометров, 500 микрометров, 1000 микрометров, 2000 микрометров, 2500 микрометров, 1 мм, 5 мм или даже по меньшей мере 10 мм. Неожиданно оказалось, что при использовании азота для подачи частиц диаметр плазменной струи существенно увеличивается. Большой диаметр плазменной струи сказывается положительно, например, тем, что ведет к увеличению времени пребывания подаваемых частиц в плазменной струе, тем самым увеличивая часто желательную передачу тепла частицам, что, в свою очередь, ведет к образованию более полного и гомогенного расплава и получению более плотного и прочного плазменно напыленного материала.

Еще одним предметом настоящего изобретения является способ получения аморфного материала, способ, включающий:

создание плазменной газовой струи в направлении вывода, причем указанная плазменная газовая струя в значительной степени симметрична относительно оси струи, которая простирается в направлении вывода;

подачу частиц, переносимых транспортирующим газом, в плазменную газовую струю для получения расплава, причем указанный транспортирующий газ содержит по меньшей мере 50 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 и даже 100) объемных процентов азота, основываясь на общем объеме транспортирующего газа, причем указанные частицы содержат по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе частиц, первый оксид металла, иной чем Al_2O_3 , и второй, иной оксид металла, отличный от Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO , ZrO_2 , TiO_2 , CaO , Cr_2O_3 , MgO , NiO , CuO , и комплексные оксиды указанных металлов), где Al_2O_3 , первый оксид металла и второй оксид металла в общей сложности составляют по меньшей мере 80 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 85, 90, 95, 96, 97, 98, 99 или даже 100) процентов веса частиц, и где указанные частицы содержат в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе частиц, с оговоркой, что если первым или вторым иным оксидом металла является ZrO_2 , тогда частицы дополнительно содержат оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , по меньшей мере часть которого при кристаллизации указанного аморфного материала образует отдельную кристаллическую фазу, и

напыление и охлаждение расплава с целью получения аморфного материала, причем указанный аморфный материал содержит по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе аморфного материала, первый оксид металла, иной чем Al_2O_3 , и второй, иной оксид металла, отличный от Al_2O_3 , где Al_2O_3 , первый оксид металла и второй оксид металла в общей сложности составляют по меньшей мере 80 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее, по меньшей мере, 85, 90, 95, 96, 97, 98, 99 или даже 100) процентов веса аморфного материала, где указанный аморфный материал содержит в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе аморфного материала, с оговоркой, что если первым или вторым оксидом металла

является ZrO_2 , тогда аморфный материал дополнительно содержит оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , по меньшей мере часть которого при кристаллизации указанного аморфного материала образует отдельную кристаллическую фазу. Неожиданно оказалось, что при использовании азота для подачи частиц диаметр плазменной струи существенно

увеличивается. Большой диаметр плазменной струи сказывается положительно, например, тем, что ведет к увеличению времени пребывания подаваемых частиц в плазменной струе, тем самым увеличивая часто желательную передачу тепла частицам, что, в свою очередь, ведет к образованию более полного и гомогенного расплава и получению более плотного и прочного плазменно напыленного материала.

Факультативно аморфный материал, полученный согласно способам, являющимся предметом настоящего изобретения, может являться частью керамического материала (т.е. данный способ может использоваться для получения керамики, содержащей аморфный материал). С другой стороны, в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения напыление и охлаждение расплава, полученного способами, являющимися предметом настоящего изобретения, включает напыление расплава на подложку и охлаждение для получения аморфного материала. Другим аспектом в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения напыление и охлаждение расплава, полученного способами, являющимися предметом настоящего изобретения, включает напыление расплава на жидкость для охлаждения расплава и получения частиц, содержащих аморфный материал. Из последнего могут получаться шарики, содержащие аморфный материал (включая 100-процентно аморфные шарики).

Способы согласно предмету настоящего изобретения далее факультативно включают нагревание указанного аморфного материала таким образом, чтобы по крайней мере часть указанного аморфного материала превращалась в стеклокерамику.

В настоящей заявке:

термин "аморфный материал" обозначает материал, полученный из расплава или парообразной фазы, в котором, по данным рентгеноструктурного анализа, отсутствует какая-либо кристаллическая структура дальнего порядка, и (или) по данным ДТА (дифференциального термического анализа) присутствует экзотермический пик, соответствующий кристаллизации аморфного материала (определение способом ДТА описывается в разделе настоящего документа, озаглавленном "Дифференциальный термический анализ");

термин "керамика" включают аморфный материал, стекло, керамику, стеклокерамику и комбинацию вышеперечисленного;

термин "комплексный оксид металла" обозначает оксид металла, состоящий из двух или более металлов и кислорода (например, $CeAl_{11}O_{18}$, $Dy_3Al_5O_{12}$, $MgAl_2O_4$ и $Y_3Al_5O_{12}$);

термин "комплекс Al_2O_3 •оксид металла" означает комплексный оксид металла, содержащий, на теоретической основе оксида, Al_2O_3 и один или более элементов, иных чем Al (например, $CeAl_{11}O_{18}$, $Dy_3Al_5O_{12}$, $MgAl_2O_4$ и $Y_3Al_5O_{12}$);

термин "комплекс Al_2O_3 • Y_2O_3 " означает комплексный оксид металла, содержащий, на теоретической основе оксида, Al_2O_3 и Y_2O_3 (например, $Y_3Al_5O_{12}$);

термин "комплекс Al_2O_3 •REO" означает комплексный оксид металла, содержащий, на теоретической основе оксида, Al_2O_3 и оксид редкоземельного элемента (например, $CeAl_{11}O_{18}$ и $Dy_3Al_5O_{12}$);

термин "стекло" означает аморфный материал, характеризующийся температурой стеклования;

термин "стеклокерамика" означает керамические материалы, содержащие кристаллы, образуемые аморфным материалом при нагревании;

" T_g " обозначает температуру стеклования, определенную способом, описанном в настоящем документе в разделе "Дифференциальный термический анализ";

" T_x " означает температуру кристаллизации, определенную способом, описанном в настоящем документе в разделе "Дифференциальный термический анализ";

термин "оксиды редкоземельных металлов" обозначает оксид церия" (например,

CeO₂), оксид диспрозия (например, Dy₂O₃), оксид эрбия (например, Er₂O₃), оксид европия (например, Eu₂O₃), оксид гадолиния (например, Gd₂O₃), оксид гольмия (например, Ho₂O₃), оксид лантана (например, La₂O₃), оксид лютеция (например, Lu₂O₃), оксид неодима (например, Nd₂O₃), оксид празеодима (например, Pr₆O₁₁), оксид самария (например, Sm₂O₃), оксид тербия (Tb₂O₃), оксид тория (например, Th₄O₇), оксид тулия (например, Tm₂O₃) и оксид иттербия (например, Yb₂O₃), и их сочетания; и

"REO" обозначает оксиды редкоземельных металлов.

Далее, подразумевается, что если не сказано, что оксид металла (например, Al₂O₃, комплекс Al₂O₃•оксид металла и т.д.) является кристаллическим, например, в

стеклокерамике, он может быть аморфным, кристаллическим или частично аморфным и частично кристаллическим. Например, если стеклокерамика содержит Al₂O₃ и ZrO₂, каждый из оксидов Al₂O₃ и ZrO₂ может находиться в аморфном состоянии, кристаллическом состоянии, или частично в аморфном состоянии и частично в кристаллическом состоянии, или даже в виде продукта реакции с другим оксидом металла (оксидами металлов)

(например, если не указано, что, к примеру, Al₂O₃ присутствует в виде кристаллического Al₂O₃ или определенной кристаллической фазы Al₂O₃ (например, альфа-Al₂O₃), он может присутствовать как кристаллический Al₂O₃ и(или) как часть одного или нескольких кристаллических комплексов Al₂O₃•оксиды металлов.

Далее подразумевается, что стеклокерамика, образованная путем нагревания аморфного материала, не обладающего T_g, может фактически не содержать стекла, а скорее может содержать кристаллы и аморфный материал, не обладающий T_g.

Варианты реализации покрытий, приготовленных в соответствии с настоящим изобретением, могут быть пригодны в качестве, например, стойких к истиранию, коррозионно-стойких, не окисляющихся и (или) теплозащитных покрытий. Некоторые варианты реализации покрытий, приготовленных в соответствии с настоящим изобретением, могут быть пригодны в качестве компонентов электрохимических устройств,

(например, электролиты топливных элементов с более высокой ионной проводимостью в сравнении с обычным YSZ (оксид циркония, стабилизированный оксидом иттрия) и (или) электроды).

Объемные материалы, приготовленные в соответствии с настоящим изобретением, могут быть пригодны, например, в качестве конструкционных материалов (например, детали двигателей, пластин режущих инструментов, медицинские имплантаты, хирургические инструменты, подложки и тигли) и арматурных деталей. Примеры изделий, полученных в соответствии с настоящим изобретением, включают кухонные принадлежности (например, тарелки), назубные скобы, армирующие волокна, пластины

режущих инструментов, абразивные материалы и конструкционные компоненты газовых двигателей (например, клапаны и подшипники). Другие примеры включают изделия, имеющие защитное керамическое покрытие на внешней поверхности корпуса или иных подложках. Варианты материалов могут быть пригодны, например, в качестве абразивных частиц. Эти абразивные частицы могут использоваться для изготовления шлифовальных инструментов и материалов или использоваться в свободной форме, например, как абразивная суспензия шлифовальных паст (например, полировальных паст), измельчающие материалы, материалы для дробеструйной (пескоструйной) обработки и материалы для вибрационного измельчения.

Краткое описание чертежей

Фиг.1. Частичный схематический поперечный разрез покрытого абразивного изделия, содержащего частицы, полученные способом, являющимся предметом настоящего изобретения.

Фиг.2. Перспективный вид абразивного изделия, содержащего наклеенные абразивные частицы, полученные способом, являющимся предметом настоящего изобретения.

Фиг.3. Увеличенный схематический вид нетканого абразивного изделия, содержащего наклеенные абразивные частицы, полученные способом, являющимся предметом настоящего изобретения.

Фиг.4. Схема типичного устройства для плазменного напыления для реализации

вариантов настоящего изобретения.

Фиг 5. Полученная на сканирующем электронном микроскопе микрофотография поверхности излома материала, приготовленного в примере 1.

5 Фиг.6. Полученная на сканирующем электронном микроскопе микрофотография поверхности излома материала, приготовленного в примере 3.

Подробное описание

10 На фиг.4 представлена схема типичного, и в некоторых реализациях настоящего изобретения предпочтительного, устройства для термического напыления или плазменного напыления 400, имеющего плазменный распылитель 401. Плазменный распылитель 401, как правило, приспособлен для создания плазменной газовой струи 416, в значительной степени симметричной относительно оси струи 417. Плазменная газовая струя 416 содержит капельки оксида металла 407.

15 Плазменный распылитель 401 состоит из корпуса 403, имеющего расположенное в нем сопло 402. Сопло 402 образует канал сопла 405, предназначенный для направления и фокусировки плазменной газовой струи 416 в направлении вывода 418. Для образования плазменной газовой струи 416 плазменный распылитель 401 оборудован различными электродами. Например, в иллюстрируемом на фиг.4 варианте первый электрод 404 располагается непосредственно на входе в сопло 402 и является катодом (например, подключен к отрицательному выводу источника питания (не показан)). Само сопло 402 20 может образовывать второй электрод 402', являющийся анодом (например, подключен к положительному выводу источника питания). Реальные первый и второй электроды 404 и 402' могут изготавливаться из различных материалов, в примере варианта плазменного распылителя 401 первый электрод изготовлен из вольфрама или вольфрамового сплава, а второй электрод 402' (сопло 402) изготовлен из меди или медного сплава.

25 Компетентные специалисты поймут, что указанная конфигурация электродов является просто примером и что, безусловно, возможны другие конфигурации электродов. Например, полярность и/или материал электродов могут отличаться от описанных выше. Как альтернатива, например, второй электрод 402' может быть отделен от сопла 402. Фактически, без отхода от сферы применения и принципов настоящего изобретения 30 возможна почти любая конфигурация электродов, приводящая к приемлемому плазменному напылению.

Для введения газа дуги 410 в газовую камеру 412 корпуса 403 должен быть предусмотрен канал ввода газа дуги 414. Хотя потенциально подходит почти любой газ, благоприятствующий образованию дуги, предпочитаемые газы дуги включают аргон, гелий, 35 водород, азот и комбинации указанных газов.

В корпусе 403 может иметься один или несколько подающих каналов 420. Как описано далее, подающие каналы 420 могут подавать частицы 430 в плазменную газовую струю 416. Хотя фактическая геометрия подающих каналов 420 может быть различной, в одном из вариантов реализации настоящего изобретения они образованы отверстиями, 40 просверленными до пересечения с каналом сопла 405. В иллюстрируемом варианте реализации настоящего изобретения каждый подающий канал 420 пересекает канал 405 в месте, где канал 405 имеет наименьший диаметр, или вблизи этого места.

Предпочтительно, чтобы каждый из подающих каналов 420 был симметричен относительно оси канала 422. Ось каждого канала 422 может пересекать ось струи 417 45 под углом 424 в 75 градусов или меньшим углом, где один или несколько подающих каналов 420 отклоняются от или выступают за пределы оси струи 417 в направлении вывода 418. В некоторых вариантах реализации настоящего изобретения угол 424 предпочтительно находится в диапазоне от 45 градусов до 75 градусов и еще более предпочтительно в диапазоне от 60 градусов до 75 градусов.

50 Без отхода от сферы применения и принципов настоящего изобретения возможны и другие конфигурации подающих каналов 420. Например, каналы 420 могут иметь другую (нелинейную) форму или могут пересекать канал 495 в точке, смещенной от его оси. Эти и другие конфигурации каналов, безусловно, возможны, если они направляют частицы

внутри канала 420 в плазменную газовую струю 417 вдоль вектора подачи частиц 426, где вектор подачи частиц 426 пересекает ось струи 417 под углом 424 в 75 градусов и меньше, и вектор подачи частиц 426 содержит компоненту вектора 426', имеющую направление, в значительной степени противоположное направлению подачи 418. И снова, в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения угол 424 предпочтительно находится в диапазоне от 45 градусов до 75 градусов и еще более предпочтительно в диапазоне от 60 градусов до 75 градусов.

Хотя здесь используется термин "пересекает", компетентные специалисты поймут, что ось канала 420 не обязательно может быть компланарна с осью струи 417 (например, одна может быть смещена относительно другой). В этих случаях понятно, что "пересекает" указывает угол 424 между двумя этими осями, если переместить эти оси параллельно самим себе до общей точки пересечения.

Подробно описав плазменную газовую струю 401 (плазменный распылитель 401), опишем функционирование распылителя в примере варианта реализации настоящего изобретения.

В камеру 412 вводится газ дуги 410, который ускоряется, проходя через суживающийся канал 405 сопла 402, как описано выше. Когда первый электрод 404 и второй электрод 402' подключаются к соответствующим клеммам источника питания, между первым электродом 404 и соплом 402 создается электрическое поле. Образующаяся плазменная газовая струя 416 выходит из корпуса 403 в направлении вывода 418 вдоль оси струи 417, причем последняя в значительной степени параллельна и коаксиальна оси 406 сопла 402. Для поддержания температуры корпуса 403 на требуемом уровне можно использовать систему охлаждения, обозначенную на фиг.4 стрелками 408.

Для создания необходимого аэрозоля капелек 407 в плазменную газовую струю 416 через подающие каналы 420 вводятся частицы 430. В одном из вариантов реализации настоящего изобретения частицы 430 переносятся транспортирующим газом, который проходит через подающие каналы 420 в направлении канала сопла 405. Хотя предпочтительным транспортирующим газом является азот, могут использоваться и другие газы. Когда частицы оксида металла 430 попадают в плазменную газовую струю 416, по меньшей мере часть из них по меньшей мере частично плавится с образованием требуемых капелек 407. Капельки 407 затем могут охлаждаться и осаждаться на подложке или собираться иным способом.

Благодаря описанной и показанной в настоящем документе ориентации подающих каналов 420 достигается увеличение времени пребывания частиц 430 в плазменной газовой струе 416. Увеличение времени пребывания позволяет получать более быстрые капельки 407 в сравнении с капельками, получаемыми с помощью существующих устройств и способов.

Для вариантов реализации настоящего изобретения, не предъявляющих конкретных требований к составу капелек, могут использоваться разнообразные подаваемые сыпучие материалы, включая аморфные материалы, керамику, металлы и т.д., обычно используемые для плазменного напыления.

Аналогичным образом, для некоторых вариантов реализации настоящего изобретения может подходить любой из различных известных способов плазменного напыления.

В некоторых вариантах реализации настоящего изобретения частицы, подаваемые для осуществления способов, описанных в настоящем изобретении, а также для использования устройства, являющегося предметом настоящего изобретения, могут включать частицы, содержащие по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе частиц, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов), где указанные частицы содержат в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 ,

GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе частиц, с оговоркой, что если указанным оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , является ZrO_2 , тогда частицы дополнительно содержат оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 .

- Варианты аморфного материала, полученного из таких частиц, содержат по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по
- 5 мере 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе аморфного материала, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов), где указанный аморфный материал содержит в общей сложности не
- 10 более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе аморфного материала, где указанный аморфный материал имеет размерения x, y и z, каждое из которых перпендикулярно каждому другому, и где каждое из размерений x, y и z имеет размер по
- 15 меньшей мере 1, 5, 10, 25 микрометров (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере в 30 микрометров, 35 микрометров, 40 микрометров, 45 микрометров, 50 микрометров, 75 микрометров, 100 микрометров, 150 микрометров, 200 микрометров, 250 микрометров, 500 микрометров, 1000 микрометров, 2000 микрометров, 2500 микрометров, 1 мм, 5 мм или даже по меньшей мере 10 мм), с
- 20 оговоркой, что если указанным оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , является ZrO_2 , тогда указанный аморфный материал дополнительно содержит оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , который при кристаллизации указанного аморфного материала образует по меньшей мере одну отдельную кристаллическую фазу. Факультативно, если указанный аморфный материал подвергается термической обработке, настоящее изобретение может позволить
- 25 получать стеклокерамику, содержащую по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе стеклокерамики, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 , где указанная стеклокерамика содержит в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации
- 30 настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе указанной стеклокерамики, где указанная стеклокерамика имеет размерения x, y и z, каждое из которых перпендикулярно каждому другому, и где каждое из размерений x, y и z имеет размер, по меньшей мере, 1, 5, 10, 25 микрометров (в некоторых вариантах
- 35 реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере в 30 микрометров, 35 микрометров, 40 микрометров, 45 микрометров, 50 микрометров, 75 микрометров, 100 микрометров, 150 микрометров, 200 микрометров, 250 микрометров, 500 микрометров, 1000 микрометров, 2000 микрометров, 2500 микрометров, 1 мм, 5 мм или даже по меньшей мере 10 мм).
- 40 В некоторых вариантах реализации настоящего изобретения частицы, подаваемые для осуществления способов, описанных в настоящем изобретении, а также для использования устройства, являющегося предметом настоящего изобретения, могут включать частицы, содержащие по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего
- 45 изобретения предпочтительнее по меньшей мере 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе частиц, первый оксид металла, иной чем Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов), и второй, иной оксид металла, отличный от Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов), где Al_2O_3 , первый оксид металла и второй оксид металла в
- 50 общей сложности составляют по меньшей мере 80 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 85, 90, 95, 96, 97, 98, 99 или даже 100) процентов веса частиц и где указанные частицы содержат в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения

предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе частиц, с оговоркой, что если первым или вторым иным оксидом металла является ZrO_2 , тогда частицы дополнительно содержат оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , по меньшей мере часть которого при

- 5 кристаллизации указанного аморфного материала образует отдельную кристаллическую фазу. Варианты аморфного материала, полученного из таких частиц, содержат по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по
- 10 меньше мере 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе аморфного материала, первый оксид металла, иной чем Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов), и второй, иной оксид металла, отличный от Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов), где Al_2O_3 , первый оксид металла и второй оксид металла в общей сложности составляют по
- 15 меньшей мере 80 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 85, 90, 95, 96, 97, 98, 99 или даже 100) процентов веса аморфного материала, где указанный аморфный материал содержит в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе аморфного материала.
- 20 Факультативно, если указанный аморфный материал подвергается термической обработке, настоящее изобретение может позволить получать керамику, содержащую по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по
- 25 меньше мере 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе стеклокерамики, первый оксид металла, иной чем Al_2O_3 , и второй, иной оксид металла, отличный от Al_2O_3 , где указанная стеклокерамика содержит в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе указанной стеклокерамики.

