

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035138**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.04.30

(21) Номер заявки
201891564

(22) Дата подачи заявки
2017.02.10

(51) Int. Cl. **C04B 35/109** (2006.01)
B24D 3/14 (2006.01)
C04B 35/111 (2006.01)
C09K 3/14 (2006.01)

(54) **ПЛАВЛЕННЫЕ ЗЕРНА ИЗ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ И ОКСИДА ЦИРКОНИЯ**

(31) **1651149**

(32) **2016.02.12**

(33) **FR**

(43) **2019.01.31**

(86) **PCT/EP2017/053062**

(87) **WO 2017/137596 2017.08.17**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**СЕН-ГОБЕН САНТР ДЕ РЕШЕРШ Э
Д'ЭТИЮД ЭРОПЕЭН (FR)**

(72) Изобретатель:
**Дельволь Селин, Афсейксборд Арно
(FR)**

(74) Представитель:
Харин А.В., Буре Н.Н. (RU)

(56) **CA-A-1056605**
US-A-4049397

(57) Настоящее изобретение относится к плавленому зерну, имеющему следующий химический состав в мас.% в расчете на оксиды: содержание ZrO_2 составляет от 16 до 30% при условии, что содержание HfO_2 составляет менее 2%, содержание Al_2O_3 составляет процентное содержание, необходимое до достижения 100%, содержание Cr_2O_3 больше или равно 0,2%, содержание TiO_2 больше или равно 0,5%, суммарное содержание Cr_2O_3 и TiO_2 составляет менее 7%, содержание других элементов составляет менее 3% при условии, что суммарное содержание SiO_2 , CaO и MgO составляет менее 1,5%.

B1

035138

035138
B1

Область техники

Настоящее изобретение относится к плавленому керамическому зерну, в частности для применения в качестве абразивных зерен. Изобретение также относится к смеси указанных зерен, а также к абразивному инструменту, включающему смесь зерен согласно изобретению.

Предшествующий уровень техники

Абразивные инструменты, как правило, классифицируют в соответствии с формой, в которой изготовлены входящие в их состав керамические зерна: свободные абразивы (применение при распылении или в виде суспензии без подложки), покрытые абразивы (подложка из ткани или бумаги, где зерна расположены в несколько слоев) и связанные абразивы (например, в форме округлых шлифовальных дисков или брусков). В последних случаях абразивные зерна спрессованы с органическим или стекловидным связующим веществом (в данном случае связующим веществом, состоящим из оксидов, которые являются, по существу, силикатированными). Эти зерна сами по себе должны демонстрировать хорошие механические свойства при истирании (в частности, твердость) и обеспечивать хорошее механическое сцепление со связующим веществом (долговечность поверхности контакта). В настоящее время существуют различные семейства абразивных зерен, которые позволяют охватить широкий спектр способов применения и характеристик: зерна оксидов, синтезируемые путем плавления, в частности, обеспечивают превосходное сочетание качества/стоимости изготовления.

Абразивные зерна на основе оксида алюминия, которые, как правило, применяют при изготовлении шлифовальных кругов или абразивных лент, объединяют в три основные категории в зависимости от типа применения и встречающихся условий истирания: зерна на основе плавленого оксида алюминия, зерна на основе плавленого оксида алюминия и оксида циркония и зерна на основе оксида алюминия, полученные золь-гель способом или посредством экструзии и спекания абразивных паст.

Среди плавленых зерен из US-A-3181939 известны материалы на основе оксида алюминия и оксида циркония. Эти зерна, как правило, состоят из от 10 до 60% оксида циркония и от 0 до 10% добавки, остальную часть составляет оксид алюминия. Оксид титана в количестве от 1,5 до 10% в соответствии с патентом US 5143522 или оксиды R_2O_3 , где R выбран из ванадия, хрома, марганца, кобальта и их смесей, в количестве от 0,1 до 12% в соответствии с патентом US 4035162 известны в качестве добавки.

Как правило, качественные характеристики абразивов для различных зерен определяют и сравнивают по соотношению массы обработанной стали, деленной на массу абразивных зерен, израсходованных во время указанной обработки, известному здесь как соотношение S, а также по максимальной мощности, вырабатываемой инструментом во время обработки, известной в настоящем документе как P_{\max} , и сроку службы инструмента, известному здесь как t_{\max} .

Условия обработки становятся все более жесткими.

Таким образом, существует потребность в смеси абразивных плавленых гранул оксида алюминия и оксида циркония, обеспечивающей высокое соотношение S и увеличенную максимальную мощность P_{\max} и/или увеличенный срок службы t_{\max} . Одна из задач настоящего изобретения заключается в удовлетворении этой потребности.