- 30 Источниками, включая коммерческие источники (на теоретической оксидной основе), Al_2O_3 могут являться боксит (включая как природный, так и синтетический бокситы), обожженный боксит, гидратированные глиноземы (например, бемит и гиббсит), алюминий, глинозем, полученный процессом Байера, алюминиевая руда, гамма-окись алюминия, альфа-окись алюминия, соли алюминия, нитраты алюминия и комбинации указанных
- 35 материалов. Источник Al_2O_3 может содержать, или являться источником, только Al_2O_3 . Альтернативно источник Al_2O_3 может содержать, или являться источником, Al_2O_3 , а также один или более оксидов металлов, иных чем Al_2O_3 (включая материалы, содержащие комплекс Al_2O_3 •оксиды металлов (например, $Du_3Al_5O_{12}$, $Y_3Al_5O_{12}$, $CeAl_{11}O_{18}$ и т.д.)).

- Источниками, включая коммерческие источники, оксидов редкоземельных металлов
- 40 являются порошкообразные оксиды редкоземельных металлов, редкоземельные металлы, руды, содержащие редкоземельные металлы (например, бастнезит и монацит), соли редкоземельных металлов, нитраты редкоземельных металлов и карбонаты редкоземельных металлов. Источник оксида редкоземельного металла (оксидов редкоземельных металлов) может содержать, или являться источником, только оксид
- 45 (оксиды) редкоземельного металла. Альтернативно источник оксида редкоземельного металла (оксидов редкоземельных металлов) может содержать, или являться источником, оксида редкоземельного металла (оксидов редкоземельных металлов), а также один или более оксидов металлов, иных чем оксиды (оксид) редкоземельных металлов (включая материалы, содержащие комплекс оксид редкоземельного металла•другие оксиды
- 50 металлов (например, $Du_3Al_5O_{15}$, $Y_3Al_5O_{12}$, $CeAl_{11}O_{18}$ и т.д.).

Источниками, включая коммерческие источники (на теоретической оксидной основе), Y_2O_3 могут являться порошкообразный оксид иттрия, иттрий, руды, содержащие иттрий, и соли иттрия (например, карбонаты, нитраты, хлориды и гидроксиды иттрия и их

комбинации). Источник Y_2O_3 может содержать, или являться источником, только Y_2O_3 . Альтернативно источник Y_2O_3 может содержать, или являться источником, Y_2O_3 , а также один или более оксидов металлов, иных чем Y_2O_3 (включая материалы, содержащие комплекс Y_2O_3 •оксиды металлов (например, $Y_3Al_5O_{12}$)).

5 Источниками, включая коммерческие источники (на теоретической оксидной основе), ZrO_2 могут являться порошкообразный оксид циркония, цирконовый песок, цирконий, руды, содержащие цирконий, и соли циркония (например, карбонаты, ацетаты, нитраты, хлориды и гидроксиды иттрия и их комбинации). Помимо этого, или альтернативно, источник ZrO_2 может содержать, или являться источником, ZrO_2 , а также другие оксиды металлов, например, HfO_2 . Источниками, включая коммерческие источники (на теоретической оксидной основе), HfO_2 могут являться порошкообразный оксид гафния, гафний, руды, содержащие гафний, и соли гафния. Помимо этого, или альтернативно, источник HfO_2 может содержать, или являться источником, ZrO_2 .

15 Другие пригодные оксиды металлов могут включать, на теоретической оксидной основе, BaO , CaO , Cr_2O_3 , CoO , Fe_2O_3 , GeO_2 , Li_2O , MgO , MnO , NiO , Na_2O , Sc_2O_3 , SrO , TiO_2 , ZnO и их комбинации. Источниками, включая коммерческие источники, являются сами оксиды, комплексные оксиды, руды, карбонаты, ацетаты, нитраты, хлориды, гидроксиды и т.д. Эти оксиды металлов добавляются для модификации физических свойств получаемых абразивных материалов и (или) улучшения технологичности. Эти оксиды металлов обычно добавляются в количествах в диапазоне от 0 до 50% по весу, в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее в диапазоне от 0 до 25% по весу и более предпочтительно в диапазоне от 0 до 50% по весу от веса стеклокерамики, в зависимости, например, от требуемых свойств.

В некоторых вариантах реализации настоящего изобретения может оказаться выгодным, если по меньшей мере часть источника оксида металла (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 или даже 50 процентов по весу) получается путем добавления порошкообразного металлического материала, содержащего по меньшей мере один металл (например, Al, Ca, Cu, Cr, Fe, Li, Mg, Ni, Ag, Ti, Zr и их комбинации), M, который имеет отрицательную энтальпию образования оксида, или их сплав для сплавления или смешивания с другими исходными материалами иным образом. Хотя это и не следует из теории, считается, что тепло, выделяющееся при экзотермической реакции, связанной с окислением такого металла, способствует образованию гомогенного расплава и результирующего аморфного материала. Например, считается, что дополнительное тепло, выделяющееся в результате реакции окисления в исходном материале, устраняет или минимизирует недостаточный теплообмен и тем самым способствует образованию и гомогенности расплава, особенно при образовании аморфных частиц с размерами x, y и z, превышающими 150 микрон. Считается также, что наличие дополнительного тепла способствует доведению до конца различных химических реакций и физических процессов (например, процессов уплотнения и сфероидизации). Далее, считается, что для некоторых вариантов реализации настоящего изобретения наличие дополнительного тепла, выделяющегося при реакции окисления, фактически делает возможным образование расплава, который без этого трудно или невозможно получить из-за высокой температуры плавления материалов. Далее, наличие дополнительного тепла, выделяющегося при реакции окисления, фактически делает возможным образование аморфного материала, который в противном случае мог бы не образовываться, или мог бы не иметь требуемого диапазона размеров. Другим преимуществом настоящего изобретения для образования аморфного материала является то, что многие химические и физические процессы, такие как плавление, уплотнение и сфероидизация, могут происходить за короткое время, поэтому могут достигаться очень высокие скорости охлаждения. Дополнительные подробности смотри в находящейся на рассмотрении заявке, поданной 2 августа 2002 г. и имеющей порядковый номер патентного ведомства США U.S. Serial No. 10/211639.

Частицы, подаваемые для осуществления процесса, являющегося предметом

настоящего изобретения, могут иметь различные размеры, хотя обычно подаваемые частицы имеют средний диаметр менее 100 микрометров, обычно в пределах 20-40 микрометров. Слишком мелкие частицы могут представлять определенные технологические трудности, а слишком крупные частицы могут плавиться не полностью или
5 неравномерно. Подаваемые частицы могут спекаться друг с другом в частицы (т.е. различные исходные материалы спекаются друг с другом в частицы). В качестве подаваемых частиц могут использоваться частицы, полученные, например, путем плазменного напыления или огневого агрегирования. Неожиданно оказалось, что аморфные частицы, полученные путем плазменной сфероидизации или путем огневого
10 агрегирования, являются особенно пригодными подаваемыми частицами, даже если их диаметр превышает 100 микрометров.

Далее, подаваемые частицы могут готовиться путем, например, сухого измельчения исходных материалов для получения частиц требуемого размера и/или для обеспечения равномерности смеси. Для получения подаваемых частиц порошкообразные материалы, в
15 том числе измельченные материалы, могут суспендироваться и высушиваться распылением. Для получения требуемого гранулометрического состава подаваемые частицы могут просеиваться.

Что касается формирования плазмы и плавления подаваемых частиц, могут использоваться различные постоянно-токовые, переменнo-токовые и радиочастотные
20 системы плазменной обработки. Для некоторых вариантов реализации настоящего изобретения предпочтительнее, чтобы система обладала достаточной для полного и равномерного плавления подаваемых частиц мощностью. Плазменные системы, подходящие для реализации настоящего изобретения, обычно имеют мощность около 40 кВт, хотя, в зависимости от производственных требований, могут использоваться менее
25 или более мощные системы.

Газы, используемые для создания плазмы, включают такие применяемые в этой области газы как аргон, гелий, азот, водород и их смеси. Наиболее часто в качестве газа плазмы используется аргон, однако для повышения энтальпии (т.е. теплосодержания) плазмы могут добавляться один или более других газов - гелий, водород или азот.

Подаваемые частицы обычно вводятся в плазму с помощью транспортирующего газа. Газы для ввода подаваемых частиц в плазменную газовую струю включают аргон, гелий, азот и их смеси. Транспортирующий газ может быть таким же, что и газ плазмы (т.е. аргон), или он может обеспечивать второй или третий газ для изменения энергетических характеристик плазмы. Неожиданно оказалось, что если для подачи частиц используется
30 азот, диаметр плазменной струи существенно увеличивается. Большой диаметр плазменной струи оказывает положительное влияние, поскольку это увеличивает время пребывания подаваемых частиц в плазменной струе, тем самым повышая, что часто желательно, передачу тепла частицам, что, в свою очередь, ведет к образованию более полного и гомогенного расплава и повышению плотности и прочности материала,
35 получаемого путем плазменного напыления. Можно также, к примеру, вводить подаваемый материал в плазму вдоль оси плазменной струи в форме порошка или в форме прутка (подаваемый материал формуется в прутки и медленно вводится в плазму по мере плавления конца прутка, а образующиеся при этом капельки распыляются плазменной струей).

В некоторых вариантах реализации настоящего изобретения подаваемые частицы могут вводиться в плазменную струю извне распылителя. Хотя это и не следует из теории, считается, что ввод подаваемых частиц в плазму через отверстие, сделанное в аноде, желательным образом увеличивает время пребывания или взаимодействие частиц в плазме. В другом аспекте, в некоторых случаях, хотя это и не следует из теории,
45 считается, что время пребывания или взаимодействие частиц в плазме может быть изменено в желаемую сторону (т.е. увеличено) путем ориентации отверстия в направлении передней или тыльной стороны распылителя под некоторым углом (например, по меньшей мере 10, 20 или 30 градусов и т.д.).

Другим аспектом настоящего изобретения является то, что плазменная обработка может проводиться в воздухе, в атмосфере газов, при высоком и низком давлении и даже в вакууме.

Расплав из плазмы обычно напыляется на подложку или на жидкость (например, на воду), хотя сама жидкость также может находиться на подложке. Подложка или жидкость способствуют охлаждению расплава. В некоторых случаях требуется нанести покрытие на подложку. В других случаях подложка может служить для охлаждения и сбора материала, который затем удаляется с подложки (например, при получении объемного материала). Понятно, что такая подложка выбирается так, чтобы она обладала достаточной прочностью и могла выдержать нагрев плазмой. Обычно в качестве материала подложки используются металлы и керамика. Что же касается использования жидкости для охлаждения напыленного расплава, результатом обычно является порошок, наиболее часто в форме шариков или бусинок (например, в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения имеющих диаметры в диапазоне от 1 до по меньшей мере 150 микрометров). Хотя для некоторых вариантов реализации настоящего изобретения, в которых оговаривается порошкообразный вид частиц, эти варианты реализации настоящего изобретения ориентированы на аморфные материалы, для тех вариантов, в которых порошкообразный вид частиц не оговаривается, результирующий материал, полученный путем плазменного напыления, может быть аморфным материалом или кристаллическим материалом (включая кристаллы микроразмеров и более крупные).

Неожиданно оказалось, что в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения могут получаться аморфные материалы, имеющие размерения x , y и z , каждое из которых перпендикулярно каждому другому, где каждое из размерений x , y и z имеет размер по меньшей мере 1, 5, 10, 25 микрометров (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере в 30 микрометров, 35 микрометров, 40 микрометров, 45 микрометров, 50 микрометров, 75 микрометров, 100 микрометров, 150 микрометров, 200 микрометров, 250 микрометров, 500 микрометров, 1000 микрометров, 2000 микрометров, 2500 микрометров, 1 мм, 5 мм или даже по меньшей мере 10 мм).

Для определения микроструктуры или фазового состава материала (стеклообразный/аморфный/кристаллический) можно использовать ряд способов. Различная информация может быть получена с помощью, например, оптической микроскопии, электронной микроскопии, дифференциального термического анализа (ДТА) и дифракции рентгеновских лучей (РД).

При использовании оптической микроскопии аморфный материал является, как правило, по большей части прозрачным из-за отсутствия светоотражающих центров, таких как границы кристаллов, а кристаллическая структура кристаллического материала проявляется в виде непрозрачности, вызванной эффектами отражения света.

Процентное содержание аморфного материала может быть рассчитано для бусинок с использованием фракции в -100+120 меш (т.е. фракции, собранной между калибровочным отверстием 150 микрометров и калибровочным ситом 125 микрометров). Измерения проводятся следующим образом. Бусинки распределяются на предметном стекле в один слой. Бусинки рассматриваются в оптический микроскоп. Используя перекрестие окуляра оптического микроскопа как направляющую, бусинки располагаются вдоль прямой линии и затем, на основании их оптической прозрачности, подсчитываются как аморфные или кристаллические. Всего подсчитывается 500 бусинок, и процентное содержание аморфного материала определяется как количество аморфных бусинок, отнесенное к общему количеству подсчитанных бусинок.

При использовании ДТА материал классифицируется как аморфный, если соответствующая запись ДТА для данного материала содержит регистрацию события экзотермической кристаллизации (T_x). Если та же запись содержит регистрацию эндотермического события (T_g) при температуре, более низкой чем T_x , считается, что материал содержит стекловидную фазу. Если запись ДТА для данного материала не содержит регистрации таких событий, считается, что материал содержит кристаллическую

фазу.

Дифференциальный термический анализ (ДТА) может производиться с использованием следующей методики. Анализы могут проводиться (используя прибор, подобный полученному от компании Netzsch Instruments, Selb, Germany, под торговым обозначением "NETZSCH STA 409 DTA/TGA") с использованием фракции крупностью -140+170 меш (т.е. фракции, отобранной между калибровочным отверстием 105 микрометров и калибровочным ситом в 90 микрометров). Каждый просеянный образец (обычно весом около 400 миллиграмм (мг)) помещается в 100-микролитровый держатель пробы из Al_2O_3 . Каждый образец нагревается в статичной воздушной атмосфере от комнатной температуры (примерно 25°C) до 1100°C со скоростью 10°C в минуту.

Используя дифракцию рентгеновских лучей (РД) на порошке (с использованием рентгеновского дифрактометра, подобного полученному под торговым названием "PHILLIPS XRG 3100" от компании Phillips, Mahwah, NJ, в котором используется линия $K_{\alpha 1}$ меди с длиной волны 1.54050 ангстрем), фазы, присутствующие в материале, можно определить путем сравнения пиков, присутствующих в дифрактограммах кристаллизованных материалов, с образцами дифрактограмм, находящихся в базах данных JCPDS (Объединенный комитет по стандартам для порошковой дифрактометрии), опубликованных Международным центром данных дифрактометрии (International Center for Diffraction Data). Более того, РД может быть использована количественно, для определения типов фаз. Присутствие широкого невыраженного пика является показателем аморфной природы материала. Наличие и широкого пика, и четких пиков свидетельствует о наличии кристаллического вещества в аморфной матрице.

Для некоторых вариантов использования материалов, полученных путем плазменного напыления, например, в качестве абразивных частиц и наполнителей, размеры образовавшегося аморфного материала или керамики (включая стекло до кристаллизации), могут превышать требуемые. Указанные аморфный материал или керамика могут быть измельчены с использованием известных технологий дробления и (или) измельчения, включающих валиковое дробление, стержневое измельчение, щековое дробление, бильный помол, шаровой помол, струйный помол, ударное дробление и т.д. В некоторых случаях требуется произвести измельчение в два или большее число приемов. Например, после образования (застывания) керамики размеры частиц могут превышать требуемые. Первая стадия дробления может заключаться в измельчении этих относительно крупных кусков или "глыб" с получением более мелких кусочков. Такое измельчение этих глыб может быть произведено с использованием бильной мельницы, ударной дробилки или щековой дробилки. Полученные более мелкие кусочки могут быть подвергнуты дальнейшему измельчению для получения требуемого гранулометрического состава частиц. Чтобы получить требуемый гранулометрический состав частиц (иногда называемый зернистостью или классификацией по размерам зерен), может потребоваться использовать несколько стадий измельчения. Как правило, условия измельчения оптимизируются так, чтобы получить требуемые форму (формы) и гранулометрический состав частиц. Те частицы, которые не соответствуют требуемому размеру, могут быть повторно измельчены, если они слишком большие, или, если они слишком малы, "утилизированы" и использованы в качестве сырья, например, для плазменного напыления.

Форма керамики (включая стекло до кристаллизации) может зависеть, например, от состава и/или микроструктуры керамики, геометрии ее охлаждения и способа, использованного для ее измельчения (т.е. технологии дробления). Как правило, если требуется "глыбовая" форма, для достижения этой формы может быть приложено больше энергии. Наоборот, если требуется "острая" форма, для достижения этой формы может быть приложено меньше энергии. Для получения различных требуемых форм можно также изменять технологию измельчения. Получаемые частицы могут иметь соотношение геометрических размеров, колеблющееся от 1:1 до 5:1, обычно от 1.25:1 до 3:1 и предпочтительнее от 1.5:1 до 2.5:1.

В рамки настоящего изобретения попадает, например, изготовление керамики (включая

стекло до кристаллизации) путем слияния частиц. Такое слияние, в сущности, приводит к образованию более крупного тела из двух или большего числа более мелких частиц. Например, аморфный материал, состоящий из частиц (полученных, например, путем

5 измельчения) (включая бусинки и микросферы), волокон и т.д., может быть преобразован в материал с частицами большего размера. Например, керамика (включая стекло до кристаллизации), может быть также получена путем нагревания, например, частиц, содержащих аморфный материал, и (или) волокон и т.д. выше T_g так, чтобы частицы

10 слипались с образованием более крупных форм, и охлаждения полученных форм. Температура и давление, используемые для слияния частиц, могут зависеть, например, от состава аморфного материала и требуемой плотности конечного материала. Температура должна быть ниже температуры кристаллизации стекла, а для стекол - выше температуры стеклования. В некоторых вариантах реализации настоящего изобретения нагревание

15 производится по меньшей мере при одной температуре в диапазоне от примерно 850°C до примерно 1100°C (в некоторых вариантах реализации настоящего предпочтительнее от 900°C до 1000°C). Обычно во время выполнения слияния к аморфному материалу прикладывается давление (например, большее нуля и до 1 ГПа или более высокое), чтобы способствовать слиянию частиц аморфного материала. В одной реализации настоящего изобретения порция частиц помещалась в пресс-форму и подвергалась горячему

20 прессованию при температурах, превышающих температуру стеклования, где вязкий поток стекла приводил к слиянию в относительно крупную деталь. Примерами типовых технологий слияния являются горячее прессование, горячее изостатическое прессование и т.п. Обычно, как правило, предпочтительнее охлаждать получившийся укрупненный материал до проведения дальнейшей термической обработки. После термической

25 обработки, если это необходимо, укрупненный материал может измельчаться для получения более мелких частиц или требуемого гранулометрического состава.

В рамки настоящего изобретения попадает также проведение дополнительной термической обработки для дальнейшего улучшения требуемых свойств материала. Например, для устранения остаточной пористости может проводиться горячее

30 изостатическое прессование (например, при температурах от примерно 900°C до примерно 1400°C), повышающее плотность материала. Факультативно полученное укрупненное изделие может подвергаться термической обработке с целью получения стеклокерамики, кристаллокерамики или керамики, иным образом содержащей кристаллокерамику.

Если требуется получить кристаллический или частично кристаллический материал, предпочтительнее подвергнуть аморфный материал термической обработке. Термическая

35 обработка может проводиться любым из множества способов, включая известные способы, применяемые для термической обработки стекла с целью получения стеклокерамики. Например, термическая обработка может проводиться партиями, например, с использованием печей сопротивления, индуктивных или газовых печей. Альтернативно

40 например, термическая обработка может проводиться непрерывно, например, с использованием барабанных печей. В случае использования барабанных печей материал подается непосредственно в печь, нагретую до повышенной температуры. Время нахождения при повышенной температуре может колебаться от нескольких секунд (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения - менее 5 секунд) до нескольких

45 минут и даже нескольких часов. Температура может колебаться в пределах от 900°C до 1600°C, обычно от 1200°C до 1500°C. В рамки настоящего изобретения попадает также выполнение одних видов термической обработки партиями (например, для стадии образования центров кристаллизации), а других - непрерывно (например, для стадии роста кристаллов и для достижения требуемой плотности). Для стадии образования

50 центров кристаллизации температуры обычно колеблются между примерно 900°C и примерно 1100°C, в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее в диапазоне от примерно 925°C до примерно 1050°C. Аналогичным образом, для стадии повышения плотности температуры обычно колеблются между

примерно 1100°C и примерно 1600°C, в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее в диапазоне от примерно 1200°C до примерно 1500°C.

Термическая обработка может производиться, например, путем подачи материала непосредственно в нагретую до высокой температуры печь. Альтернативно, например, материал может подаваться в печь при значительно более низкой температуре (например, при комнатной температуре), а затем нагреваться до требуемой температуры с предварительно заданной скоростью повышения температуры. В рамки настоящего изобретения попадает также проведение термической обработке в атмосфере, иной чем воздух. В некоторых случаях может даже требоваться проведение термической обработки в восстановительной атмосфере (атмосферах). Также, например, может оказаться необходимым проведение термической обработки под давлением газа, как, например, в установке для горячего изостатического прессования или в печи с повышенным давлением газа. В рамки настоящего изобретения попадает также преобразование (например, измельчение) результирующего материала или подвергнутого термической обработке материала для получения частиц (например, абразивных частиц).

Аморфный материал подвергается термической обработке для, по меньшей мере, частичной кристаллизации указанного аморфного материала с целью получения стеклокерамики. Хорошо известно применение термической обработки некоторых стекол для получения стеклокерамики. Для множества стекол известны условия нагревания для образования зародышей и формирования стеклокерамики. Альтернативно компетентный специалист может определить подходящие условия, проведя исследование кривой время - температура - превращение (ТТТ), используя известные методики. Компетентный специалист, прочитав описание настоящего изобретения, должен быть в состоянии получить кривые ТТТ для аморфных материалов, полученных в соответствии с настоящим изобретением, определить соответствующие условия для образования зародышей и/или роста кристаллов с целью получения стеклокерамических абразивных частиц.

Обычно прочность стеклокерамики превышает порочность аморфного материала, из которого она получена. Следовательно, прочность материала можно регулировать, например, контролируя степень, в которой аморфный материал преобразуется в кристаллокерамическую фазу (фазы). Альтернативно или в дополнение, на прочность материала можно также воздействовать, например, контролируя количество созданных центров образования зародышей, что, в свою очередь, можно использовать для воздействия на число и затем на размер кристаллов кристаллической фазы (фаз). Дополнительные подробности относительно получения стеклокерамики, см. например, в монографии Glass-Ceramics, P.W. McMillan, Academic Press, Inc., 2nd edition, 1979.

Например, во время термической обработки некоторых образцов аморфных материалов, полученных согласно способам, описанным в настоящем изобретении, для получения стеклокерамики при температурах, превышающих 900°C, наблюдалось образование таких фаз, как $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$, и, если присутствует ZrO_2 , кубического/тетрагонального ZrO_2 , в некоторых случаях моноклинического ZrO_2 . Хотя это и не следует из теории, считается, что родственные оксиду циркония фазы являются первыми фазами, образующимися в аморфном материале. Считается, что образование фаз Al_2O_3 , ReAlO_3 (где Re является по меньшей мере одним редкоземельным катионом), $\text{ReAl}_{11}\text{O}_{18}$, $\text{Re}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ и т.д. происходит обычно при температурах, превышающих 925°C. Обычно размер кристаллитов во время этой стадии зародышеобразования имеет нанометровый порядок. Например, наблюдались кристаллы, размер которых не превышал 10-15 нанометров. В по меньшей мере некоторых вариантах реализации настоящего изобретения термическая обработка при примерно 1300°C в течение 1 часа приводила к полной кристаллизации. Как правило, время термической обработки для каждой из стадий зародышеобразования и роста кристаллов может колебаться от нескольких секунд (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения даже менее 5 секунд) до нескольких минут и одного и более часов.

Обычно размер результирующих кристаллов можно контролировать, по крайней мере,

частично, с помощью времени и/или температуры зародышеобразования и/или кристаллизации. Хотя, как правило, предпочтительнее иметь мелкие кристаллы (например, с размерами порядка, не превышающего микрометровый или даже не превышающего нанометровый), можно получать стеклокерамику с кристаллами большего размера

5 (например, по меньшей мере 1-10 микрометров, по меньшей мере 10-25 микрометров, по меньшей мере 50-100 микрометров или даже больше 100 микрометров). Хотя это и не следует из теории, обычно считается, что чем меньше размер кристаллов (при одинаковой плотности), тем выше механические характеристики (например, твердость и прочность) керамики.

10 Примеры кристаллических фаз, которые могут присутствовать в вариантах стеклокерамики, включают Al_2O_3 (например, $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$), Y_2O_3 , REO, HfO_2 , ZrO_2 (например, кубический ZrO_2 и тетрагональный ZrO_2), BaO , CaO , Cr_3O_3 , CoO , Fe_2O_3 , GeO_2 , Li_2O , MgO , MnO , NiO , Na_2O , P_2O_5 , Sc_2O_3 , SiO_2 , SrO , TeO_2 , TiO_2 , V_2O_3 , Y_2O_3 , ZnO , "комплексные оксиды металлов" (включающие комплекс Al_2O_3 -оксид металла (например, комплекс Al_2O_3 -REO

15 (например, ReAlO_3 (например, GdAlO_3 , LaAlO_3), $\text{ReAl}_{11}\text{O}_{18}$ (например, $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$) и $\text{Re}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (например, $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$)), комплекс Al_2O_3 - V_2O_3 (например, $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$) и комплекс ZrO_2 -REO (например, $\text{Re}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ (например, $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$))), MgAl_2O_4 , TiAl_3O_5 и их сочетания.

В рамки настоящего изобретения попадает также замещение части катионов иттрия и/или алюминия в комплексе Al_2O_3 -оксид металла (например, комплекс Al_2O_3 - Y_2O_3

20 (например, алюминат иттрия, имеющий кристаллическую структуру граната)) на другие катионы. Например, часть катионов Al в комплексе Al_2O_3 - Y_2O_3 может быть замещена по меньшей мере одним катионом элемента, входящего в группу, состоящую из Cr, Ti, Sc, Fe, Mg, Ca, Si, Co и их сочетаний. Например, часть катионов Y в комплексе Al_2O_3 - Y_2O_3

25 может быть замещена по меньшей мере одним катионом элемента, входящего в группу, состоящую из Ce, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, La, Lu, Nd, Pr, Sm, Th, Tm, Yb, Fe, Ti, Mn, V, Cr, Co, Ni, Cu, Mg, Ca, Sr и их сочетаний. Аналогичным образом в рамки настоящего изобретения попадает также замещение части катионов алюминия в оксиде алюминия. Например, Cr, Ti, Sc, Fe, Mg, Ca, Si и Co могут замещать алюминий в оксиде алюминия. Описанное выше замещение катионов может влиять на свойства (например, твердость,

30 жесткость, прочность, теплопроводность и т.д.) плавленого материала.

В рамки настоящего изобретения попадает также замещение части катионов редкоземельного элемента и/или алюминия в комплексе Al_2O_3 -оксид металла (например, в комплексе Al_2O_3 -REO) другими катионами. Например, часть катионов Al в комплексе

35 Al_2O_3 -REO может быть замещена по меньшей мере одним катионом элемента, входящего в группу, состоящую из Cr, Ti, Sc, Fe, Mg, Ca, Si, Co и их сочетаний. Например, часть катионов Y в комплексе Al_2O_3 -REO оксид металла может быть замещена по меньшей мере одним катионом элемента, входящего в группу, состоящую из Y, Fe, Ti, Mn, V, Cr, Co, Ni, Cu, Mg, Ca, Sr и их сочетаний. Аналогичным образом в рамки настоящего изобретения

40 попадает также замещение части катионов алюминия в оксиде алюминия. Например, Cr, Ti, Sc, Fe, Mg, Ca, Si и Co могут замещать алюминий в оксиде алюминия. Описанное выше замещение катионов может влиять на свойства (например, твердость, жесткость, прочность, теплопроводность и т.д.) плавленого материала.

Средний размер кристаллов может быть определен способом секущих согласно

45 стандарту ASTM E 112-96 "Standard Test Methods for Determining Average Grain Size" (Стандартные способы испытаний для определения размеров зерен). Образец помещается в монтажную смолу (например, полученную под торговым названием "TRANSOPTIC POWDER" от компании Buehler, Lake Bluff, IL), обычно в цилиндр из смолы диаметром примерно 2.5 см и высотой примерно 1.9 см. Смонтированный шлиф готовится с

50 использованием обычных способов подготовки шлифов на шлифовальном станке (например, на полученном от компании Buehler, Lake Bluff, IL, под торговым названием "ECOMET 3"). Образец шлифуется в течение примерно 3 минут на алмазном круге, а затем по 5 минут полируется 45-, 30-, 15-, 9-, 3- и 1-микрометровыми полировальными

пастами. Смонтированный и отполированный образец напыляется тонким слоем золота-палладия и изучается под электронным сканирующим микроскопом (например, JEOL SEM Model JSM 840A). Определение среднего размера кристаллов производится по типичной микрофотографии в отраженных электронах (BSE) микроструктуры образца следующим образом. Подсчитывается число кристаллов на единицу длины (N_L , пересекающихся прямой линией, случайным образом проведенной через микрофотографию. Средний размер кристаллов рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{Средний размер кристаллов} = \frac{1.5}{N_L M},$$

где N_L - число кристаллов, пересекающихся линией, на единицу длины линии, а M - увеличение микрофотографии.

Некоторые варианты стеклокерамики включают стеклокерамику, содержащую альфа-оксид алюминия, имеющий по меньшей мере один из средних размеров кристаллов, не превышающий 150 нанометров.

Некоторые варианты стеклокерамики включают стеклокерамику, содержащую альфа-оксид алюминия, в котором по меньшей мере 75 (в некоторых вариантах предпочтительнее 80, 85, 90, 95 или даже 100) процентов по количеству альфа-оксида алюминия, присутствующего в такой порции, имеют средний размер кристаллов, не превышающий 200 нанометров.

Некоторые варианты стеклокерамики включают стеклокерамику, содержащую альфа- Al_2O_3 , кристаллический ZrO_2 и первый комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$, где по меньшей мере один из альфа- Al_2O_3 , кристаллических ZrO_2 или первых комплексов $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$ имеет средний размер кристаллов, не превышающий 150 нанометров. В некоторых вариантах предпочтительнее указанная стеклокерамика дополнительно содержит второй, иной комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$. В некоторых вариантах предпочтительнее указанная стеклокерамика дополнительно содержит комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$.

Некоторые варианты стеклокерамики включают стеклокерамику, содержащую первый комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$, второй, иной комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$ и кристаллический ZrO_2 , где по меньшей мере один из первых комплексов $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$, вторых комплексов $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$ или кристаллических ZrO_2 имеет по меньшей мере 75 (в некоторых вариантах предпочтительнее 80, 85, 90, 95 или даже 100) процентов кристаллов, размер которых не превышает 200 нанометров. В некоторых вариантах предпочтительнее указанная стеклокерамика дополнительно содержит второй, иной комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$. В некоторых вариантах предпочтительнее указанная стеклокерамика дополнительно содержит комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$.

Некоторые варианты стеклокерамики включают стеклокерамику, содержащую альфа- Al_2O_3 , кристаллический ZrO_2 и первый комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$, где по меньшей мере один из альфа- Al_2O_3 , кристаллических ZrO_2 или первых комплексов $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ имеет средний размер кристаллов, не превышающий 150 нанометров. В некоторых вариантах предпочтительнее указанная стеклокерамика дополнительно содержит второй, иной комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$. В некоторых вариантах предпочтительнее указанная стеклокерамика дополнительно содержит комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$.

Некоторые варианты стеклокерамики включают стеклокерамику, содержащую первый комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$, второй, иной комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ и кристаллический ZrO_2 , где по меньшей мере один из первых комплексов $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$, вторых комплексов $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ или кристаллических ZrO_2 имеет по меньшей мере 75 (в некоторых вариантах предпочтительнее 80, 85, 90, 95 или даже 100) процентов кристаллов, размер которых не превышает 200 нанометров. В некоторых вариантах предпочтительнее указанная стеклокерамика дополнительно содержит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$.

Некоторые варианты стеклокерамики включают стеклокерамику, содержащую первый комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$, второй, иной комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$ и кристаллический ZrO_2 , где по

меньшей мере один из первых комплексов $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$, вторых комплексов $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$ или кристаллических ZrO_2 имеет размер кристаллов, не превышающий 150 нанометров. В некоторых вариантах предпочтительнее указанная стеклокерамика дополнительно содержит второй, иной комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$. В некоторых вариантах, предпочтительнее, указанная стеклокерамика дополнительно содержит комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$.

Некоторые варианты стеклокерамики включают стеклокерамику, содержащую первый комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$, второй, иной комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$ и кристаллический ZrO_2 , где по меньшей мере один из первых комплексов $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$, вторых, иных комплексов $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$ или кристаллических ZrO_2 имеет по меньшей мере 75 (в некоторых вариантах предпочтительнее 80, 85, 90, 95 или даже 100) процентов кристаллов, размер которых не превышает 200 нанометров. В некоторых вариантах предпочтительнее указанная стеклокерамика дополнительно содержит комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$.

Некоторые варианты стеклокерамики включают стеклокерамику, содержащую первый комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$, второй, иной комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ и кристаллический ZrO_2 , где по меньшей мере один из первых комплексов $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$, вторых комплексов $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ или кристаллических ZrO_2 имеет средний размер кристаллов, не превышающий 150 нанометров. В некоторых вариантах предпочтительнее указанная стеклокерамика дополнительно содержит второй, иной комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$. В некоторых вариантах предпочтительнее указанная стеклокерамика дополнительно содержит комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$.

Некоторые варианты стеклокерамики включают стеклокерамику, содержащую первый комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$, второй, иной комплекс $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ и кристаллический ZrO_2 , где по меньшей мере один из первых комплексов $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$, вторых, иных комплексов $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{REO}$ или кристаллических ZrO_2 имеет по меньшей мере 75 (в некоторых вариантах предпочтительнее 80, 85, 90, 95 или даже 100) процентов кристаллов, размер которых не превышает 200 нанометров. В некоторых вариантах предпочтительнее указанная стеклокерамика дополнительно содержит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Y}_2\text{O}_3$.

В некоторых вариантах стеклокерамика, полученная в соответствии с предметом настоящего изобретения, содержит по меньшей мере 75, 80, 85, 90, 95, 97, 98, 99 или даже 100 процентов по объему кристаллитов, где указанные кристаллиты имеют средний размер менее 1 микрометра. В некоторых вариантах стеклокерамика, полученная в соответствии с предметом настоящего изобретения, содержит не более чем по меньшей мере 75, 80, 85, 90, 95, 97, 98, 99 или даже 100 процентов по объему кристаллитов, где указанные кристаллиты имеют средний размер, не превышающий 0.5 микрометра. В некоторых вариантах стеклокерамика, полученная в соответствии с предметом настоящего изобретения, содержит менее чем, по меньшей мере, 75, 80, 85, 90, 95, 97, 98, 99 или даже 100 процентов по объему кристаллитов, где указанные кристаллиты имеют средний размер, не превышающий 0.3 микрометра. В некоторых вариантах указанная стеклокерамика содержит менее чем по меньшей мере 75, 80, 85, 90, 95, 97, 98, 99 или даже 100 процентов по объему кристаллитов, где указанные кристаллиты имеют средний размер, не превышающий 0.15 микрометра.

Кристаллы, образованные путем термической обработки аморфного материала, полученного способами, являющимися предметом настоящего изобретения, с целью получения вариантов стеклокерамики, могут, например, быть равноосными, игольчатыми, столбчатыми или иметь форму уплощенных капель.

Обычно (истинная) плотность, иногда называемая удельной плотностью, аморфного материала и стеклокерамики, полученных способами, являющимися предметом настоящего изобретения, составляет по меньшей мере 70% теоретической плотности. Более желательно, (истинная) плотность керамики, полученной способами, являющимися предметом настоящего изобретения, равняется по меньшей мере 75%, 80%, 85%, 90%, 92%, 95%, 96%, 97%, 98%, 99%, 99.5% или даже 100% теоретической плотности. Абразивные частицы имеют (истинную) плотность по меньшей мере 85%, 90%, 92%, 95%,

96%, 97%, 98%, 99%, 99.5% или даже 100% теоретической плотности.

Средняя твердость материала, являющегося предметом настоящего изобретения, может быть определена следующим образом. Для приготовления шлифов образцы материала монтируются в монтажной смоле (полученной под торговым названием

5 "TRANSOPTIC POWDER" от компании Buehler, Lake Bluff, IL), обычно в цилиндр из смолы диаметром примерно 2.5 см и высотой примерно 1.9 см. Смонтированный шлиф готовится с использованием обычных способов подготовки шлифов на шлифовальном станке (например, на полученном от компании Buehler, Lake Bluff, IL, под торговым названием "ECOMET 3"). Образец шлифуется в течение примерно 3 минут на алмазном круге, а затем
10 по 5 минут полируется 45-, 30-, 15-, 9-, 3- и 1-микрометровыми полировальными пастами. Определение микротвердости проводилось с использованием обычного прибора для определения микротвердости (например, такого как полученный под торговым названием "MTTUTOYO MVK-VL" от компании Mitutoyo Corporation, Токио, Япония), оборудованного индентором Виккерса с вдавливающей нагрузкой 100 грамм. Определения
15 микротвердости проводились в соответствии с инструкциями, приведенными в руководстве ASTM Test Method E384 Test Methods for Microhardness of Materials (Способы испытаний для определения микротвердости материалов) (1991).

В некоторых вариантах средняя твердость стеклокерамики, полученной способами, являющимися предметом настоящего изобретения, составляла по меньшей мере 12, 13,
20 14, 15, 16, 17 или даже по меньшей мере 18 ГПа. Средняя твердость абразивных частиц, полученных способами, являющимися предметом настоящего изобретения, составляла по меньшей мере 15 ГПа, в некоторых вариантах по меньшей мере 16 ГПа, по меньшей мере 17 ГПа или даже по меньшей мере 18 ГПа.