Краткое описание изобретения

Согласно настоящему изобретению эта задача достигается с помощью плавленого зерна, обладающего в одном из вариантов осуществления следующим химическим составом в мас.% в расчете на оксиды:

ZrO₂ - от 16 до 30% при условии, что HfO₂ менее 2%;

Al₂O₃ - остальное до 100%;

Cr₂O₃ - более или равен 0,2%, предпочтительно более 0,4%;

TiO₂ - более или равен 0,5%;

Cr₂O₃+TiO₂ - менее 7%.

Другие элементы: менее 3% при условии, что суммарное содержание SiO₂, CaO и MgO менее 1,5%.

В одном варианте осуществления плавленное зерно обладает следующим химическим составом в мас.% в расчете на оксиды:

ZrO₂ - от 16 до 30% при условии, что HfO₂ менее 2%;

Al₂O₃ - остальное до 100%;

Cr₂O₃ - 0,2% до 4%;

TiO₂ - от 0,5 до 6%.

Другие элементы: менее 3%, при условии, что суммарное содержание SiO₂, CaO и MgO составляет менее 1,5%.

Как будет более подробно показано в продолжении описания, авторы настоящего изобретения обнаружили, что при вышеуказанной химической композиции, и в частности при комбинации Cr₂O₃ и TiO₂, эффективность обработки повышается.

Зерно согласно изобретению также может обладать, независимо от вышеприведенного варианта осуществления, одной или более из следующих необязательных характеристик.

Содержание ZrO₂ составляет предпочтительно более 17, предпочтительно более 18, предпочтительно более 19, предпочтительно более 20, предпочтительно более 21, предпочтительно более 22 и/или менее 29%, предпочтительно менее 28, предпочтительно менее 27% в мас.% в расчете на оксиды.

Содержание Cr_2O_3 составляет предпочтительно более 0,5 и/или менее 6,5%, предпочтительно менее 6, предпочтительно менее 5,5, предпочтительно менее 5, предпочтительно менее или равно 4, предпочтительно менее 3,8, предпочтительно менее 3,6, предпочтительно менее 3,4, предпочтительно менее 3,2, предпочтительно менее 3, предпочтительно менее 2,8, предпочтительно менее 2,6, предпочтительно менее 2,4, предпочтительно менее 2,2, предпочтительно менее 2, предпочтительно менее 1,9, предпочтительно менее 1,8, предпочтительно менее 1,7, предпочтительно менее 1,6, предпочтительно менее 1,5% в мас.% в расчете на оксиды.

В одном из предпочтительных вариантов осуществления содержание TiO_2 составляет предпочтительно более 0,6, предпочтительно более 0,7, предпочтительно более 0,8, предпочтительно более 0,9, предпочтительно более 1 и/или менее 6,5%, предпочтительно менее или равно 6, предпочтительно менее 5,8, предпочтительно менее 5,6, предпочтительно менее 5,4, предпочтительно менее 5,2, предпочтительно менее 5, предпочтительно менее 4,8, предпочтительно менее 4,6, предпочтительно менее 4,4, предпочтительно менее 4,2, предпочтительно менее 4, предпочтительно менее 3,8, предпочтительно менее 3,6, предпочтительно менее 3,4, предпочтительно менее 3,2, предпочтительно менее 3, предпочтительно менее 2,9, предпочтительно менее 2,8, предпочтительно менее 2,7, предпочтительно менее 2,6, предпочтительно менее 2,5% в мас.% в расчете на оксиды.

В одном из предпочтительных вариантов осуществления суммарное содержание Cr_2O_3 и TiO_2 составляет предпочтительно более 0,9, предпочтительно более 1, предпочтительно более 1,2, предпочтительно более 1,4 и/или менее 6,8%, предпочтительно менее 6,6, предпочтительно менее 6,4, предпочтительно менее 6,2, предпочтительно менее 6, предпочтительно менее 5,8, предпочтительно менее 5,6, предпочтительно менее 5,4, предпочтительно менее 5,2, предпочтительно менее 5, предпочтительно менее 4,8, предпочтительно менее 4,6, предпочтительно менее 4,4, предпочтительно менее 4,2, предпочтительно менее 4, предпочтительно менее 3,8, предпочтительно менее 3,6, предпочтительно менее 3,4, предпочтительно менее 3,3, предпочтительно менее 3,2, предпочтительно менее 3% в мас.% в расчете на оксиды.

В одном из вариантов осуществления содержание TiO_2 составляет предпочтительно более 4, предпочтительно более 4,5, предпочтительно более 5,0 и/или менее 6,5%, предпочтительно менее 6%, и суммарное содержание Cr_2O_3 и TiO_2 составляет предпочтительно более 4,4, предпочтительно более 4,8, предпочтительно более 5, предпочтительно более 5,5, предпочтительно более 5,8 и/или менее 6,9%, предпочтительно менее 6,6, предпочтительно менее 6,4% в мас.% в расчете на оксиды.