Дополнительные подробности относительно аморфных материалов и стеклокерамики, включая получение, использование и свойства указанных материалов, можно найти в
25 заявках, имеющих порядковые номера патентного ведомства США U.S. Serial Nos. 09/922526, 09/922527 и 09/922530, поданных 2 августа 2001 г., и 10/211598, 10/211630, 10/211639, 10/211034, 10/211044, 10/211620 и 10/211640, поданных 2 августа 2002 г.

Варианты аморфного материала, стеклокерамики и т.д., полученные способами, являющимися предметом настоящего изобретения, могут в некоторых вариантах в
30 соответствии с требованиями содержать композит. Такой композит может содержать, например, порошкообразную фазу (например, частицы оксида металла, частицы борида, частицы карбида, частицы нитрида, частицы алмаза, металлические частицы, частицы стекла и их комбинации), диспергированные в аморфном материале, стеклокерамике и т.д.
35 полученные способами, являющимися предметом настоящего изобретения, или слоистую композитную структуру (например, перепад от стеклокерамики к аморфному материалу, использованному для получения стеклокерамики и (или) слои стеклокерамики различного состава). Для получения композитов, содержащих фазу или порошок, диспергированный в аморфном материале, стеклокерамике и т.д., полученных способами, являющимися
40 предметом настоящего изобретения, подаваемые частицы, имеющие состав, являющийся предметом настоящего изобретения, обычно смешиваются с подаваемыми частицами, которые будут диспергироваться. Частицы или фазы, диспергируемые в аморфных или стеклокерамических композициях, являющихся предметом настоящего изобретения, могут, например, просто иметь иной размер, состав или термическую историю частиц, чем
45 подаваемые частицы матрицы. Слоистые композиты могут быть получены, например, путем изменения состава подаваемых частиц по времени с целью получения слоя, имеющего иной состав по его толщине. В дополнение к этому или альтернативно, например, может быть осажден аморфный слой, на который, после его термической обработки, может быть осажден другой слой того же или отличного состава.

50 В некоторых вариантах может быть образована градиентная структура, в которой разница теплового расширения подложки и покрытия может постепенно изменяться по толщине покрытия таким образом, чтобы уменьшить растрескивание покрытия в соответствии с требованиями.

В рамки настоящего изобретения попадает применение промежуточных (например, металлических или интерметаллических) слоев покрытия между подложкой и аморфным слоем, например, для повышения адгезии или для устранения термической, механической или химической несовместимости между слоями.

5 Ниже приводятся некоторые примеры материалов, которые могут быть получены путем использования способов, являющихся предметом настоящего изобретения. Одним из вариантов является композитный материал, содержащий отдельные кристаллические участки внутри аморфной (непрерывной) матрицы, где указанные кристаллические участки и аморфный материал независимо содержат по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе кристаллических участков и аморфной матрицы соответственно, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов), где каждый из указанных кристаллических участков и аморфная матрица содержат в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе кристаллических участков и аморфной матрицы соответственно, и где указанный композитный материал имеет размерения x, y и z, каждое из которых перпендикулярно 10 каждому другому, и где каждое из размерений x, y и z имеет размер по меньшей мере 150 микрометров (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 200 микрометров, 250 микрометров, 500 микрометров, 1000 микрометров, 2000 микрометров, 2500 микрометров, 1 мм, 5 мм или даже по меньшей мере 10 мм). Указанные размеры x, y и z материала определяются, в зависимости от их 15 величины, либо визуально, либо с помощью микроскопии. Указанный размер z является, к примеру, диаметром сферы, толщиной покрытия или самым длинным размером призмы. В некоторых вариантах межфазная граница между отдельными кристаллическими участками может быть в определенной степени размытой, например, из-за реакции между отдельным кристаллическим участком и аморфной матрицей. В некоторых вариантах указанные 20 отдельные кристаллические участки имеют средний размер кристаллов, не превышающий 200 нанометров.

В некоторых вариантах, например, состав отдельного кристаллического участка и аморфной матрицы может быть одинаковым, а в некоторых вариантах эти составы различаются.

35 В некоторых вариантах оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , для по меньшей мере одного из указанных кристаллических участков или указанной аморфной матрицы является ZrO_2 , где в некоторых предпочтительных вариантах содержание Al_2O_3 в по меньшей мере одном из указанных кристаллических участков или указанной аморфной матрице составляет от примерно 55 до примерно 65 весовых процентов, а содержание ZrO_2 - от примерно 45 до 40 примерно 35 весовых процентов, основываясь на общем содержании Al_2O_3 и ZrO_2 в указанных отдельных кристаллических участках или указанной аморфной матрице, в зависимости от того, к чему это относится.

В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных отдельных кристаллических участков или указанная аморфная матрица дополнительно содержит (например, больше 45 чем 0 и до 50 весовых процентов, основываясь на общем весе по меньшей мере одного из указанных отдельных кристаллических участков или указанного аморфного материала, в зависимости от того, к чему это относится) дополнительный оксид металла (оксиды металлов) (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов). В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных 50 отдельных кристаллических участков или указанная аморфная матрица содержат Al_2O_3 , Y_2O_3 и ZrO_2 . В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных отдельных кристаллических участков или указанная аморфная матрица содержат Al_2O_3 , REO и ZrO_2 .

В некоторых вариантах указанный композитный материал имеет форму слоя. В

некоторых вариантах композитный слой содержит аморфный слой и слой композитного материала. Составы аморфного слоя включают составы, описанные в настоящей заявке.

В некоторых вариантах указанный композитный материал содержит первую область и вторую область, где указанная первая область имеет среднее число отдельных

5 кристаллических участков на 1 мм^3 , где указанная вторая область имеет среднее число отдельных кристаллических участков на 1 мм^3 и где среднее число отдельных кристаллических участков на 1 мм^3 в первой области превышает (в некоторых вариантах по меньшей мере на 25, 50, 75, 100, 150, 200 или даже по меньшей мере на 500

10 процентов по объему) среднее число отдельных кристаллических участков на 1 мм^3 во второй области. Далее, например, в некоторых вариантах указанный композитный материал содержит третью область, расположенную между первой и второй областями, где указанная третья область имеет среднее число отдельных кристаллических участков на 1 мм^3 и где среднее число отдельных кристаллических участков на 1 мм^3 в третьей области

15 больше (в некоторых вариантах по меньшей мере на 25, 50, 75, 100, 150, 200 или даже по меньшей мере на 500 процентов по объему) среднего числа отдельных кристаллических участков на 1 мм^3 во второй области и меньше среднего числа отдельных кристаллических участков на 1 мм^3 в первой области.

Другим примером является композитный материал, содержащий отдельные

20 кристаллические участки внутри аморфной матрицы, где указанные кристаллические участки и аморфная матрица независимо содержат по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе кристаллических участков и аморфной матрицы соответственно, и первый

25 оксид металла, иной чем Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO , ZrO_2 , TiO_2 , CaO , Cr_2O_3 , MgO , NiO , CuO , и комплексные оксиды указанных металлов), и второй, иной оксид металла, отличный от Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO , ZrO_2 , TiO_2 , CaO , Cr_2O_3 , MgO , NiO , CuO , и комплексные оксиды указанных металлов), где Al_2O_3 , первый оксид металла и второй оксид металла в общей сложности составляют по меньшей мере 80 (в некоторых вариантах реализации

30 настоящего изобретения предпочтительнее, по меньшей мере, 85, 90, 95, 96, 97, 98, 99 или даже 100) весовых процентов указанных отдельных кристаллических участков и аморфной матрицы, и где указанные отдельные кристаллические участки и аморфная матрица содержат в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых

35 процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе указанных кристаллических участков и аморфной матрицы, с оговоркой, что если в отдельных кристаллических участках первым или вторым иным оксидом металла, отличным от Al_2O_3 , является ZrO_2 , тогда указанные отдельные кристаллические участки дополнительно содержат оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , по меньшей мере часть

40 которого присутствует в виде отдельной кристаллической фазы, и с оговоркой, что если в аморфной матрице первым или вторым иным оксидом металла, отличным от Al_2O_3 , является ZrO_2 , тогда указанная аморфная матрица дополнительно содержит оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , по меньшей мере часть которого при кристаллизации указанной аморфной матрицы образует отдельную кристаллическую фазу. В некоторых

45 вариантах указанный композитный материал имеет размерения x , y и z , каждое из которых перпендикулярно каждому другому, и где каждое из размерений x , y и z имеет размер по меньшей мере 150 микрометров (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 200 микрометров, 250 микрометров, 500 микрометров, 1000 микрометров, 2000 микрометров, 2500 микрометров, 1 мм, 5 мм или

50 даже по меньшей мере 10 мм). В некоторых вариантах указанные отдельные кристаллические участки имеют средний размер кристаллов, не превышающий 200 нанометров.

В некоторых вариантах, например, состав отдельного кристаллического участка и аморфной матрицы может быть одинаковым, а в некоторых вариантах эти составы

различаются.

В некоторых вариантах оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , для по меньшей мере одного из указанных кристаллических участков или указанной аморфной матрицы является ZrO_2 , где в некоторых предпочтительных вариантах содержание Al_2O_3 в по меньшей мере одном из указанных кристаллических участков или указанной аморфной матрицы составляет от

примерно 55 до примерно 65 весовых процентов, а содержание ZrO_2 - от примерно 45 до примерно 35 весовых процентов, основываясь на общем содержании Al_2O_3 и ZrO_2 в указанных отдельных кристаллических участках или указанной аморфной матрице, в зависимости от того, к чему это относится.

В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных отдельных кристаллических участков или указанная аморфная матрица дополнительно содержит (например, больше чем 0 и до 50 весовых процентов, основываясь на общем весе по меньшей мере одного из указанных отдельных кристаллических участков или указанного аморфного материала, в зависимости от того, к чему это относится) дополнительный оксид металла (оксиды металлов) (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов). В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных отдельных кристаллических участков или указанная аморфная матрица содержат Al_2O_3 , Y_2O_3 и ZrO_2 . В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных отдельных кристаллических участков или указанная аморфная матрица содержат Al_2O_3 , REO и ZrO_2 .

В некоторых вариантах указанный композитный материал имеет форму слоя. В некоторых вариантах композитный слой содержит аморфный слой и слой композитного материала. Составы аморфного слоя включают составы, описанные в настоящей заявке.

В некоторых вариантах указанный композитный материал содержит первую область и вторую область, где указанная первая область имеет среднее число отдельных

кристаллических участков на 1 мм^3 , где указанная вторая область имеет среднее число отдельных кристаллических участков на 1 мм^3 и где среднее число отдельных

кристаллических участков на 1 мм^3 в первой области превышает (в некоторых вариантах по меньшей мере на 25, 50, 75, 100, 150, 200 или даже по меньшей мере на 500

процентов по объему) среднее число отдельных кристаллических участков на 1 мм^3 во второй области. Далее, например, в некоторых вариантах указанный композитный

материал содержит третью область, расположенную между первой и второй областями, где указанная третья область имеет среднее число отдельных кристаллических участков на 1

мм^3 и где среднее число отдельных кристаллических участков на 1 мм^3 в третьей области

больше (в некоторых вариантах по меньшей мере на 25, 50, 75, 100, 150, 200 или даже по меньшей мере на 500 процентов по объему) среднего числа отдельных кристаллических

участков на 1 мм^3 во второй области и меньше среднего числа отдельных кристаллических участков на 1 мм^3 в первой области.

Другим примером является композитная керамика, содержащая отдельные

кристаллические участки внутри стеклокерамической матрицы, где указанные кристаллические участки и стеклокерамическая матрица независимо содержат по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов

Al_2O_3 , основываясь на общем весе кристаллических участков и стеклокерамической

матрицы соответственно, и первый оксид металла, иной чем Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов), где

указанные отдельные кристаллические участки и стеклокерамическая матрица содержат в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов

As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе указанных

кристаллических участков и стеклокерамической матрицы соответственно и где указанный композитный материал имеет размерения x, y и z, каждое из которых перпендикулярно каждому другому, и где каждое из размерений x, y и z имеет размер, по меньшей мере, 150 микрометров (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения

предпочтительнее по меньшей мере 200 микрон, 250 микрон, 500 микрон, 1000 микрон, 2000 микрон, 2500 микрон, 1 мм, 5 мм или даже по меньшей мере 10 мм). В некоторых вариантах по меньшей мере 50, 60, 70, 75, 80, 90 или по меньшей мере даже 95 процентов по объему указанной стеклокерамики составляют

5 кристаллы. В некоторых вариантах указанная стеклокерамика или указанные отдельные кристаллические участки имеют средний размер кристаллов, не превышающий 200 нанометров.

В некоторых вариантах оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , для по меньшей мере одного из указанных кристаллических участков или указанной стеклокерамики является ZrO_2 , где
10 в некоторых предпочтительных вариантах содержание Al_2O_3 в по меньшей мере одном из указанных кристаллических участков или указанной стеклокерамике составляет от примерно 55 до примерно 65 весовых процентов, а содержание ZrO_2 - от примерно 45 до примерно 35 весовых процентов, основываясь на общем содержании Al_2O_3 и ZrO_2 в указанных отдельных кристаллических участках или указанной стеклокерамике, в
15 зависимости от того, к чему это относится.

В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных отдельных кристаллических участков или указанная стеклокерамика дополнительно содержит (например, больше чем 0 и до 50 весовых процентов, основываясь на общем весе по меньшей мере одного из указанных отдельных кристаллических участков или указанной стеклокерамики, в
20 зависимости от того, к чему это относится) дополнительный оксид металла (оксиды металлов) (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов). В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных отдельных кристаллических участков или указанная стеклокерамика содержит Al_2O_3 , Y_2O_3 и ZrO_2 . В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных отдельных
25 кристаллических участков или указанная стеклокерамика содержит Al_2O_3 , REO и ZrO_2 .

В некоторых вариантах указанная композитная керамика имеет форму слоя. В некоторых вариантах композитный слой содержит аморфный слой и слой композитной керамики. Составы аморфного слоя включают составы, описанные в настоящей заявке.

Другим примером является композитная керамика, содержащая отдельные
30 кристаллические участки внутри стеклокерамической матрицы, где указанные кристаллические участки и стеклокерамическая матрица независимо содержат по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе кристаллических участков и стеклокерамической
35 матрицы, первый оксид металла, иной чем Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов), и второй, иной оксид металла, отличный от Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов), где Al_2O_3 , первый оксид металла и второй оксид металла в общей сложности составляют по меньшей мере 80 (в некоторых вариантах
40 реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 85, 90, 95, 96, 97, 98, 99 или даже 100) весовых процентов указанных отдельных кристаллических участков и стеклокерамической матрицы, и где указанные отдельные кристаллические участки и стеклокерамическая матрица содержат в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем
45 5, 4, 3, 2,1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе указанных кристаллических участков и стеклокерамической матрицы, с оговоркой, что если в отдельных кристаллических участках первым или вторым иным оксидом металла, отличным от Al_2O_3 , является ZrO_2 , тогда указанные отдельные кристаллические участки дополнительно содержат оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 ,
50 по меньшей мере часть которого присутствует в виде отдельной кристаллической фазы, и с оговоркой, что если в стеклокерамической матрице первым или вторым иным оксидом металла, отличным от Al_2O_3 , является ZrO_2 , тогда указанная стеклокерамическая матрица дополнительно содержит оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , по меньшей мере часть

которого при кристаллизации аморфной матрицы образует отдельную кристаллическую фазу. В некоторых вариантах указанная композитная керамика имеет размерения x , y и z , каждое из которых перпендикулярно каждому другому, и где каждое из размерений x , y и z имеет размер по меньшей мере 150 микрометров (в некоторых вариантах реализации

5 настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 200 микрометров, 250 микрометров, 500 микрометров, 1000 микрометров, 2000 микрометров, 2500 микрометров, 1 мм, 5 мм или даже по меньшей мере 10 мм). В некоторых вариантах по меньшей мере 50, 60, 70, 75, 80, 90 или по меньшей мере даже 95 процентов по объему указанной стеклокерамики составляют кристаллы. В некоторых вариантах указанные отдельные

10 кристаллические участки имеют средний размер кристаллов, не превышающий 200 нанометров.

В некоторых вариантах оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , для по меньшей мере одного из указанных кристаллических участков или указанной стеклокерамики является ZrO_2 , где в некоторых предпочтительных вариантах содержание Al_2O_3 в по меньшей мере одном из

15 указанных кристаллических участков или указанной стеклокерамике составляет от примерно 55 до примерно 65 весовых процентов, а содержание ZrO_2 - от примерно 45 до примерно 35 весовых процентов, основываясь на общем содержании Al_2O_3 и ZrO_2 в указанных отдельных кристаллических участках или указанной стеклокерамике, в зависимости от того, к чему это относится.

В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных отдельных кристаллических участков или указанная стеклокерамика дополнительно содержит (например, больше чем 0 и до 50 весовых процентов, основываясь на общем весе по меньшей мере одного из

25 указанных отдельных кристаллических участков или указанной стеклокерамики, в зависимости от того, к чему это относится) дополнительный оксид металла (оксиды металлов) (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов). В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных отдельных кристаллических участков или указанная стеклокерамика содержит Al_2O_3 , Y_2O_3 и ZrO_2 . В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных отдельных кристаллических участков или указанная стеклокерамика содержит Al_2O_3 , REO и ZrO_2 .

В некоторых вариантах указанная композитная керамика имеет форму слоя. В некоторых вариантах композитный слой содержит аморфный слой и слой композитной керамики. Составы аморфного слоя включают составы, описанные в настоящей заявке.

Другим примером реализации настоящего изобретения является стеклокерамический слой, имеющий первую и вторую противоположащие поверхности, первый керамический

35 композитный участок, содержащий по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе первого композитного керамического участка, и первый оксид металла, иной чем Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды

40 указанных металлов), где первый керамический композитный участок содержит в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе указанного первого композитного керамического участка, и второй керамический композитный участок,

45 содержащий по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе указанного второго композитного керамического участка, где указанный второй керамический композитный участок содержит в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах

50 реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе указанного второго композитного керамического участка, где указанный первый керамический композитный участок находится ближе к указанной первой

поверхности, чем к указанной второй поверхности, и где указанный второй керамический композитный участок находится ближе к указанной второй поверхности, чем к указанной первой поверхности, и где указанный первый керамический композитный участок имеет размерения x , y и z , каждое из которых перпендикулярно каждому другому, и где каждое из размерений x , y и z имеет размер, по меньшей мере, 150 микрон (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 200 микрон, 250 микрон, 500 микрон, 1000 микрон, 2000 микрон, 2500 микрон, 1 мм, 5 мм или даже по меньшей мере 10 мм).

В некоторых вариантах оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , для по меньшей мере одного из указанных первого или второго керамических композитных участков ZrO_2 , где в некоторых предпочтительных вариантах содержание Al_2O_3 в по меньшей мере одном из указанных первом или втором керамических композитных участках составляет от примерно 55 до примерно 65 весовых процентов, а содержание ZrO_2 - от примерно 45 до примерно 35 весовых процентов, основываясь на общем содержании Al_2O_3 и ZrO_2 в указанных первом или втором керамических композитных участках, в зависимости от того, к чему это относится.

В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных первого или второго керамических композиционных участков дополнительно содержит (например, больше чем 0 и до 50 весовых процентов, основываясь на общем весе по меньшей мере одного из из указанных первого или второго керамических композиционных участков, в зависимости от того, к чему это относится) дополнительный оксид металла (оксиды металлов) (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов). В некоторых вариантах по меньшей мере материал одного из указанных первого или второго керамических композиционных участков содержит Al_2O_3 , Y_2O_3 и ZrO_2 . В некоторых вариантах по меньшей мере один из из указанных первого или второго керамических композиционных участков содержит Al_2O_3 , REO и ZrO_2 .

В некоторых вариантах композитный слой состоит из аморфного слоя и керамического слоя. Составы аморфного слоя включают составы, описанные в настоящей заявке.

В некоторых вариантах, например, первый керамический композиционный участок является аморфным, а второй керамический композиционный участок является по меньшей мере частично кристаллическим. В некоторых вариантах, например, состав первого и второго указанных керамических композиционных участков является одинаковым, а в других вариантах они являются различными.

Другим примером реализации настоящего изобретения является стеклокерамический слой, имеющий первую и вторую противоположащие поверхности, первый керамический композитный участок и второй керамический композитный участок, каждый из которых независимо содержит по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе первого или второго композитного керамического участка соответственно, первый оксид металла, иной чем Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов), и второй, иной, оксид металла, отличный от Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов), где Al_2O_3 , первый оксид металла и второй оксид металла в общей сложности составляют по меньшей мере 80 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее, по меньшей мере, 85, 90, 95, 96, 97, 98, 99 или даже 100) весовых процентов первого или второго композитного участка соответственно, и где указанный первый или второй композитный участок соответственно, содержит в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе указанного первого или второго композитного участка соответственно, с оговоркой, что если в указанным первом или втором композитном участке соответственно первым или

вторым иным оксидом металла, отличным от Al_2O_3 , является ZrO_2 , тогда указанный первый или второй композитный участок соответственно дополнительно содержит оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , по меньшей мере часть которого присутствует в виде отдельной кристаллической фазы. В некоторых вариантах указанный композитный

5 материал имеет размерения x , y и z , каждое из которых перпендикулярно каждому другому, и где каждое из размерений x , y и z имеет размер, по меньшей мере, 150 микрометров (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее, по меньшей мере, 200 микрометров, 250 микрометров, 500 микрометров, 1000 микрометров, 2000 микрометров, 2500 микрометров, 1 мм, 5 мм или
10 даже по меньшей мере 10 мм).

В некоторых вариантах оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , для по меньшей мере одного из указанных первого или второго композитных участков является ZrO_2 , где в некоторых предпочтительных вариантах содержание Al_2O_3 в по меньшей мере одном из указанных первом или втором композитных участках составляет от примерно 55 до примерно 65
15 весовых процентов, а содержание ZrO_2 - от примерно 45 до примерно 35 весовых процентов, основываясь на общем содержании Al_2O_3 и ZrO_2 в указанных первом или втором композитных участках, в зависимости от того, к чему это относится.

В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных первого или второго композитных участков дополнительно содержит (например, больше чем 0 и до 50 весовых
20 процентов, основываясь на общем весе по меньшей мере одного из первого или второго композитных участков, в зависимости от того, к чему это относится) дополнительный оксид металла (оксиды металлов) (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов). В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных первого или второго композитных участков содержит Al_2O_3 , Y_2O_3
25 и ZrO_2 . В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных первого или второго композитных участков содержит Al_2O_3 , REO и ZrO_2 .

В некоторых вариантах указанный композитный слой содержит аморфный слой и керамический спой. Составы аморфного слоя включают составы, описанные в настоящей заявке.

30 В некоторых вариантах, например, первый керамический композитный участок является аморфным, а второй керамический композитный участок является по меньшей мере частично кристаллическим. В некоторых вариантах, например, составы указанных первого и второго керамических композиционных участков являются одинаковыми, а в других вариантах они являются различными.

35 Другим примером реализации настоящего изобретения является керамика, содержащая по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе указанной керамики, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и
40 комплексные оксиды указанных металлов), где керамический слой содержит в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе указанной керамики, причем указанная керамика имеет первый и второй содержащий кристаллы участки, обладающие
45 первой и второй степенью кристалличности, где степень кристалличности первого участка превышает (например, по меньшей мере на 25, 50, 75, 100, 150, 200 или даже по меньшей мере на 500 объемных процентов) степень кристалличности второго участка и где указанный первый участок имеет размерения x , y и z , каждое из которых перпендикулярно каждому другому, и где каждый из размеров x , y и z имеет размер, по меньшей мере, 150
50 микрометров (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 200 микрометров, 250 микрометров, 500 микрометров, 1000 микрометров, 2000 микрометров, 2500 микрометров, 1 мм, 5 мм или даже по меньшей мере 10 мм). В некоторых вариантах отдельные кристаллические участки имеют размер

кристаллов, не превышающий 200 нанометров. В некоторых вариантах каждый из указанных первого и второго отдельных кристаллических участков имеет средний размер кристаллов, не превышающий 200 нанометров.

В некоторых вариантах, например, составы первого и второго указанных отдельных кристаллических участков являются одинаковыми, а в других вариантах они являются различными.

В некоторых вариантах оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , для по меньшей мере одного из указанных первого или второго отдельных кристаллических участков является ZrO_2 , где в некоторых предпочтительных вариантах содержание Al_2O_3 в по меньшей мере одном из указанных первом или втором отдельных кристаллических участках составляет от примерно 55 до примерно 65 весовых процентов, а содержание ZrO_2 - от примерно 45 до примерно 35 весовых процентов, основываясь на общем содержании Al_2O_3 и ZrO_2 в указанных первом или втором отдельных кристаллических участках, в зависимости от того, к чему это относится.

В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных первого или второго отдельных кристаллических участков дополнительно содержит (например, больше чем 0 и до 50 весовых процентов, основываясь на общем весе первого и второго указанных отдельных кристаллических участков, в зависимости от того, к чему это относится) дополнительный оксид металла (оксиды металлов) (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов). В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных первого и второго отдельных кристаллических участков содержит Al_2O_3 , Y_2O_3 и ZrO_2 . В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных первого и второго отдельных кристаллических участков содержит Al_2O_3 , REO и ZrO_2 .

В некоторых вариантах указанный композитный материал имеет форму слоя. В некоторых вариантах композитный слой содержит аморфный слой и слой композитного материала. Составы аморфного слоя включают составы, описанные в настоящей заявке.

В некоторых вариантах по меньшей мере 50, 50, 70, 75, 80, 90 или даже по меньшей мере 95 процентов по объему указанной стеклокерамики являются кристаллическими.

Другим примером реализации настоящего изобретения является керамика, содержащая по меньшей мере 35 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 40, 45, 50, 55, 60, 65 или даже по меньшей мере 70) весовых процентов Al_2O_3 , основываясь на общем весе указанной керамики, первый оксид металла, иной чем Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов), и второй, иной оксид металла, отличный от Al_2O_3 (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов), где Al_2O_3 , первый оксид металла и второй оксид металла в общей сложности составляют по меньшей мере 80 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 85, 90, 95, 96, 97, 98, 99 или даже 100) весовых процентов указанной керамики, и где частицы содержат в общей сложности не более чем 10 (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее не более чем 5, 4, 3, 2, 1 или ноль) весовых процентов As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 , основываясь на общем весе указанной керамики, причем указанная керамика имеет первый и второй содержащий кристаллы участки, обладающие первой и второй степенью кристалличности соответственно, где степень кристалличности первого участка превышает степень кристалличности второго участка, с оговоркой, что если в первом или втором участках первым или вторым оксидом металла, отличным от Al_2O_3 , является ZrO_2 , тогда указанная керамика дополнительно содержит оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , по меньшей мере часть которого присутствует в виде отдельной кристаллической фазы. В некоторых вариантах указанный первый участок имеет размеры x, y и z, каждый из которых перпендикулярно каждому другому, и где каждый из размеров x, y и z равняется, по меньшей мере, 150 микрометрам (в некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительнее по меньшей мере 200

микрометрам, 250 микрометрам, 500 микрометрам, 1000 микрометрам, 2000 микрометрам, 2500 микрометрам, 1 мм, 5 мм или даже по меньшей мере 10 мм). В некоторых вариантах, например, составы первого и второго указанных кристаллических участков являются одинаковыми, а в других вариантах они отличаются.

5 В некоторых вариантах оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , для по меньшей мере одного из указанных первого или второго отдельных кристаллических участков является ZrO_2 , где в некоторых предпочтительных вариантах содержание Al_2O_3 в по меньшей мере одном из указанных первом или втором отдельных кристаллических участках составляет от
10 примерно 55 до примерно 65 весовых процентов, а содержание ZrO_2 - от примерно 45 до примерно 35 весовых процентов, основываясь на общем содержании Al_2O_3 и ZrO_2 в указанных первом или втором отдельных кристаллических участках, в зависимости от того, к чему это относится.

В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных первого или второго отдельных кристаллических участков дополнительно содержит (например, больше чем 0 и
15 до 50 весовых процентов, основываясь на общем весе первого и второго указанных отдельных кристаллических участков, в зависимости от того, к чему это относится) дополнительный оксид металла (оксиды металлов) (например, Y_2O_3 , REO, ZrO_2 , TiO_2 , CaO, Cr_2O_3 , MgO, NiO, CuO, и комплексные оксиды указанных металлов). В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных первого и второго отдельных
20 кристаллических участков содержит Al_2O_3 , Y_2O_3 и ZrO_2 . В некоторых вариантах по меньшей мере один из указанных первого и второго отдельных кристаллических участков содержит Al_2O_3 , REO и ZrO_2 .

В некоторых вариантах указанный композитный материал имеет форму слоя. В некоторых вариантах композитный слой содержит аморфный слой и слой композитного
25 материала. Составы аморфного слоя включают составы, описанные в настоящей заявке.

В некоторых вариантах по меньшей мере 50, 50, 70, 75, 80, 90 или даже по меньшей мере 95 процентов по объему указанной стеклокерамики являются кристаллическими.

Материалы, подобные указанным в примерах, могут быть получены путем реализации способов, являющихся предметом настоящего изобретения, хотя в рамки настоящего
30 изобретения входит также и получение подобных материалов с заменой указанных составов или иных существенных требований (включая, в некоторых случаях минимальные значения размеров x, y и z). В одном из способов, например, подаваемые частицы могут содержать смесь частиц, имеющих, например, различный состав. В некоторых вариантах один компонент смеси может образовывать аморфную матрицу, а другой компонент
35 образует отдельные кристаллические участки. Различные компоненты, составляющие подаваемые частицы, могут иметь различные химический и фазовый составы и различные физические состояния (например, пористость, размер и/или форму), или различные комбинации вышеуказанных параметров. В некоторых вариантах реализации настоящего изобретения частицы, составляющие подаваемый материал, могут быть сформированы
40 путем огневого формирования или плазменного напыления в аморфные или кристаллические частицы. В некоторых вариантах реализации настоящего изобретения относительные доли различных компонентов, входящих в состав подаваемого материала, могут непрерывно меняться чтобы позволить получить материал, имеющий градиентные характеристики (например, композиционный градиент и/или различные степени
45 кристалличности). В некоторых вариантах реализации настоящего изобретения градиент может образовывать композиционный градиент двух или большего числа различных композиций, отличающихся, например, химическим составом. В некоторых вариантах реализации настоящего изобретения относительные доли различных компонентов, входящих в состав подаваемого материала, могут меняться, например, скачкообразно, с
50 целью получения слоистого композита. Каждый слой, например, может иметь различный состав, степень кристалличности (включая разные фазы) или комбинации этих параметров. В некоторых вариантах реализации настоящего изобретения аморфный материал подвергается термической обработке для превращения по меньшей мере части этого

материала в стеклокерамику.

Абразивные частицы, полученные способами, являющимся предметом настоящего изобретения, обычно содержат кристаллическую керамику (в некоторых вариантах предпочтительно по меньшей мере 75, 80, 85, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 99.5 или даже 100 процентов по объему кристаллической керамики).

Указанные абразивные частицы могут являться частью абразивных изделий или использоваться в свободной форме. Указанные абразивные изделия содержат связующее и множество абразивных частиц, где по меньшей мере часть указанных абразивных частиц является абразивными частицами, полученными способами, являющимся предметом настоящего изобретения. Примеры абразивных продуктов включают покрытые абразивные изделия, скрепленные абразивные изделия (например, круги), нетканые абразивные изделия и абразивные щетки. Покрытые абразивные изделия обычно состоят из подложки, имеющей первую и вторую противоположные главные поверхности, и абразивного слоя, образованного связующим и множеством абразивных частиц, на по меньшей мере части первой главной поверхности.

В некоторых вариантах реализации настоящего изобретения предпочтительно по меньшей мере 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 или даже 100 процентов по весу абразивных частиц в абразивном изделии являются абразивными частицами, полученными способами, являющимся предметом настоящего изобретения, основываясь на общем весе абразивных частиц в абразивном изделии.

Перед использованием абразивные частицы обычно фракционируются для получения определенного гранулометрического состава. Обычно используемые гранулометрические составы охватывают диапазон размеров частиц, от крупных частиц до тонких частиц. В отрасли абразивных материалов этот диапазон иногда обозначается как "грубая", "контролируемая" и "тонкая" фракции. Абразивные частицы фракционируются в соответствии с признанными отраслевыми стандартами, определяющими цифровые границы гранулометрического состава частиц для каждой номинальной фракции. Такие признанные стандарты гранулометрического состава (т.е. определяющие номинальные фракции) включают стандарты Американского национального института стандартов (American National Standards Institute, Inc. (ANSI)), стандарты Федерации европейских производителей абразивных материалов (Federation of European Producers of Abrasive Products (FEPA)) и Японские промышленные стандарты (Japanese Industrial Standard (JIS)). В этом отношении настоящее изобретение позволяет получать множество абразивных частиц, имеющих определенный номинальный гранулометрический состав (относящихся к определенной номинальной фракции), где по меньшей мере часть указанного множества абразивных частиц получена способом, являющимся предметом настоящего изобретения. В некоторых вариантах предпочтительно по меньшей мере 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 или даже 100 процентов по весу множества абразивных частиц являются абразивными частицами, полученными способами, являющимся предметом настоящего изобретения, основываясь на общем весе множества абразивных частиц.

Наименования марок (фракций) ANSI включают ANSI 4, ANSI 6, ANSI 8, ANSI 16, ANSI 24, ANSI 36, ANSI 40, ANSI 50, ANSI 60, ANSI 80, ANSI 100, ANSI 120, ANSI 150, ANSI 180, ANSI 220, ANSI 240, ANSI 280, ANSI 320, ANSI 360, ANSI 400 and ANSI 600.

Предпочтительными марками ANSI, содержащими абразивные частицы, полученные способами, являющимся предметом настоящего изобретения, являются марки ANSI 8-220. Наименования марок FEPA включают P8, P12, P16, P24, P36, P40, P50, P60, P80, P100, P120, P150, P180, P220, P320, P400, P500, P600, P800, P1000 и P1200.

Предпочтительными марками FEPA, содержащими абразивные частицы, полученные способами, являющимся предметом настоящего изобретения, являются марки P12-P220. Наименования марок JIS включают JIS8, JIS12, JIS16, JIS24, JIS36, JIS46, JIS54, JIS60, JIS80, JIS100, JIS150, JIS180, JIS220, JIS240, JIS280, JIS320, JIS360, JIS400, JIS400, JIS600, JIS800, JIS1000, JIS1500, JIS2500, JIS4000, JIS6000, JIS8000 и JIS

10000. Предпочтительными марками JIS, содержащими абразивные частицы, полученные способами, являющимся предметом настоящего изобретения, являются марки JIS8-220.

После измельчения и фракционирования обычно получается множество различных наборов гранулометрических составов частиц или марок. Это множество марок может не совпадать с нуждами производителя или поставщика в данное конкретное время. Для минимизации запасов можно снова переработать в расплав не соответствующие требованиям марки для получения аморфного материала. Указанная переработка может производиться после стадии измельчения, когда частицы содержат большие "глыбы" или маленькие кусочки (иногда называемые "мелочью"), которые не попадают в конкретный гранулометрический состав.

Другим аспектом настоящего изобретения является способ получения абразивных частиц, способ, включающий термическую обработку частиц, содержащих аморфный (например, стекло) материал, таким образом, чтобы по меньшей мере часть указанного аморфного материала превращалась в стеклокерамику, образуя абразивные частицы, содержащие стеклокерамику. Предметом настоящего изобретения также является способ получения абразивных частиц, содержащих стеклокерамику, способ, включающий термическую обработку аморфного материала, таким образом, чтобы по меньшей мере часть указанного аморфного материала превращалась в стеклокерамику, и измельчение полученного прошедшего термическую обработку материала с целью получения указанных абразивных частиц. При измельчении стекловидный материал проявляет тенденцию к образованию более острых частиц, чем при измельчении в значительной степени кристаллизованной стеклокерамики или кристаллического материала.

Еще одним аспектом настоящего изобретения является способ получения агломерированных абразивных гранул, каждая из которых состоит из множества частиц, полученных способом, являющимся предметом настоящего изобретения, и связанных друг с другом с помощью связующего вещества. Еще одним аспектом настоящего изобретения является способ получения абразивного изделия (например, покрытых абразивных изделий, связанных абразивных изделий (включая застеклованные, связанные термореактивной смолой и металлические шлифовальные круги с абразивом на связке, режущие диски, шлифовальные головки и абразивные хонинговальные бруски), нетканые абразивные изделия и абразивные щетки), содержащего связующее и множество абразивных частиц, где по меньшей мере часть указанных абразивных частиц является абразивными частицами (включая те случаи, когда абразивные частицы являются агломерированными), полученными способом, являющимся предметом настоящего изобретения. Способы изготовления таких абразивных изделий, применение абразивных изделий, в которых используются абразивные частицы, хорошо известны компетентным в этой области специалистам. Более того, абразивные частицы, полученные способом, являющимся предметом настоящего изобретения, могут применяться для шлифовальных технологий, использующих абразивные частицы, например суспензии шлифовальных составов (например, полировальные составы), в качестве материалов для измельчающих сред, пескоструйной (дробеструйной) очистки, сред для вибрационных мельниц и т.д.

Покрытые абразивные изделия обычно состоят из подложки, абразивных частиц и по меньшей мере одного связующего вещества, связывающего абразивные частицы с подложкой. Подложкой может служить любой подходящий материал, в том числе ткань, полимерная пленка, волокно, нетканые материалы, бумага, комбинации указанных материалов и обработанные варианты указанных материалов. Связующим может служить любое подходящее связующее вещество, включая неорганическое или органическое связующее (в том числе термоотверждаемые смолы и радиационно отверждаемые смолы). Абразивные частицы могут быть нанесены на покрытое абразивное изделие в один слой или в два слоя.

Пример покрытого абразивного изделия представлен на фиг.1. Согласно этому чертежу покрытое абразивное изделие 1, изготовленное в соответствии с предметом настоящего изобретения, имеет основу 2 и абразивный слой 3. Абразивный слой 3 содержит

абразивные частицы 4, полученные способом, являющимся предметом настоящего изобретения, связанные с главной поверхностью основы 2 формирующим покрытием 5 и клеящим покрытием 6. В некоторых случаях используется дополнительное клеящее покрытие (не показано).