Содержание "других элементов" составляет предпочтительно менее 2,8, предпочтительно менее 2,5, предпочтительно менее 2,3, предпочтительно менее 2, предпочтительно менее 1,5, предпочтительно менее 1% в мас.% в расчете на оксиды. В частности:

содержание SiO_2 составляет предпочтительно менее 1,4, предпочтительно менее 1,3, предпочтительно менее 1,2, предпочтительно менее 1, предпочтительно менее 0,8, предпочтительно менее 0,6% в мас.% в расчете на оксиды; преимущественно тем самым качественные характеристики зерна улучшаются, и/или

содержание MgO составляет предпочтительно менее 0,5, предпочтительно менее 0,4, предпочтительно менее 0,3, предпочтительно менее 0,2% в мас.% в расчете на оксиды, и/или

содержание CaO составляет предпочтительно менее 0,5, предпочтительно менее 0,4, предпочтительно менее 0,3, предпочтительно менее 0,2% в мас.% в расчете на оксиды, и/или

содержание Na_2O составляет предпочтительно менее 0,1, предпочтительно менее 0,05, предпочтительно менее 0,03, предпочтительно менее 0,01% в мас.% в расчете на оксиды; преимущественно тем самым качественные характеристики зерна улучшаются, и/или

суммарное содержание SiO_2 , CaO и MgO составляет предпочтительно менее 1,3, предпочтительно менее 1, предпочтительно менее 0,8, предпочтительно менее 0,6, предпочтительно менее 0,5%.

Другие элементы предпочтительно являются примесями.

Содержание оксидов составляет предпочтительно более 90, предпочтительно более 95, предпочтительно более 98, предпочтительно более 99% в мас.% в расчете на массу зерна.

Содержание углерода C составляет предпочтительно более 0,01, предпочтительно более 0,03, предпочтительно более 0,05 и/или менее 0,6%, предпочтительно менее 0,5, предпочтительно менее 0,4, предпочтительно менее 0,3% в мас.% в расчете на массу плавленного зерна.

Настоящее изобретение также относится к смеси зерен, включающей в мас.% более 80, предпочтительно более 90, предпочтительно более 95, предпочтительно более 99, предпочтительно, по существу, 100% абразивных зерен по изобретению.

Предпочтительно смесь зерен согласно изобретению имеет максимальный размер менее 4 мм и/или 10 перцентиль (D_{10}) более 50 мкм.

Предпочтительно смесь зерен согласно изобретению имеет распределение частиц по размерам в соответствии с размерами смесей или гранул, определенными в соответствии со стандартом FEPA 43-GB-1984, R1993.

Настоящее изобретение также относится к способу получения смеси плавленных зерен согласно изобретению, включающему следующие последовательные стадии:

- a) смешивание исходных материалов с образованием исходного сырья;
- b) плавление указанного исходного сырья до получения плавленного материала;
- c) затвердевание указанного плавленного материала;
- d) необязательно, и в частности если стадия c) не приводит к получению зерен, измельчение указанной твердой массы с получением порошка зерен;
- e) необязательно отбор размера частиц.

Согласно настоящему изобретению исходные материалы выбраны на стадии a) таким образом, что твердая масса, полученная по окончании стадии c), обладает композицией в соответствии с композицией зерна согласно изобретению.

Настоящее изобретение также относится к абразивному инструменту, включающему зерна, соединенные связующим веществом, и соединенные, например, в форме шлифовального круга или нанесенные на подложку, например нанесенные в виде слоя на гибкую подложку, причем данный инструмент примечателен тем, что по меньшей мере часть, предпочтительно более 50, предпочтительно более 70, предпочтительно более 80, предпочтительно более 90, предпочтительно более 95, предпочтительно более 99%, предпочтительно все из указанных зерен соответствуют настоящему изобретению. Абразивный инструмент может представлять собой, в частности, профилированный шлифовальный круг, прецизионный шлифовальный круг, шлифовальный круг для заточки, режущий шлифовальный круг, шлифовальный круг для ручной обработки, обдирочный или зачистной шлифовальный круг, регулирующий шлифовальный круг, портативный шлифовальный круг, шлифовальный круг для литых деталей, шлифовальный круг для дреелей, шлифовальную головку, цилиндрический шлифовальный круг, конический шлифовальный круг, дисковый шлифовальный круг, или сегментный шлифовальный круг, или любой другой тип шлифовального круга.

В целом настоящее изобретение относится к применению зерен согласно изобретению, в частности в абразивном инструменте согласно изобретению, для шлифования.

Определения.

Содержание оксидов в зерне согласно изобретению относится к общему содержанию для каждого из соответствующих химических элементов, выраженных в форме наиболее стабильного оксида, в соответствии со стандартами и нормами промышленности; таким образом, включены субоксиды и необязательно нитриды, оксинитриды, карбиды, оксикарбиды, карбонитриды или даже металлические частицы в вышеупомянутых элементах. Углерод относится к "другим элементам"; таким образом, его содержание выражается содержанием CO_2 .