5 Связанные абразивные изделия обычно включают имеющую определенную форму массу абразивных частиц, связанных между собой органическим, металлическим или остеклованным связующим. Такая масса абразивных частиц может иметь, например, форму круга и использоваться, к примеру, в качестве шлифовального круга или режущего диска. Диаметр шлифовальных кругов обычно составляет от примерно 1 см до более чем 1
10 метра, диаметр режущих дисков - от примерно 1 см до более чем 80 см (более часто - от 3 см до примерно 50 см). Толщина режущих дисков обычно составляет от примерно 0.5 см до примерно 5 см, более часто от примерно 0.5 см до примерно 2 см. Масса абразивных частиц может также иметь форму шлифовального хонинговального бруска, сегмента, шлифовальной головки, диска (например, двойного шлифовального абразивного диска) или
15 иную обычную форму связанного абразивного изделия. Связанные абразивные изделия обычно содержат примерно 3-50% по объему связующего материала, примерно 30-90% по объему абразивных частиц (или смесей абразивных частиц), вплоть до 50% по объему добавок (включая шлифовальные добавки) и вплоть до 70% по объему пор, основываясь на общем объеме связанного абразивного изделия.

20 Предпочитаемой формой является шлифовальный круг. Обратитесь к фиг.2, на котором представлен шлифовальный круг 10, имеющий абразивные частицы, полученные способом, являющимся предметом настоящего изобретения, и сформованные в форме диска 11, который укреплен на втулке 12.

Нетканые абразивные изделия обычно содержат открытую пористую рельефную
25 структуру из полимерной нити, в которой распределены и связаны органическим связующим абразивные частицы, полученные способом, являющимся предметом настоящего изобретения. Примерами нитей являются полиэфирные волокна, полиамидные волокна и полиарамидные волокна. На фиг.3 приведено увеличенное примерно в 100 раз схематическое изображение типичного нетканого абразивного изделия. Подобное нетканое
30 абразивное изделие, полученное способом, являющимся предметом настоящего изобретения, содержит являющийся основой волоконный мат 50, к которому связующим 54 приклеены абразивные частицы 52, полученные способом, являющимся предметом настоящего изобретения.

Используемые абразивные щетки состоят из множества щетинок, связанных с основой
35 (см., например, патенты США №5427595 (Pihl et al.), 5443906 (Pihl et al.), 5679067 (Johnson et al.) и 5903951 (Ionta et al)). Обычно такие щетки изготавливаются путем литьевого формования смеси полимера и абразивных частиц.

Подходящими органическими связующими для изготовления абразивных изделий являются термореактивные органические полимеры. Примерами таких термореактивных
40 органических полимеров являются фенольные смолы, карбамидоформальдегидные смолы, меламиноформальдегидные смолы, уретановые смолы, акрилатные смолы, полиэфирные смолы, аминопластные смолы, имеющие боковые α , β -ненасыщенные карбонильные группы, эпоксидные смолы, акрилированные уретаны, акрилированные эпоксидные смолы и их комбинации. Связующий материал и/или абразивное изделие могут также содержать
45 добавки, такие как волокна, смазочные вещества, смачивающие вещества, тиксотропные вещества, поверхностно-активные вещества, пигменты, красители, антистатические вещества (например, технический углерод, оксид ванадия, графит и т.д.), сшивающие вещества (например, силаны, титанаты, циркоалюминаты и т.д.), пластификаторы, суспендирующие вещества и т.д. Количества этих факультативных добавок подбираются
50 для получения требуемых характеристик. Связывающие вещества могут повышать адгезию к абразивным частицам и (или) наполнителю. Дополнительную информацию по химии связующих веществ можно найти в патентах США №4588419 (Caul et al.), 4751138 (Tumey et al.) и 5436063 (Follett et al.).

Более подробно остановимся на хорошо известных в отрасли остеклованных связанных абразивах, стекловидных связующих материалах, которые характеризуются аморфной структурой и обычно являются твердыми. В некоторых случаях стекловидный связующий материал содержит кристаллическую фазу. Связанные, остеклованные абразивные изделия могут иметь форму круга (включая режущие диски), абразивных хонинговальных брусков, шлифовальных головок или иных распространенных связанных абразивных изделий. Предпочтительным остеклованным связанным абразивным изделием является абразивный диск.

Примерами оксидов металлов, используемых для получения стекловидных связующих материалов являются диоксид кремния, силикаты, оксид алюминия, сода, оксид кальция, поташ, диоксид титана, оксид железа, оксид цинка, оксид лития, оксид магния, оксид бора, алюмосиликаты, боросиликатное стекло, алюмосиликат лития, их комбинации и т.д. Обычно стекловидные связующие материалы могут быть получены из композиций, содержащих от 10 до 100% стеклянной фритты, хотя более часто такая композиция содержит от 20 до 80% стеклянной фритты или от 30 до 70% стеклянной фритты. Оставшаяся часть стеклообразного связующего материала может быть представлена нефриттовым материалом. Альтернативно стеклообразное связующее может быть получено из композиций, содержащих нефриттовые материалы. Стеклообразные связующие материалы обычно отверждаются при температурах в диапазоне от примерно 700°C до примерно 1500°C, как правило, в диапазоне от примерно 800°C до примерно 1300°C, иногда в диапазоне от примерно 900°C до примерно 1200°C или даже в диапазоне от примерно 950°C до примерно 1100°C. Фактическая температура, при которой происходит схватывание связующего, зависит, например, от конкретного химизма схватывания.

Предпочтительные стеклообразные связующие материалы могут включать материалы, содержащие диоксид кремния, оксид алюминия (желательно по меньшей мере 10% по весу оксида алюминия) и оксид бора (желательно по меньшей мере 10% по весу оксида бора). В большинстве случаев стеклообразный связующий материал дополнительно содержит оксид (оксиды) щелочных металлов (например, Na_2O и K_2O) (в некоторых случаях, по меньшей мере 10% по весу оксида (оксидов) щелочного металла).

Связующие материалы могут также содержать наполнители или шлифовальные добавки, обычно в форме порошка. Как правило, такие порошкообразные материалы являются неорганическими веществами. Примерами наполнителей, используемых для реализации настоящего изобретения, являются карбонаты металлов (например, карбонат кальция (например, мел, кальцит, мергель, известковый туф и известняк), кальций-магниевый карбонат, карбонат натрия, карбонат магния), диоксид кремния (например, кварц, стеклянные бусинки, пустотелые стеклянные шарики и стекловолокно), силикаты (например, тальк, глиноземы, (монтмориллонит) полевои шпат, слюда, силикат кальция, метасиликат кальция, алюмосиликат натрия, силикат натрия), сульфаты металлов (например, сульфат кальция, сульфат бария, сульфат натрия, сульфат алюминия-натрия, сульфат алюминия), гипс, вермикулит, древесная мука, тригидрат алюминия, технический углерод, оксиды металлов (например, оксид кальция (известь), оксид алюминия, диоксид титана) и сульфиты металлов (например, сульфит кальция).

Как правило, добавление шлифовальных добавок увеличивает срок службы абразивного изделия. Шлифовальная добавка - это вещество, существенным образом влияющее на химические и физические процессы шлифования, что приводит к улучшению характеристик. Хотя это и не следует из теории, считается, что шлифовальная добавка (добавки) (а) уменьшают трение между абразивными частицами и шлифуемой деталью, (б) предотвращают "закупорку" абразивных частиц (т.е. предотвращают "наварку" частиц металла на поверхности абразивных частиц) или, по меньшей мере, снижают тенденцию к закупорке абразивных частиц, (в) снижают температуру поверхности раздела между абразивными частицами и деталью или (г) уменьшают усилие шлифования.

Понятие "шлифовальные добавки" охватывает множество материалов, основой которых

могут являться неорганические или органические вещества. Примеры химических классов шлифовальных добавок включают парафины, органические галоидсодержащие соединения, содержащие галоиды соли, металлы и их сплавы. Органические галоидсодержащие соединения обычно разлагаются в процессе шлифования и выделяют

5 галоидоводородную кислоту или газообразное галоидсодержащее соединение. Примерами таких материалов являются хлорированные парафины, такие как тетрахлорнафталин, пентахлорнафталин и поливинилхлорид. Примеры галоидсодержащих солей включают хлорид натрия, криолит калия, криолит натрия, криолит аммония, тетрафторборат калия, тетрафторборат натрия, фториды кремния, хлорид калия и хлорид магния. Примеры

10 металлов включают олово, свинец, висмут, кобальт, сурьму, кадмий и сплав железа с титаном. Прочие шлифовальные добавки включают серу, органические серосодержащие соединения, графит и сульфиды металлов. В рамки настоящего изобретения попадает также использование комбинаций различных шлифовальных добавок, и, в некоторых случаях, это может приводить к синергетическому эффекту. Предпочитаемой

15 шлифовальной добавкой является криолит; наиболее предпочитаемой шлифовальной добавкой является тетрафторборат калия.

Использование шлифовальных добавок может оказаться особенно полезным в покрытых абразивных и связанных абразивных изделиях. В покрытых абразивных изделиях шлифовальная добавка обычно используется в качестве суперклеящего слоя, который

20 наносится на поверхность абразивных частиц. Однако иногда шлифовальная добавка входит в состав клеящего слоя. Обычно количество шлифовальной добавки в покрытых абразивных изделиях находится в пределах около 50-300 г/м² (желательно в пределах около 80-160 г/м²). В остеклованных связанных абразивных изделиях шлифовальная добавка обычно импрегнируется в поры изделия.

25 Указанные абразивные изделия могут содержать 100% абразивных частиц, полученных способом, являющимся предметом настоящего изобретения, или смеси указанных абразивных частиц с другими абразивными частицами и (или) частицами материала-разбавителя. Однако по меньшей мере 2% по весу, желательно по меньшей мере 5% по весу, еще более желательно примерно 30-100% по весу абразивных частиц в абразивном

30 изделии должны являться абразивными частицами, полученными способом, являющимся предметом настоящего изобретения. В некоторых случаях абразивные частицы, полученные способом, являющимся предметом настоящего изобретения, могут смешиваться с другими абразивными частицами и (или) частицами материала-разбавителя в соотношении от 5 до 75% по весу, примерно от 25 до 75% по весу, примерно от 40 до

35 60% по весу или примерно от 50 до 50% по весу (т.е. в равных весовых количествах).

Примеры используемых обычных абразивных частиц включают плавленный оксид алюминия (в том числе белый плавленный оксид алюминия, термообработанный оксид алюминия и коричневый оксид алюминия), карбид кремния, карбид бора, карбид титана, алмаз, кубический нитрид бора, гранат, плавленный оксид алюминия-циркония, золе- и

40 гелеобразующие абразивные частицы и т.д. Золе- и гелеобразующие абразивные частицы могут быть затравочными или незатравочными. Аналогичным образом, золе- и гелеобразующие абразивные частицы могут иметь произвольную форму или специальную связанную с ними форму, например форму стержня или треугольника. Примеры золе- и гелеобразующих абразивных частиц включают частицы, описанные в патентах США

45 №4314827 (Leitheiser et al.), 4518397 (Leitheiser et al.), 4623364 (Cottringer et al.), 4744802 (Schwabel), 4770671 (Monroe et al.), 4881951 (Wood et al.), 5011508 (Wald et al.), 5090968 (Fellow), 5139978 (Wood), 5201916 (Berg et al.), 5227104 (Bauer), 5366523 (Rowenhorst et al.), 5429647 (Larmie), 5498269 (Larmie) и 5551963 (Larmie). Дополнительную информацию относительно спеченных абразивных частиц из

50 оксида алюминия, полученных путем использования порошкообразного оксида алюминия в качестве сырья, можно найти, например, в патентах США №5259147 (Falz), 5593467 (Monroe) и 5665127 (Moltgen). Дополнительную информацию относительно плавленных абразивных частиц можно найти, например, в патентах США №1161620 (Coulter), 1192709

(Tone), 1247337 (Saunders et al.), 1268533 (Allen), 2424645 (Baumann et al.), 3891408 (Rowse et al.) 3781172 (Pett et al.), 3893826 (Quinan et al.), 4126429 (Watson), 4457767 (Poon et al.), 5023212 (Dubots et. al), 5143522 (Gibson et al.) и 5336280 (Dubots et. al), и в заявках, имеющих порядковые номера патентного ведомства США

5 09/495978, 09/496422, 09/496638 и 09/496713, поданных 2 февраля 2000 г., 09/618876, 09/618879, 09/619106, 09/619191, 09/619192, 09/619215, 09/619289, 09/619563, 09/619729, 09/619744 и 09/620262, поданных 19 июля 2000 г., и 09/772730, поданной 30 января 2001 г. В некоторых случаях использование смесей абразивных частиц может приводить к получению абразивного изделия, обладающего улучшенными абразивными
10 характеристиками в сравнении с абразивным изделием, состоящим из 100% частиц любого типа абразивных частиц.

Если используется смесь абразивных частиц, типы абразивных частиц, образующие смесь, могут иметь частицы одинакового размера. Альтернативно типы абразивных частиц могут иметь частицы разного размера. Например, более крупными абразивными частицами
15 могут быть абразивные частицы, полученные способом, являющимся предметом настоящего изобретения, а более мелкими частицами могут являться абразивные частицы иного типа. И наоборот, например, более мелкими абразивными частицами могут быть абразивные частицы, полученные способом, являющимся предметом настоящего изобретения, а более крупными частицами могут являться абразивные частицы иного типа.

20 Примерами пригодных разбавляющих частиц являются мрамор, гипс, порошкообразный кварц, двуокись кремния, оксид железа, силикат алюминия, стекло (включая пустотелые стеклянные шарики и стеклянные бусинки), пустотелые шарики из оксида алюминия, бусинки из оксида алюминия и агломераты разбавляющих материалов. Абразивные частицы, полученные способом, являющимся предметом настоящего изобретения, могут
25 также объединяться в или с абразивными агломератами. Абразивные агломератные частицы обычно содержат множество абразивных частиц, связующее и факультативные добавки. Связующее может быть органическим и (или) неорганическим. Абразивные агломераты могут иметь произвольную форму или иметь заранее определенную форму, относящуюся к этим частицам. Такой формой может являться параллелепипед, цилиндр, пирамида, диск, квадрат и т.д. Абразивные агломератные частицы обычно имеют размер
30 частиц в диапазоне от примерно 100 до примерно 5000 микрометров, как правило, в диапазоне от примерно 250 до примерно 2500 микрометров. Дополнительные подробности относительно абразивных агломерированных частиц можно найти, например, в патентах США №4311489 (Kressner), 4652275 (Bloecher et al.), 4799939 (Bloecher et al.),
35 5549962 (Holmes et al.) и 5975988 (Christiansen), и в заявках, имеющих порядковые номера патентного ведомства США 09/688444 и 09/688484, поданных 16 октября 2000 г.

Абразивные частицы могут равномерно распределяться по всему абразивному изделию или могут концентрироваться в определенных зонах абразивного изделия. Например, в покрытых абразивных изделиях может иметься два слоя абразивных частиц. Первый слой
40 содержит абразивные частицы, иные чем абразивные частицы, полученные способом, являющимся предметом настоящего изобретения, а второй (самый внешний) слой содержит абразивные частицы, полученные способом, являющимся предметом настоящего изобретения. Аналогичным образом, в связанном абразивном изделии, например в шлифовальном круге, могут иметься две отдельные секции. Самая внешняя секция может
45 содержать абразивные частицы, полученные способом, являющимся предметом настоящего изобретения, а внутренняя секция - другие частиц. Альтернативно абразивные частицы, полученные способом, являющимся предметом настоящего изобретения, могут равномерно распределяться по связанному абразивному изделию.

Дополнительные подробности, относящиеся к покрытым абразивным изделиям, можно
50 найти, например, в патентах США №4734104 (Broberg), 4737163 (Larkey), 5203884 (Buchanan et al.), 5152917 (Pieper et al.), 5378251 (Culler et al.), 5417726 (Stout et al.), 5436063 (Follett et al.), 5496386 (Broberg et al.), 5609706 (Benedict et al.), 5520711 (Helmin), 5954844 (Law et al.). 5961674 (Gagliardi et al.) и 5975988

(Christiansen). Дополнительные подробности, относящиеся к связанным абразивным изделиям, можно найти, например, в патентах США №4543107 (Rue), 4741743 (Narayanan et al.), 4800685 (Haynes et al.), 4898597 (Hay et al.), 4997461 (Markhoff-Matheny et al.), 5037453 (Narayanan et al.), 5110332 (Narayanan et al.) и 5863308 (Qi et al.).

- 5 Дополнительные подробности, относящиеся к стеклообразным связанным абразивам, можно найти, например, в патентах США №4543107 (Rue), 4898597 (Hay et al.), 4997461 (Markhoff-Matheny et al.), 5094672 (Giles Jr. et al.), 5118326 (Sheldon et al.), 5131926 (Sheldon et al.), 5203886 (Sheldon et al.), 5282875 (Wood et al.), 5738696 (Wu et al.) и 5863308 (Qi). Дополнительные подробности, относящиеся к нетканым
10 абразивным изделиям, можно найти, например, в патенте США №2958593 (Hoover et al.).

Предметом настоящего изобретения является способ абразивной обработки поверхности, включающий приведение по меньшей мере одной абразивной частицы, полученной способом, являющимся предметом настоящего изобретения, в контакт с поверхностью обрабатываемой детали и перемещение по меньшей мере одной указанной
15 абразивной частицы или контактирующей поверхности для истирания по меньшей мере части указанной поверхности с помощью указанной абразивной частицы. Способы абразивной обработки с использованием абразивных частиц, полученных способом, являющимся предметом настоящего изобретения, варьируют от сошлифовывания (т.е. удаление высоких выступов с приложением сильного давления) до полировки (например,
20 полировки медицинских имплантатов покрытыми абразивными лентами), где последняя обычно производится мелкозернистыми (например, меньше ANSI 220 и более мелкозернистыми) абразивными частицами. Указанные абразивные частицы могут также использоваться для точной абразивной обработки, например, для шлифовки распределительных валов с помощью остеклованных связанных шлифовальных дисков.
25 Размер абразивных частиц, используемых для конкретной абразивной обработки, очевиден для компетентных в этой области специалистов.

Абразивная обработка с использованием абразивных частиц, полученных способом, являющимся предметом настоящего изобретения, может проводиться сухим или мокрым способом. При абразивной обработке мокрым способом жидкость может подаваться в
30 форме, варьирующей от легкого тумана до полного полива. Примерами широко используемых жидкостей являются вода, водорастворимое масло, органические смазочные вещества и эмульсии. Такая жидкость может использоваться для поглощения тепла, выделяющегося при абразивной обработке и (или) действовать как смазка. Жидкость может содержать незначительные количества добавок, таких как бактерициды,
35 противовспенивающие присадки и т.д.

Абразивные частицы, полученные способом, являющимся предметом настоящего изобретения, могут использоваться для абразивной обработки деталей, изготовленных из таких материалов, как металлический алюминий, углеродистые стали, мягкие стали, инструментальные стали, нержавеющие стали, закаленные стали, титан, стекло, керамика,
40 дерево и деревоподобные материалы, краски, окрашенных поверхностей, поверхностей покрытых органическими покрытиями и т.д. Усилие, прикладываемое при абразивной обработке, обычно варьирует в диапазоне от примерно 1 до примерно 100 кг.

Варианты порошкообразных аморфных и стеклокерамических материалов, полученных способами, являющимися предметом настоящего изобретения, могут использоваться,
45 например, в качестве наполнителей в полимерных, металлических или керамических матричных композитах, в качестве исходных материалов для получения керамических материалов. Прозрачные формы могут использоваться в качестве светоотражающих бусинок. Варианты порошкообразных аморфных и стеклокерамических материалов, полученных способами, являющимися предметом настоящего изобретения, могут
50 упругопластично деформироваться в объемные материалы, имеющие простую или сложную форму.

Преимущества и варианты реализации настоящего изобретения далее иллюстрируются нижеследующими примерами, однако конкретные материалы и их количества,

приведенные в этих примерах, а также прочие условия и подробности, не должны толковаться как неправильно ограничивающие настоящее изобретение. Все доли и процентные доли указываются по весу, если не оговорено иное. Если не оговорено иное, все примеры не содержат заметных количеств SiO_2 , B_2O_3 , P_2O_5 , GeO_2 , TeO_2 , As_2O_3 и V_2O_5 .

Примеры

Пример 1

В 250-мл полиэтиленовый сосуд (диаметром 7.3 см) загружалось 50 г смеси, состоящей из 19.3 г частиц оксида алюминия (получен от компании Alcoa Industrial Chemicals, Bauxite, AR, под торговым названием "Al6SG"), 9.5 г частиц оксида циркония, получен от компании Zirconia Sales Inc., Marietta, GA, под торговым названием "DK-2") и 21.2 г частиц оксида лантана (получен от компании Molycorp Inc., Mountain Pass, CA), 75 г изопропилового спирта и 200 г измельчающего материала на основе оксида алюминия (цилиндрический по форме, и высота, и диаметр равны 0.635 см; 99.9% оксида алюминия, получен от компании Coors Golden CO). Содержимое полиэтиленового сосуда измельчалось в течение 16 часов при 60 об/мин. Отношение оксида алюминия к оксиду циркония в начальном материале равнялось 2:1, и оксиды алюминия и циркония составляли в общей сложности примерно 58 весовых процентов (вес.%). После измельчения измельчающая среда удалялась, а суспензия выливалась в теплый (примерно 75°C) стеклянный ("PYREX") поддон и высушивалась. Высушенная смесь просеивалась через 70-меш сито (размер отверстия 212 микрометров) с помощью кисточки.

После измельчения и просеивания смесь измельченных подаваемых частиц медленно (0.5 г/мин) вводилась в пламя водород-кислородной горелки для плавления частиц. Для плавления частиц и получения расплавленных капелек использовалась настольная горелка Bethlehem bench burner PM2D Model B, полученная от компании Bethlehem Apparatus Co. Hellertown PA. Расход водорода и кислорода для поддержания факела составлял: для внутреннего кольца расход водорода равнялся 8 стандартным литрам в минуту (SLPM), расход кислорода 35 SLPM. Для внешнего кольца расход водорода равнялся 23 SLPM, расход кислорода 12 SLPM. Высушенные и просеянные частицы медленно (0.5 г/мин) вводились в пламя факела, которое плавало их и переносило на наклонную поверхность из нержавеющей стали (ширина примерно 51 см (20 дюймов), угол наклона 45°), по которой для быстрого охлаждения расплавленных капелек протекала (со скоростью приблизительно 8 л/мин) холодная вода. Образующиеся расплавленные и охлажденные бусинки собирались и высушивались при температуре 110°C. Частицы имели сферическую форму и их размеры колебались от нескольких микрометров (т.е. микрон) до 250 микрометров.

Далее сформированные в пламени бусинки диаметром менее 125 микрометров пропускались через устройство для плазменного напыления и осаждались на подложках из нержавеющей стали, как это описано далее.

Четыре подложки из нержавеющей стали марки 304 (размером 76.2 мм × 25.4 мм × 3.175 мм) и две подложки из углеродистой стали марки 1080 (размером 76.2 мм × 25.4 мм × 1.15 мм) были приготовлены следующим образом. Стороны, на которые наносилось покрытие, подвергались пескоструйной обработке, промывались в ультразвуковой ванне и затем дочища протирались изопропиловым спиртом. Четыре подложки из нержавеющей стали и одна подложка из углеродистой стали марки 1080 помещались приблизительно в 10 см перед соплом установки для плазменного напыления (полученной под торговым названием "Praxair SG-100 Plasma Gun" от компании Praxair Surface Technologies, Concord, NH). Вторая подложка из углеродистой стали марки 1080 устанавливалась в 18 см перед соплом установки для плазменного напыления. Покрытия, полученные на второй подложке из углеродистой стали марки 1080, установленной в 18 см перед соплом установки для плазменного напыления далее не исследовались.

Установка для плазменного напыления (описанная выше со ссылкой на фиг.4) имела номинальную мощность в 40 кВт. Газом плазмы являлся аргон (50 фн./дюйм², 0.3 мегапаскаля (МПа)), в качестве вспомогательного газа использовался гелий (150

фн./дюйм², 1 МПа). Бусинки подавались в установку для плазменного напыления в токе транспортирующего газа, в качестве которого использовался аргон (50 фн./дюйм², 0.3 МПа), с помощью компьютеризованного порошкового питателя Praxair Model 1270 (полученного от компании Praxair Surface Technologies, Concord, NH). Во время напыления подавался ток напряжением около 40 В и силой около 900 А, а сопло установки для плазменного напыления перемещалось слева направо, вверх и вниз, для достижения равномерного покрытия подложки. Когда достигалась требуемая толщина покрытия, установка для плазменного напыления выключалась, и отбирались образцы. Подложка из углеродистой стали марки 1080 изгибалась, в результате чего покрытие отделялось, и получался свободный объемный материал. Напыленный материал имел размер z (толщину) величиной примерно 1350 микрометров, что определялось с помощью оптической микроскопии.

Фазовый состав (стекловидная/аморфная/кристаллическая фазы) определялся путем дифференциального термического анализа (ДТА), как описано ниже. Материал классифицировался как аморфный, если соответствующая запись ДТА для данного материала содержала регистрацию события экзотермической кристаллизации (T_x). Если та же запись содержала также регистрацию эндотермического события (T_g) при температуре, более низкой чем T_x , считалось, что материал содержит стекловидную фазу. Если запись ДТА для данного материала не содержала регистрации таких событий, считалось, что материал содержит кристаллические фазы.

Дифференциальный термический анализ (ДТА) производился с использованием следующей методики. Анализы проводились (используя прибор, полученный от компании Netzsch Instruments, Selb, Germany, под торговым обозначением "NETZSCH STA 409 DTA/TGA") с использованием фракции крупностью -140+170 меш (т.е. фракции, отобранной между калибровочным отверстием 105 микрометров и калибровочным ситом в 90 микрометров). Каждый просеянный образец (обычно весом около 400 миллиграмм (мг)) помещается в 100-микролитровый держатель пробы из Al_2O_3 . Каждый образец нагревается в статичной воздушной атмосфере от комнатной температуры (примерно 25°C) до 1100°C со скоростью 10°C в минуту.

Напыленный материал (на подложках из нержавеющей стали марки 304) обнаруживал эндотермическое явление при температуре примерно 880°C, о чем говорил провал на кривой ДТА. Считается, что это явление объясняется стеклованием (T_g) стекловидного материала. Тот же материал обнаруживал экзотермическое явление при температуре примерно 931°C, о чем говорил острый пик на кривой. Считается, что это явление объясняется кристаллизацией (T_x) данного материала. Следовательно, по данным ДТА напыленный материал (на подложках из нержавеющей стали марки 304) и свободный объемный материал являлись стекловидными.

Порция стекловидного свободного объемного материала подвергалась термической обработке при температуре 1300°C в течение 48 часов. Для определения фаз, присутствующих в материале, использовалась рентгеновская порошковая дифрактометрия (РД) (с использованием рентгеновского дифрактометра, полученного под торговым названием "PHILLIPS XRG 3100" от компании Phillips, Mahwah, NJ, в котором используется линия $K\alpha_1$ меди с длиной волны 1.54050 ангстрем). Фазы определялись путем сравнения пиков, присутствующих в дифрактограммах кристаллизованных материалов, с образцами дифрактограмм, находящихся в базах данных JCPDS (Объединенный комитет по стандартам для порошковой дифрактометрии), опубликованных Международным центром данных дифрактометрии (International Center for Diffraction Data). Результирующий кристаллический материал содержал $LaAlO_3$, ZrO_2 (кубический, тетрагональный), $LaAl_{11}O_{18}$ и переходные фазы Al_2O_3 .

Другая порция стекловидного свободного объемного материала кристаллизовалась при температуре 1300°C в течение 1 часа в электрической печи (полученной от компании CM Furnaces, Bloomfield, NJ, под торговым названием "Rapid Temp Furnace").

Кристаллизованное покрытие разбивалось молотком на частицы размером -30+35 меш (т.е. фракция, отобранная между калибровочным отверстием в 600 микрон и калибровочным ситом в 500 микрон). Частицы очищались от обломков путем промывки в ультразвуковой ванне (полученной от компании Cole-Panner, Vernon Hills, IL, под торговым названием "8891") в течение 15 минут и высушивались при 100°C. Несколько частиц монтировались на металлическом цилиндре (диаметром 3 см и высотой 2 см) с помощью науглероженной ленты. Смонтированный образец напылялся тонким слоем золота-палладия и изучался под сканирующим электронным микроскопом (СЭМ) JEOL (Model JSM 840A). Поверхность излома являлась шероховатой, и под СЭМ не было обнаружено кристаллов крупнее 200 нанометров (см. фиг.5).

Пример 2

Подаваемые частицы готовились, как описано в примере 1, с использованием следующей 50-граммовой смеси: 21.5 г частиц оксида алюминия (получен от компании Alcoa Industrial Chemicals, Bauxite, AR, под торговым названием "Al6SG"), 9 г частиц оксида циркония (получен от компании Zirconia Sales Inc., Marietta, GA, под торговым названием "DK-2") и 19.5 г частиц оксида церия (получен от компании Rhone-Poulenc, France). Отношение оксида алюминия к оксиду циркония в начальном материале равнялось 2.4:1, и оксиды алюминия и циркония составляли в общей сложности примерно 61 весовых процентов (вес.%). Подаваемые частицы подвергались огневому формованию в бусинки (с размерами, варьирующими от нескольких микрон до 250 микрон), как описано в примере 1. Далее сформированные в пламени бусинки диаметром между 180 микрон и 250 микрон пропускались через устройство для плазменного напыления и осаждались на подложках из нержавеющей и углеродистой стали, как это описано в примере 1.

Подложки из углеродистой стали марки 1080 изгибались, в результате чего покрытие отделялось, и получался свободный объемный материал. Результирующий объемный материал имел размер z (толщину) величиной примерно 700 микрон, что определялось с помощью оптической микроскопии. Исследование микроструктуры также проводилось с помощью оптической микроскопии. Материал состоял из, как правило, сферических и скошенных кристаллических частиц, которые являлись непрозрачными, в преобладающе аморфной матрице, которая была прозрачной. Аморфный материал обычно является прозрачным благодаря отсутствию светоотражающих центров, таких как границы кристаллов, а кристаллические частицы демонстрируют кристаллическую структуру и являются непрозрачными из-за эффектов отражения света. Кристаллические фазы, определенные с помощью порошковой РД, как описано в примере 1, состояли из $Zr_{0.4}Ce_{0.6}O_2$ (кубическая) и переходного Al_2O_3 .

Второй опыт по напылению производился с использованием сформированных в пламени бусинок диаметром менее 125 микрон. Результирующее покрытие имело размер z (толщину) величиной примерно 1100 микрон, что определялось с помощью оптической микроскопии. Исследование микроструктуры также проводилось с помощью оптической микроскопии. Данный материал имел сходные характеристики (т.е. состоял из, как правило, сферических и скошенных кристаллических частиц в преобладающе аморфной матрице) с материалом, полученным из бусинок с диаметрами между 180 микрон и 250 микрон. Кристаллические фазы, определенные с помощью порошковой РД, как описано в примере 1, состояли из $Zr_{0.4}Ce_{0.6}O_2$ (кубическая) и переходного Al_2O_3 .

Средняя твердость напыленного материала, полученного в этом примере и не подвергавшегося какой-либо обработке, определялась следующим образом. Для приготовления шлифов образцы материала монтировались в монтажной смоле (полученной под торговым названием "TRANSOPTIC POWDER" от компании Buehler, Lake Bluff, IL). Полученный цилиндр из смолы имел диаметр примерно 2.5 см и высоту примерно 1.9 см. Смонтированный шлиф готовится с использованием обычных способов подготовки шлифов на шлифовальном станке (полученном от компании Buehler, Lake Bluff,

IL, под торговым названием "ECOMET 3"). Образец шлифовался в течение примерно 3 минут на алмазном круге, а затем по 5 минут полируется 45-, 30-, 15-, 9-, 3- и 1-микрометровыми полировальными пастами. Определение микротвердости проводилось с использованием обычного прибора для определения микротвердости (полученного под

5 торговым названием "MTTUTOYO MVK-VL" от компании Mitutoyo Corporation, Токио, Япония), оборудованного индентором Виккерса с вдавливающей нагрузкой 100 грамм. Определения микротвердости проводились в соответствии с инструкциями, приведенными в руководстве ASTM Test Method E384 Test Methods for Microhardness of Materials (Способы испытаний для определения микротвердости материалов) (1991). Средняя

10 микротвердость (усредненный результат 20 определений) материала в этом примере равнялась 15 гигапаскалям (ГПа).

Пример 3

Подаваемые частицы готовились, как описано в Примере 1, с использованием следующей 50-граммовой смеси: 27.9 г частиц оксида алюминия (получен от компании

15 Alcoa Industrial Chemicals, Bauxite, AR, под торговым названием "Al6SG"), 7.8 г частиц оксида циркония (получен от компании Zirconia Sales Inc., Marietta, GA, под торговым названием "DK-2") и 14.3 г частиц оксида иттрия (получен от компании H.C. Stark Newton, MA). Отношение оксида алюминия к оксиду циркония в начальном материале равнялось 3.5:1, и оксиды алюминия и циркония составляли в общей сложности примерно

20 72 весовых процента (вес.%). Подаваемые частицы просеивались через 30-меш сито (600-микрометровые калиброванные отверстия) и подвергались термической обработке при 1400°C в течение 2 часов в электрической печи (полученной от компании CM Furnaces, Bloomfield, NJ, под торговым названием "Rapid Temp Furnace"). Подвергшиеся

25 термической обработке частицы затем просеивались для выделения частиц с диаметрами между 125 микрометрами и 180 микрометрами, которые затем подавались в устройство для плазменного напыления и осаждались на стальных подложках, как описано в примере 1.

Подложка из углеродистой стали марки 1080 изгибалась, в результате чего покрытие отделялось от подложки, и получался свободный объемный материал. Результирующий

30 объемный материал имел размер z (толщину) величиной примерно 700 микрометров, что определялось с помощью оптической микроскопии. Исследование микроструктуры также проводилось с помощью оптической микроскопии. Материал состоял из, как правило, кристаллических непрозрачных частиц (которые сохраняли свои первоначальные угловатые формы) в преобладающе прозрачной аморфной матрице. Кристаллические

35 фазы, определенные с помощью порошковой РД, как описано в примере 1, состояли из $\text{Al}_5\text{Y}_3\text{O}_{12}$ и $\text{Y}_{0.15}\text{Zr}_{0.85}\text{O}_{1.93}$.

Другая порция свободного объемного материала подвергалась кристаллизации при 1300°C в течение 1 часа, поверхность разлома напылялась тонким слоем золота-палладия и рассматривалась под СЭМ JEOL (Model JSM 840 A), как описано выше в примере 1.

40 Поверхность излома являлась шероховатой, и под СЭМ не было обнаружено кристаллов крупнее 200 нанометров (см. фиг.5).

Второй опыт по напылению производился с использованием термообработанных бусинок с диаметрами менее 125 микрометров. Результирующее покрытие имело толщину (размер z) около 1500 микрометров. Исследование микроструктуры проводилось с

45 помощью оптической микроскопии. Данный материал имел сходные характеристики (т.е. состоял из, как правило, непрозрачных, кристаллических частиц (которые сохраняли свои исходные угловатые формы) в преобладающе прозрачной аморфной матрице) с материалом, полученным из бусинок с диаметрами между 180 микрометрами и 250 микрометрами. Кристаллические фазы, определенные с помощью порошковой РД, как

50 описано в примере 1, состояли из $\text{Al}_5\text{Y}_3\text{O}_{12}$ и $\text{Y}_{0.15}\text{Zr}_{0.85}\text{O}_{1.93}$.

Пример 4

Используя подаваемые частицы, полученные в примерах 1-3, было произведено плазменное напыление различных слоев из трех приведенных выше примеров. Первый

слой наносился, как описано в примере 2, второй - как описано в примере 1 и третий - как описано в примере 3.

Подложка перед покрытием не подвергалась пескоструйной обработке, поэтому покрытие легко отделялось вручную, полученный свободный объемный материал имел размеры примерно 75 мм x 25 мм x 7.5 мм. Из этого материала алмазной пилой вырезалось поперечное сечение, проходящее через все три слоя. Образец поперечного сечения монтировался в монтажной смоле (полученной под торговым названием "TRANSOPTIC POWDER" от компании Buehler, Lake Bluff, IL). Полученный цилиндр из смолы имел диаметр примерно 2.5 см и высоту примерно 1.9 см. Смонтированный шлиф готовится с использованием обычных способов подготовки шлифов на шлифовальном станке (полученном от компании Buehler, Lake Bluff, IL, под торговым названием "ECOMET 3"). Образец шлифовался в течение примерно 3 минут на алмазном круге, а затем по 5 минут полируется 45-, 30-, 15-, 9-, 3- и 1-микрометровыми полировальными пастами.

Первый слой имел размер z (толщину) около 2.5 мм, что было определено с помощью оптической микроскопии. Исследование микроструктуры также проводилось с помощью оптической микроскопии. Материал имел характеристики, аналогичные характеристикам материала из примера 2 (т.е. состоял из, как правило, сферических и непрозрачных кристаллических частиц в преобладающе прозрачной аморфной матрице). Второй слой имел размер z (толщину) около 2 мм, что было определено с помощью оптической микроскопии. Исследование микроструктуры также проводилось с помощью оптической микроскопии. Материал имел характеристики, аналогичные характеристикам материала из примера 1 (т.е. был прозрачным, что говорит о его аморфности). Третий слой имел размер z (толщину) около 3 мм, что было определено с помощью оптической микроскопии. Исследование микроструктуры также проводилось с помощью оптической микроскопии. Этот материал имел характеристики, аналогичные характеристикам материала из примера 3 (т.е. состоял из, как правило, непрозрачных, кристаллических частиц (которые сохраняли свои исходные угловатые формы) в преобладающе прозрачной аморфной матрице).

Сравнительный пример А

Подаваемые частицы оксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия, средний размер которых составлял 125 микрометров (получены под торговым названием "ZIRSPRAY 9204" от компании Praxair Surface Technologies, Concord, NH), подвергались плазменному распылению в установке для плазменного напыления и осаждались на подложках из нержавеющей и углеродистой стали, как описано в примере 1.

Для образцов, полученных в примерах 1-3 и сравнительном примере А измерялся (в граммах) абразивный износ согласно стандарту ASTM G65-00el "Standard Test Method for Measuring Abrasion Using the Dry Sand/Rubber Wheel Apparatus" (Стандартный способ измерения абразивного изнашивания с помощью прибора для определения абразивного изнашивания с сухим песком/резиновым колесом). Результаты, представленные в таблице, показывают, что износостойкость (сопротивление истиранию) покрытий, полученных согласно настоящему изобретению, более чем в три раза превышает износостойкость покрытия, полученного в сравнительном примере А.

Таблица 1	
Пример	Потеря массы, граммы
Пример 1	1.3
Пример 2	1.5
Пример 3	1.2
Сравнительный пример А	5.1

Пример 5

Подаваемые частицы готовились, как описано в примере 1, с использованием следующей 50-граммовой смеси: 19.3 г частиц оксида алюминия (получен от компании Alcoa Industrial Chemicals, Bauxite, AR, под торговым названием "Al6SG"), 9.5 г

частиц оксида циркония (получен от компании Zirconia Sales Inc., Marietta, GA, под торговым названием "DK-2") и 14.3 г частиц оксида лантана (получен от компании Molycorp Inc., Mountain Pass, CA). Подаваемые частицы просеивались через 30-меш сито (600-микрометровые калиброванные отверстия) и подвергались термической обработке при 1400°C в течение 2 часов в электрической печи (полученной от компании CM Furnaces, Bloomfield, NJ, под торговым названием "Rapid Temp Furnace").