Под термином "примеси" понимают неизбежные составляющие, обязательно вносимые вместе с исходными материалами. В частности, соединения, которые входят в состав группы оксидов, нитридов, оксинитридов, карбидов, оксикарбидов, карбонитридов и металлических частиц натрия и других щелочных металлов, железа и ванадия, представляют собой примеси. В качестве примеров можно упомянуть CaO , MgO или Na_2O . Оксид гафния не рассматривают в качестве примеси.

Под термином "предшественник" оксида понимают составляющую, способную обеспечить указанный оксид во время изготовления зерна или смеси зерен согласно изобретению.

Под термином "плавленное зерно" или более широким термином "плавленный продукт" понимают твердое зерно (или продукт), полученное путем затвердевания, посредством охлаждения плавленного материала.

"Плавленный материал" представляет собой объект, который становится жидкостью при нагревании исходного сырья, которое может включать немного твердых частиц, но в количестве, недостаточном для того, чтобы они могли придавать структуру указанному объекту. Чтобы сохранить свою форму, плавленный материал должен находиться внутри сосуда. Плавленные продукты на основе оксидов согласно изобретению обычно получают плавлением при температуре выше 1400°C .

10 (D_{10}), 50 (D_{50}) и 99,5 ($D_{99,5}$) процентилю или "центили" порошка представляют собой размеры частиц, соответствующие 10, 50 и 99,5 мас.% соответственно на кумулятивной кривой распределения размера частиц порошка, причем размеры частиц классифицируются в порядке возрастания. Например, 10 мас.% частиц порошка имеют размер менее D_{10} и 90 мас.% частиц имеют размер более чем D_{10} . Процентилю могут быть определены с применением распределения размера частиц, полученного с помощью лазерного измерителя размера частиц.

"Максимальный размер" относится к 99,5 ($D_{99,5}$) процентилю указанного порошка.

"Медианный размер" относится к D_{50} процентилю, то есть к размеру, разделяющему частицы на первую и вторую совокупности, равные по массе, причем указанные первая и вторая совокупности включают только частицы, имеющие размер больше или соответственно меньше медианного размера.

В настоящем описании, если не указано иное, все композиции зерна указаны в мас.% в расчете на общую массу оксидов зерна.

Подробное описание изобретения

Описание, приведенное ниже, обеспечено в иллюстративных целях и не ограничивает настоящее изобретение.

Плавленные зерна по изобретению могут быть произведены в соответствии с вышеупомянутыми

стадиями а)-е), которые являются традиционными для производства зерен оксида алюминия-диоксида циркония. Параметры могут, например, принимать значения процесса, применяемого для приведенных ниже примеров.

На стадии а) исходные материалы обычно дозируют так, чтобы получить желаемую композицию, и затем смешивают для получения исходного сырья.

Металлы Zr, Hf, Al и Ti в исходном сырье, по существу, полностью находятся в плавленных зернах.

Тем не менее, элемент хром может частично улетучиваться, в частности в форме оксида во время плавления. Специалисту в данной области техники известно, каким образом последовательно корректировать состав исходного сырья.

Металлы Zr, Hf, Al, Cr и Ti предпочтительно вводят в исходное сырье в форме оксидов ZrO_2 , HfO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 и TiO_2 . Также их можно последовательно вводить в форме предшественников данных оксидов.

В одном из вариантов осуществления исходное сырье состоит из оксидов ZrO_2 , HfO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 и TiO_2 и/или предшественников этих оксидов и источника углерода.

Предпочтительно исходное сырье включает углерод, предпочтительно в форме кокса, в количестве от 1 до 4% в расчете на массу исходного сырья.

Считается, что содержание в зернах "других элементов" менее 3% не подавляет технический эффект, обеспечиваемый настоящим изобретением, при условии, что суммарное содержание SiO_2 , CaO и MgO составляет менее 1,5%.

Если суммарное содержание SiO_2 , CaO и MgO составляет больше или равно 1,5%, то качественные характеристики абразивов являются неприемлемыми.

"Другие элементы" предпочтительно являются примесями. Предпочтительно содержание примесей составляет менее 2, менее 1, даже менее 0,5%.

На стадии b) предпочтительно применять электродуговую печь, предпочтительно типа Эру, с графитовыми электродами, но можно рассматривать любую известную печь, такую как индукционная печь или плазменная печь, при условии, что они позволяют расплавить исходное сырье. Исходные материалы предпочтительно плавят в восстановительной среде (в частности, с добавлением в печь источника углерода, например нефтяного кокса, смолы или угля), предпочтительно при атмосферном давлении.

Предпочтительно применять электродуговую печь с печной камерой емкостью 80 л, с энергией плавления до отлива по меньшей мере 1,5 кВт·ч/кг исходных материалов для мощности по меньшей мере 150 кВт, или электродуговую печь с другой емкостью, применяемую в эквивалентных условиях. Специалисту в данной области техники известно, каким образом определить такие эквивалентные условия.

На стадии с) охлаждение должно быть быстрым, то есть таким, чтобы плавленный материал полностью затвердел менее чем за 3 мин. Например, это может происходить в результате заливки в формы, как описано в US 3993119, или закалки.

Если стадия с) не позволяет получить порошок зерен или если эти зерна не имеют распределения размера частиц, подходящего для целевого применения, то можно провести измельчение (стадия d) в соответствии с общепринятыми методиками.

На стадии е), если предыдущие стадии не позволяют получить порошок зерен, демонстрирующих распределение размера частиц, подходящее для целевого применения, то может быть осуществлен отбор размера частиц, например, путем просеивания или циклонирования.

Способы получения абразивных инструментов по изобретению хорошо известны.

Связанные абразивные инструменты, в частности шлифовальный круг, могут быть изготовлены путем прессования в форму смеси абразивных зерен и связующего вещества. В абразивном инструменте согласно изобретению связующее вещество может быть стекловидным (например, связующее вещество, состоящее из оксидов, по существу, силикатов) или органическим. Органическое связующее вещество является очень подходящим.

Связующее вещество может представлять собой, в частности, термореактивную смолу. Оно может быть выбрано из группы, состоящей из фенольной, эпоксидной, акрилатной, полиэфирной, полиамидной, полибензимидазольной, полиуретановой, феноксиольной, фенол-фурфурольной, анилин-формальдегидной, мочевино-формальдегидной, крезоло-альдегидной, резорцин-альдегидной, мочевино-альдегидной или меламин-формальдегидной смолы и их смесей.

Как правило, связующее вещество составляет от 2 до 60 об.%, предпочтительно от 20 до 40 об.% смеси. Связующее вещество также может включать органические или неорганические наполнители, такие как гидратированные неорганические наполнители (например, тригидрат оксида алюминия или бемит) или негидратированные неорганические наполнители (например, оксид молибдена), криолит, галоген, плавиковый шпат, сульфид железа, сульфид цинка, оксид магния, карбид кремния, хлорид кремния, хлорид калия, дихлорид марганца, фторборат калия или цинка, фторалюминат калия, оксид кальция, сульфат калия, сополимер винилиденхлорида и винилхлорида, поливинилиденхлорид, поливинилхлорид, волокна, сульфиды, хлориды, сульфаты, фториды и их смеси. Связующее вещество также может содержать армирующие волокна, такие как стекловолокно.

Примеры

Следующие неограничивающие примеры приведены с целью иллюстрирования настоящего

изобретения.

Продукты, представленные в качестве примеров, получают из следующих исходных материалов.

Порошок оксида алюминия, распространяемый Alteo под наименованием AR75, имеющий содержание оксида алюминия более 99,4% и содержание оксида натрия менее 2500 млн⁻¹.

Порошок оксида циркония, имеющий среднее содержание диоксида циркония более 85%, содержание диоксида кремния в среднем 5%, содержание оксида алюминия менее 10%, содержание оксида гафния менее 2%, содержание других оксидов менее 1% и максимальный размер, равный 13 мкм.

Порошок оксида титана "Rutile Sand Premium Grade", распространяемый Traxys FrancePra, имеющий содержание TiO₂ более 95%, и 80 мас.% частиц которого имеет размер менее 106 мкм.

Пигментный порошок оксида хрома Cr₂O₃, распространяемый Lanxess под наименованием Bauoxide® C GN-R, имеющий содержание Cr₂O₃ более 98,5 мас.%.

Смолистый кокс, распространяемый Altichem, с размером от 1 до 4 мм.

Зерна получают в соответствии со следующим традиционным способом, хорошо известным специалистам в данной области техники:

- a) исходные материалы смешивают с образованием исходного сырья;
- b) плавят в однофазной электродуговой печи типа Эру, включающей графитовые электроды, с печной камерой, имеющей емкость 80 л и диаметр 0,8 м, напряжением 145-150 В, током 1700 А и удельной потребляемой электрической энергией, равной 1,7 кВт·ч/кг;
- c) резко охлаждают расплавленный материал с помощью устройства для отливки между тонкими металлическими пластинами, например представленного в патенте US-A-3993119, чтобы получить полностью твердый лист, составляющий твердую массу;
- d) указанную твердую массу, охлажденную на стадии c), измельчают, чтобы получить смесь зерен;
- e) отбирают путем просеивания зерна от 500 до 600 мкм.

Композиции исходного сырья в мас.%, применяемые на стадии a) для получения зерен из различных примеров, приведены в следующей табл. 1.