Подвергшиеся термической обработке частицы затем просеивались для выделения частиц с диаметрами менее 100 микрометров, которые затем распылялись с помощью устройства для плазменного напыления (полученного под торговым названием "Praxair SG-100 Plasma Gun" от компании Praxair Surface Technologies, Concord, NH) в цилиндрический канал, перпендикулярно прикрепленный к цилиндрическому стальному сосуду, накрытому сверху отражательными экранами, для сбора плазменно напыленных частиц. Подаваемые частицы подавались (с использованием компьютеризованного порошкового питателя Praxair Model 1270, полученного от компании Praxair Surface Technologies, Concord, NH) в плазму через отверстие в аноде плазменного распылителя. Отверстие для подачи частиц было скошено под углом около 30° в направлении задней стороны плазменного распылителя для увеличения времени пребывания частиц в плазме.

В качестве транспортирующего газа для ввода частиц в плазму использовался азот. Газы плазмы - аргон, гелий (вспомогательный газ) и азот (вспомогательный и транспортирующий газ) - образовывали высокоэнергетическую "трехгазовую" плазму, равномерно расплавляющую частицы. Использовались следующие условия: ток распылителя 1100 ампер, потенциал 52 вольта, газ дуги (аргон при 0.28 МПа (40 фн./дюйм²)), вспомогательный газ (гелий при 0.28 МПа (40 фн./дюйм²)), вспомогательный газ (азот при 0.28 МПа (40 фн./дюйм²)), транспортирующий газ (100 объемных процентов азота при 0.28 МПа (40 фн./дюйм²)).

Исследование полученных в результате плазменного напыления частиц с помощью оптической микроскопии выявило смесь сферических, удлиненных и каплевидных частиц, которые были, в основном, прозрачными или аморфными. Аморфный материал обычно является прозрачным из-за отсутствия светоотражающих центров, таких как границы кристаллов, а кристаллические частицы являются непрозрачными из-за эффектов отражения света от границ кристаллов.

Полученные путем плазменного напыления частицы подвергались кристаллизации при 1300°C в течение 1 часов в электрической печи (полученной от компании CM Furnaces, Bloomfield, NJ, под торговым названием "Rapid Temp Furnace"). Кристаллические фазы определялись способом порошковой РД, как описано в примере 1. Результирующий кристаллический материал содержал LaAlO₃, ZrO₂ (кубический, тетрагональный), LaAl₁₁O₁₈ и переходные фазы Al₂O₃.

Пример 6

Получаемые путем плазменного распыления частицы получались, как описано в примере 5, за исключением того, что распылитель "Praxair SG-100 Plasma Gun" был модифицирован путем использования удлинительного сопла Miller Thermal 2089 A (получено от компании Praxair Surface Technologies, Concord, NH). Такая конфигурация позволяла направлять распыляемые частицы для сбора в водяную баню. Исследование полученных в результате плазменного напыления частиц с помощью оптической микроскопии выявило смесь частиц с различной формой, которые были, в основном, прозрачными, аморфными.

Полученные путем плазменного напыления частицы подвергались кристаллизации при 1300°C в течение 1 часов в электрической печи (полученной от компании CM Furnaces, Bloomfield, NJ, под торговым названием "Rapid Temp Furnace"). Кристаллические фазы определялись способом порошковой РД, как описано в Примере 1. Результирующий кристаллический материал содержал LaAlO₃, ZrO₂ (кубический, тетрагональный), LaAl₁₁O₁₈ и переходные фазы Al₂O₃.

Для компетентных специалистов очевидны различные модификации и видоизменения

настоящего изобретения, которые могут быть сделаны, не выходя за рамки, и не отходя от духа настоящего изобретения, и должно быть понятно, что настоящее изобретение не должно неправильно ограничиваться иллюстративными вариантами реализации, изложенными в настоящем описании.

5

Формула изобретения

1. Способ получения керамического материала, включающий введение в плазму частиц для образования расплава, содержащих по меньшей мере 35 вес.% Al_2O_3 от общего веса частиц, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 , а также в совокупности не более 10 вес.% As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 от общего веса частиц, причем если оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , является ZrO_2 , то частицы дополнительно содержат оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , распыление и охлаждение расплава с получением аморфного материала, содержащего по меньшей мере 35 вес.% Al_2O_3 от общего веса аморфного материала, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 , где аморфный материал содержит в совокупности не более 10 вес.% As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 от общего веса аморфного материала, при этом аморфный материал имеет размеры x , y и z во взаимно перпендикулярных направлениях, составляющих по меньшей мере 25 мкм каждый, при этом если оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , является ZrO_2 , то керамический материал дополнительно содержит оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , по меньшей мере часть которого при охлаждении расплава образует по меньшей мере одну четко выраженную кристаллическую фазу.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что напыление и охлаждение расплава включает напыление расплава на подложку и охлаждение для получения аморфного материала.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что для получения частиц, содержащих аморфный материал расплав распыляют в жидкость для его охлаждения.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что каждая частица содержит по меньшей мере 35 вес.% Al_2O_3 от общего веса частицы, и где аморфный материал содержит по меньшей мере 35 вес.% Al_2O_3 , от общего веса аморфного материала.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что напыление и охлаждение расплава обеспечивает получение керамики, содержащей аморфный материал.

6. Способ получения керамического материала, включающий создание плазменной газовой струи в направлении подачи, причем плазменная газовая струя в значительной степени симметрична относительно своей оси; введение частиц в плазменную газовую струю через по меньшей мере первый подающий канал для получения расплава, причем вектор подачи частиц первого подающего канала пересекает ось струи под углом, не превышающим 75° , при этом вектор подачи частиц содержит компоненту вектора, имеющую направление, в значительной степени противоположное направлению подачи струи, при этом частицы содержат по меньшей мере 35 вес.% Al_2O_3 от общего веса частиц, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 , а также в совокупности не более 10 вес.% As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 от общего веса частиц, при этом если оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , является ZrO_2 , то частицы дополнительно содержат оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , распыление и охлаждение расплава с получением аморфного материала, причем аморфный материал содержит по меньшей мере 35 вес.% Al_2O_3 от общего веса аморфного материала, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 , где аморфный материал содержит в совокупности не более 10 вес.% As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 от общего веса аморфного материала, где аморфный материал имеет размеры x , y и z во взаимно перпендикулярных направлениях, составляющих, по меньшей мере, 25 мкм каждый, при этом если оксидом металла, иным чем Al_2O_3 , является ZrO_2 , то керамический материал дополнительно содержит оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , по меньшей мере часть которого при охлаждении расплава образует по меньшей мере одну четко выраженную кристаллическую фазу.

7. Способ получения керамического материала, включающий создание плазменной газовой струи в направлении подачи частиц, причем плазменная газовая струя в

значительной степени симметрична относительно своей оси, подачу частиц, переносимых транспортирующим газом, содержащим по меньшей мере 50 об.% азота от общего объема транспортирующего газа, в плазменную газовую струю для получения расплава, а частицы содержат по меньшей мере 35 вес.% Al_2O_3 от общего веса частиц аморфного материала, первый оксид металла, иной чем Al_2O_3 , и второй оксид металла, отличный от Al_2O_3 , при этом Al_2O_3 , первый оксид металла и второй оксид металла в совокупности составляют по меньшей мере 80 вес.% частиц, при этом если первым или вторым оксидом металла является ZrO_2 , то частицы дополнительно содержат оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , распыление и охлаждение расплава с получением керамического материала, содержащего аморфный материал, причем аморфный материал содержит по меньшей мере 35 вес.% Al_2O_3 от общего веса аморфного материала, первый оксид металла, иной чем Al_2O_3 , и второй оксид металла, отличный от Al_2O_3 , при этом Al_2O_3 , первый оксид металла и второй оксид металла в совокупности составляют по меньшей мере 80 вес.% аморфного материала, где аморфный материал содержит в совокупности не более чем 10 вес.% As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 от общего веса частиц аморфного материала, при этом если первым или вторым оксидом металла является ZrO_2 , то керамический материал содержит оксид металла, иной чем Al_2O_3 и ZrO_2 , по меньшей мере часть которого при охлаждении расплава образует четко выраженную кристаллическую фазу.

8. Композитный материал, содержащий отдельные кристаллические участки в аморфной матрице, при этом кристаллические участки и аморфная матрица каждый независимо содержит по меньшей мере 35 вес.% Al_2O_3 от общего веса кристаллических участков и аморфной матрицы, соответственно, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 , где отдельные кристаллические участки и аморфная матрица каждый содержит в общей сложности не более чем 10 вес.% As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 от общего веса кристаллических участков и аморфной матрицы, при этом композитный материал имеет размеры x , y и z во взаимно перпендикулярных направлениях, составляющих, по меньшей мере, 150 мкм каждый.

9. Композитный материал по п.8, отличающийся тем, что аморфная матрица не характеризуется T_g - температурой стеклования.

10. Композитный материал по п.8, отличающийся тем, что аморфная матрица является стеклом.

11. Композитный материал по п.8, отличающийся тем, что он содержит первую область и вторую область, при этом первая область имеет среднее число четко выраженных кристаллических участков на кубический миллиметр, вторая область имеет среднее число четко выраженных кристаллических участков на кубический миллиметр, при этом среднее число четко выраженных кристаллических участков на кубический миллиметр в первой области превышает среднее число четко выраженных кристаллических участков на кубический миллиметр во второй области.

12. Композитный материал по п.11, отличающийся тем, что содержит третью область, расположенную между первой и второй областями, при этом третья область имеет среднее число четко выраженных кристаллических участков на кубический миллиметр, среднее число четко выраженных кристаллических участков на кубический миллиметр в третьей области больше среднего числа четко выраженных кристаллических участков на кубический миллиметр во второй области и меньше среднего числа четко выраженных кристаллических участков на кубический миллиметр в первой области.

13. Композитный материал по п.11, отличающийся тем, что среднее число четко выраженных кристаллических участков на кубический миллиметр в первой области по меньшей мере на 50% больше среднего числа отдельных кристаллических участков на кубический миллиметр во второй области.

14. Композитная керамика, содержащая отдельные кристаллические участки в стеклокерамической матрице, при этом кристаллические участки и стеклокерамическая матрица каждый независимо содержит по меньшей мере 35 вес.% Al_2O_3 от общего веса

кристаллических участков и стеклокерамической матрицы, соответственно, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 , при этом отдельные кристаллические участки и стеклокерамическая матрица каждый содержит в совокупности не более чем 10 вес.% As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 от общего веса кристаллических участков и стеклокерамической матрицы, при этом композитная керамика имеет размеры x , y и z во взаимно перпендикулярных направлениях, составляющих, по меньшей мере, 150 мкм каждый.

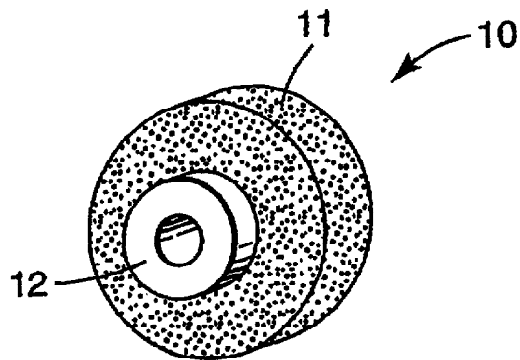
15. Композитная керамика по п.14, отличающаяся тем, что отдельные кристаллические области имеют средний размер кристаллов, не превышающий 200 нм.

16. Композитная керамика по п.14, отличающаяся тем, что по меньшей мере 50 об.% стеклокерамики является кристаллической.

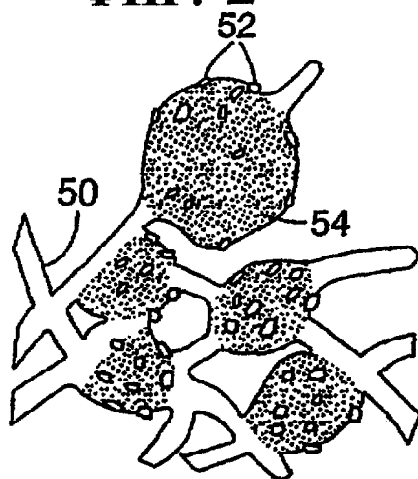
17. Стеклокерамический слой, имеющий первую и вторую противоположащие поверхности, первый керамический композитный участок содержит по меньшей мере 35 вес.% Al_2O_3 от общего веса первого композитного керамического участка, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 , при этом первый керамический композитный участок содержит в совокупности не более 10 вес.% As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 от общего веса первого композитного керамического участка, и второй керамический композитный участок, содержащий по меньшей мере 35 вес.% Al_2O_3 от общего веса второго композитного керамического участка, и оксид металла, иной чем Al_2O_3 , где второй керамический композитный участок содержит в совокупности не более чем 10 вес.% As_2O_3 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , TeO_2 и V_2O_5 от общего веса второго композитного керамического участка, при этом первый керамический композитный участок находится ближе к первой поверхности, чем ко второй поверхности, причем второй керамический композитный участок находится ближе к второй поверхности, чем к первой поверхности, а первый керамический композитный участок имеет размеры x , y и z во взаимно перпендикулярных направлениях, составляющих по меньшей мере 150 мкм каждый.

18. Стеклокерамический слой по п.17, отличающийся тем, что первый керамический композитный участок является аморфным, а второй керамический композитный участок является, по меньшей мере, частично кристаллическим.

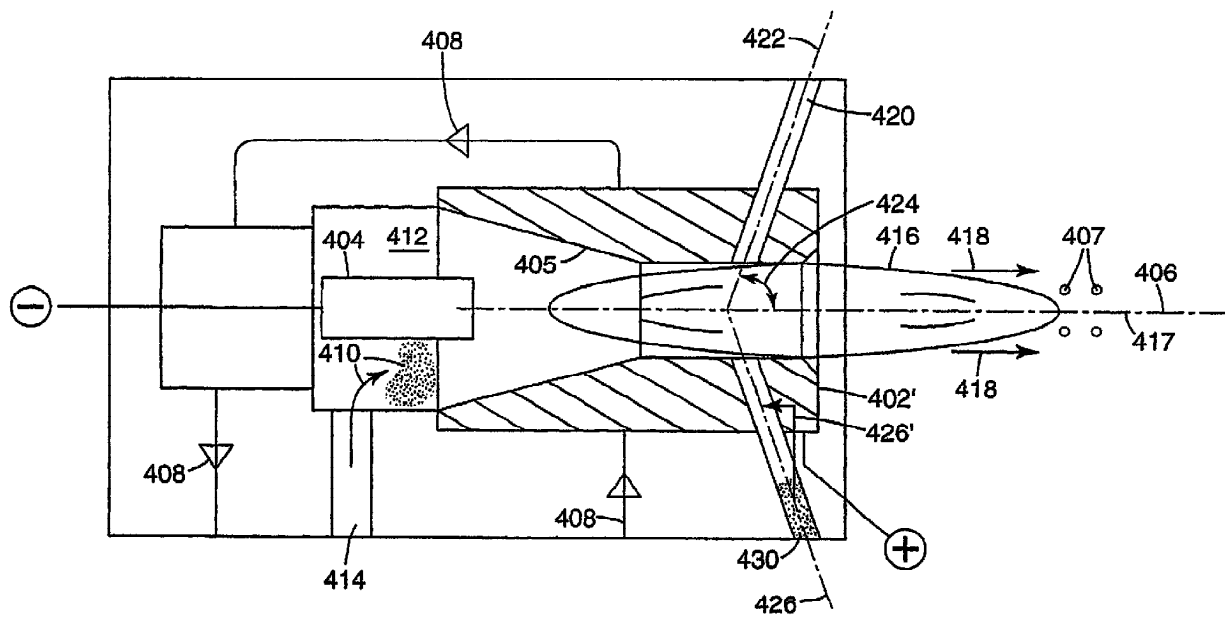
19. Стеклокерамический слой по п.17, отличающийся тем, что каждый из первого и второго керамических композитных участков является по меньшей мере частично кристаллическим.



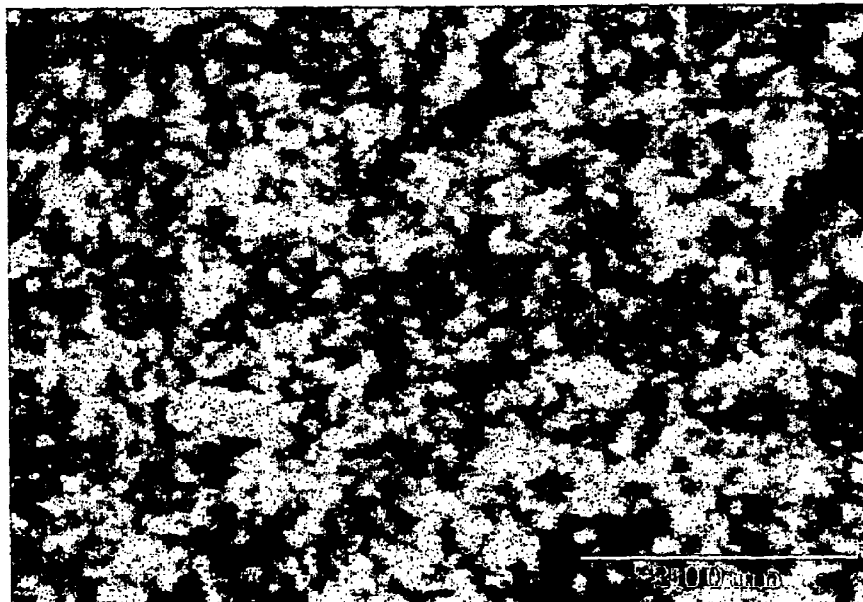
ФИГ. 2



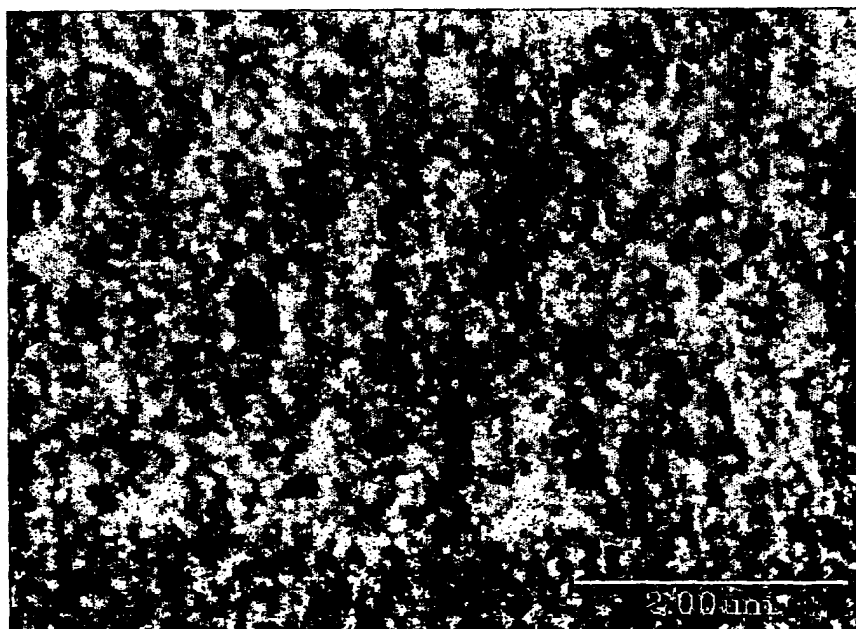
ФИГ. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 5



ФИГ. 6