Таблица 1

Примеры	Порошок оксида алюминия	Порошок оксида циркония	Порошок оксида титана	Порошок оксида хрома	Смолистый кокс
Сравнительный пример 1	66	25,5	0	6,6	1,9
Сравнительный пример 2	68,3	26,7	3	0	2
Сравнительный пример 3	67,5	25,5	0	5,1	1,9
1	67,7	27	2,5	0,8	2
2	68,5	27	1,9	0,6	2
Сравнительный пример 4	69	27	2	0	2
Сравнительный пример 5	59,2	23,8	0	15	2
Сравнительный пример 6	64,8	25,2	8	0	2
3	64,7	25,3	7	1	2

Для оценки качественных характеристик и срока службы смесей зерен шлифовальные круги диаметром 12,6 см, содержащие 1,02 г зерен из каждого примера, изготавливают следующим способом: диск из стали марки 4140 с диаметром 12,6 см и толщиной 6 мм очищают. Затем кромку диска (определяющую его толщину) покрывают фенольной смолой. Один слой испытуемых зерен последовательно равномерно осаждают на указанной смоле, которая является еще достаточно теплой, чтобы оставаться липкой. После цикла сушки, общей продолжительностью равной 17 ч и с максимальной достигаемой температурой равной 175°C, поверх испытуемых зерен наносят слой фенольной смолы, а затем сборку помещают в печь в цикл с общей продолжительностью, равной 17 ч, и максимальной достигаемой температурой, равной 175°C, чтобы получить испытуемый шлифовальный круг.

Поверхность пластины из нержавеющей стали 304 с размерами 20,5 см×7,6 см×6 см впоследствии обрабатывают данными шлифовальными кругами с непрерывным движением с постоянной скоростью, поддерживая постоянную глубину среза 40 мкм и скорость вращения шлифовального круга 3600 об/мин. Фиксируют максимальную мощность P_{\max} , вырабатываемую шлифовальным кругом во время обработки.

После полного износа шлифовального круга определяют массу обработанной стали (то есть массу стали, удаленной шлифованием), " M_a ", и массу израсходованного шлифовального круга, " M_m ". Соотношение S равно отношению M_a/M_m .

Эффективность резки определяют путем измерения максимальной мощности, вырабатываемой шлифовальным кругом во время обработки при испытании, P_{\max} и срока службы шлифовального круга t_{\max} , причем срок службы шлифовального круга считается завершенным, когда все зерна шлифовального круга израсходованы.

Химические композиции различных смесей испытуемых зерен представлены в табл. 2. Результаты, полученные для указанных смесей, представлены в табл. 3.

Чтобы подчеркнуть соответствующие эффекты оксида титана и оксида хрома, сравниваемые примеры должны демонстрировать одинаковое общее содержание этих двух оксидов. Пример 1 следует сравнивать со сравнительным примером 1 или сравнительным примером 2. Пример 2 следует сравнивать со сравнительным примером 3 или сравнительным примером 4. Пример 3 следует сравнивать со сравнительным примером 5 или сравнительным примером 6.

Процент улучшения соотношения S рассчитывают по следующей формуле:

$100 \times (\text{соотношение } S \text{ продукта рассматриваемого примера} - \text{соотношение } S \text{ продукта эталонного примера}) / \text{соотношение } S \text{ продукта эталонного примера}$,

причем эталонный пример представляет собой сравнительный пример 1 или сравнительный пример 2 для примера 1, сравнительный пример 3 или сравнительный пример 4 для примера 2 и сравнительный пример 5 или сравнительный пример 6 для примера 3.

Процент снижения максимальной мощности, вырабатываемой шлифовальным кругом во время испытания, P_{\max} рассчитывают по следующей формуле:

$100 \times (P_{\max} \text{ продукта эталонного примера} - P_{\max} \text{ продукта рассматриваемого примера}) / P_{\max} \text{ продукта эталонного примера}$,

причем эталонный пример представляет собой сравнительный пример 1, сравнительный пример 2, сравнительный пример 3, сравнительный пример 4, сравнительный пример 5 или сравнительный пример 6, как для определения процента улучшения соотношения S . Положительное и высокое значение процента снижения максимальной мощности, вырабатываемой шлифовальным кругом во время испытания, P_{\max} является желательным.

Процент улучшения срока службы шлифовального круга t_{\max} рассчитывают по следующей формуле:

$100 \times (t_{\max} \text{ продукта рассматриваемого примера} - t_{\max} \text{ продукта эталонного примера}) / t_{\max} \text{ продукта эталонного примера}$,

причем эталонный пример представляет собой сравнительный пример 1, сравнительный пример 2, сравнительный пример 3, сравнительный пример 4, сравнительный пример 5 или сравнительный пример 6, как для определения процента улучшения соотношения S . Положительное и высокое значение процента увеличения срока службы шлифовального круга t_{\max} является желательным.

Полученные результаты обобщены в следующих табл. 2, 3 и 4.

Сравнительные примеры 2, 4 и 6 представляют собой смеси зерен в соответствии с US 5143522, а сравнительные примеры 1, 3 и 5 представляют собой смеси зерен в соответствии с US 4035162.

Зерна из сравнительных примеров просеивают от 500 до 600 мкм.

Таблица 2

Пример	ZrO ₂ + HfO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Cr ₂ O ₃ + TiO ₂ (%)	Другие элементы, выраженные в форме оксидов (%)	
						Всего	SiO ₂
Сравнительный пример 1	24,4	Остальное до 100 %	2,54	0,10	2,64	менее 1,23	0,53
Сравнительный пример 2	26,0	Остальное до 100 %	0,03	2,77	2,80	менее 1,30	0,60
Сравнительный пример 3	25,0	Остальное до 100 %	1,93	0,09	2,02	менее 1,22	0,52
1	26,0	Остальное до 100 %	0,61	2,11	2,72	менее 0,90	0,20
2	24,5	Остальное до 100 %	0,46	1,60	2,06	менее 0,83	0,13
Сравнительный пример 4	25,9	Остальное до 100 %	0,01	2,19	2,19	менее 0,65	0,30
Сравнительный пример 5	24,5	Остальное до 100 %	6,95	0,10	7,05	менее 0,53	0,35
Сравнительный пример 6	24,1	Остальное до 100 %	0,01	7,09	7,10	менее 0,67	0,43
3	24,4	Остальное до 100 %	0,77	6,17	6,94	менее 0,47	0,27

Во всех примерах Na₂O составляет менее 0,05%, MgO менее 0,05%, CaO менее 0,05%, суммарное содержание SiO₂, CaO и MgO составляет менее 0,8% в расчете на оксиды.

Углерод С всегда составляет менее 0,20% от массы зерен.

Таблица 3

Пример	Соотношение S			P _{max}			t _{max}		
	% улучшения/ сравнительный пример 1	% улучшения/ сравнительный пример 2	% улучшения/ сравнительный пример 3	% снижения/ сравнительный пример 1	% снижения/ сравнительный пример 2	% снижения/ сравнительный пример 3	% улучшения/ сравнительный пример 1	% улучшения/ сравнительный пример 2	% улучшения/ сравнительный пример 3
1	40	3	-	23	9	-	14	17	-
2	-	-	56	-	-	33	-	-	37

Таблица 4

Пример	Соотношение S			P _{max}			t _{max}		
	% улучшения/ сравнительный пример 4	% улучшения/ сравнительный пример 5	% улучшения/ сравнительный пример 6	% снижения/ сравнительный пример 4	% снижения/ сравнительный пример 5	% снижения/ сравнительный пример 6	% улучшения/ сравнительный пример 4	% улучшения/ сравнительный пример 5	% улучшения/ сравнительный пример 6
2	5	-	-	25	-	-	28	-	-
3	-	25	1	-	14	13	-	20	22

Авторы настоящего изобретения считают, что существует хорошее сочетание соотношения S, максимальной мощности, вырабатываемой шлифовальным кругом во время механической обработки при испытании, P_{max} и сроком службы шлифовального круга t_{max}, когда

с одной стороны, соотношение S является одинаковым или более, чем для продуктов из эталонных примеров,

и с другой стороны, максимальная вырабатываемая мощность P_{max} снижается по меньшей мере на 5% по сравнению с продуктами из эталонных примеров и/или

срок службы шлифовального круга t_{max} увеличивается по меньшей мере на 6% по сравнению с продуктами из эталонных примеров.

Предпочтительно соотношение S улучшается по меньшей мере на 5, предпочтительно по меньшей мере на 10, предпочтительно по меньшей мере на 15, предпочтительно по меньшей мере на 20, даже по меньшей мере на 25%, и/или максимальная мощность P_{max} снижается по меньшей мере на 10, предпочтительно по меньшей мере на 15, даже по меньшей мере на 20, даже по меньшей мере на 25%, и/или срок службы шлифовального круга t_{max} увеличивается по меньшей мере на 10, предпочтительно по меньшей мере на 15, даже по меньшей мере на 20%.

Сравнение примера 1 и сравнительного примера 1 демонстрирует важность минимального содержания TiO₂, составляющего приблизительно 2,7% для смеси Cr₂O₃ и TiO₂: соотношение S улучшается на 40%, P_{max} снижается на 23%, а t_{max} увеличивается на 14%.

Сравнение примера 2 и сравнительного примера 3 также демонстрирует важность минимального

содержания TiO_2 , составляющего приблизительно 2,1% для смеси Cr_2O_3 и TiO_2 : соотношение S улучшается на 56%, P_{max} снижается на 33%, а t_{max} увеличивается на 37%.

Сравнение примера 3 и сравнительного примера 5 также демонстрирует важность минимального содержания TiO_2 , составляющего приблизительно 7,0% для смеси Cr_2O_3 и TiO_2 : соотношение S улучшается на 25%, P_{max} снижается на 14%, а t_{max} увеличивается на 20%.

Сравнение примера 1 и сравнительного примера 2 демонстрирует важность минимального содержания Cr_2O_3 : соотношение S улучшается на 3%, P_{max} снижается на 9%, а t_{max} увеличивается на 17%.

Сравнение примера 2 и сравнительного примера 4 также демонстрирует важность минимального содержания Cr_2O_3 : соотношение S улучшается на 5%, P_{max} снижается на 25%, а t_{max} увеличивается на 28%.

Сравнение примера 3 и сравнительного примера 6 также демонстрирует важность минимального содержания Cr_2O_3 : соотношение S улучшается на 1%, P_{max} снижается на 13%, а t_{max} увеличивается на 22%.

Примеры 1, 2 и 3 согласно изобретению, таким образом, демонстрируют желаемое сочетание.

Эти сравнения ясно демонстрируют преимущество одновременного присутствия Cr_2O_3 и TiO_2 в заявленных диапазонах.

Как теперь стало очевидно, в настоящем изобретении предложена смесь абразивных плавящихся зерен оксида алюминия и оксида циркония, демонстрирующих исключительные абразивные характеристики, исключительную прочность и исключительную эффективность резки.

Разумеется, настоящее изобретение, однако, не ограничивается описанными и представленными вариантами реализации, которые представлены посредством иллюстративных и неограничивающих примеров.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Плавящее абразивное зерно, обладающее следующим химическим составом в мас.% в расчете на оксиды:

ZrO_2 - от 16 до 30%,

HfO_2 - менее 2%,

Cr_2O_3 - более или равно 0,2%,

TiO_2 - более или равно 0,5%,

$Cr_2O_3+TiO_2$ - менее 7%,

примеси - менее 3% при условии, что суммарное содержание SiO_2 , CaO и MgO составляет менее 1,5%,

Al_2O_3 - остальное до 100%.

2. Абразивное зерно по п.1, в котором содержание Cr_2O_3 составляет более 0,4%.

3. Абразивное зерно по п.1 или 2, в котором содержание Cr_2O_3 составляет менее или равно 4 мас.% и содержание TiO_2 составляет менее или равно 6 мас.% в расчете на оксиды.

4. Абразивное зерно по любому из пп.1-3, в котором содержание ZrO_2 составляет более 18 мас.%, и/или содержание Cr_2O_3 составляет более 0,5 мас.%, и/или содержание TiO_2 составляет более 0,8 мас.% в расчете на оксиды.

5. Абразивное зерно по п.4, в котором содержание ZrO_2 составляет более 20 мас.% и/или содержание TiO_2 составляет более 1 мас.% в расчете на оксиды.

6. Абразивное зерно по любому из пп.1-5, в котором содержание ZrO_2 составляет менее 29 мас.%, и/или содержание Cr_2O_3 составляет менее 3,2 мас.%, и/или содержание TiO_2 составляет менее 4,4 мас.% в расчете на оксиды.

7. Абразивное зерно по п.6, в котором содержание ZrO_2 составляет менее 27 мас.%, и/или содержание Cr_2O_3 составляет менее 2,2 мас.%, и/или содержание TiO_2 составляет менее 2,8 мас.% в расчете на оксиды.

8. Абразивное зерно по любому из пп.1-7, в котором суммарное содержание Cr_2O_3 и TiO_2 составляет от 1,5 до 3,3 мас.% в расчете на оксиды.

9. Абразивное зерно по п.1, в котором содержание TiO_2 составляет от 4 до 6,5 мас.% и суммарное содержание Cr_2O_3 и TiO_2 составляет более 4,4 мас.% и предпочтительно менее 6,9 мас.% в расчете на оксиды.

10. Абразивное зерно по любому из пп.1-9, в котором содержание других элементов составляет менее 2 мас.%, предпочтительно менее 1 мас.% в расчете на оксиды.

11. Абразивное зерно по любому из пп.1-10, в котором суммарное содержание SiO_2 , CaO и MgO составляет менее 1%, предпочтительно менее 0,8%.

12. Абразивное зерно по любому из пп.1-11, в котором содержание SiO_2 составляет менее 1 мас.%, и/или содержание MgO составляет менее 0,5 мас.%, и/или содержание CaO составляет менее 0,5 мас.%, и/или содержание Na_2O составляет менее 0,1 мас.% в расчете на оксиды.

13. Абразивное зерно по п.12, в котором содержание SiO_2 составляет менее 0,8 мас.%, и/или содержание MgO составляет менее 0,3 мас.%, и/или содержание CaO составляет менее 0,3 мас.%, и/или содержание Na_2O составляет менее 0,05 мас.% в расчете на оксиды.

14. Смесь абразивных зерен, которая включает 100 мас.% абразивных зерен по любому из пп.1-13.
15. Абразивный инструмент, включающий абразивные зерна, соединенные связующим веществом, соединенные с или нанесенные на подложку, причем по меньшей мере часть указанных абразивных зерен представляет собой зерна по любому из пп.1-13.
16. Абразивный инструмент по п.15, включающий более 80% абразивных зерен по любому из пп.1-13.
17. Абразивный инструмент по п.15 или 16, который выполнен в форме шлифовального круга.

