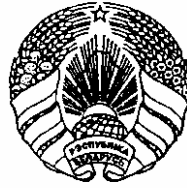


ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 9844

(13) С1

(46) 2007.10.30

(51) МПК (2006)

В 24D 17/00

(54)

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ АБРАЗИВНОГО ИЗДЕЛИЯ

(21) Номер заявки: а 20050659

(22) 2005.06.30

(43) 2007.04.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Ковалевский Виктор Николаевич; Витязь Петр Александрович; Фомихина Ирина Викторовна; Григорьев Сергей Владимирович; Жук Андрей Евгеньевич; Ильющенко Татьяна Александровна; Саचाва Дмитрий Григорьевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) RU 2147508 С1, 2000.
RU 2147509 С1, 2000.
ВУ а20000996, 2002.
RU 2131805 С1, 1999.
RU 2036779 С1, 1995.
RU 2064399 С1, 1996.
EP 0118225 А3, 1984.

(57)

Способ получения абразивного изделия, включающий приготовление шихты, содержащей смесь алмазных кристаллов различного размера, формование пористой заготовки, ее термообработку и последующую пропитку жидким кремнием, **отличающийся** тем, что предварительно на поверхность алмазных кристаллов наносят вакуумным магнетронным распылением два или более слоев наноструктурного покрытия из смеси атомов кремния и углерода толщиной 60-160 нм, между которыми наносят слой алюминия или силумина толщиной до 10 нм, затем наносят слой углерода толщиной 120-160 нм, в шихту дополнительно вводят свободный кремний, термообработку осуществляют плазмой тлеющего разряда, после чего наносят на поверхность заготовки слой кремния толщиной 80-160 нм, а пропитку осуществляют реакционным спеканием в засыпке.

Изобретение относится к области получения сверхтвердых абразивных материалов, а более конкретно к алмазосодержащим композитам и может найти применение при изготовлении абразивного и режущего инструмента.

Известен способ получения абразивного материала [1], включающий формование заготовки из алмазного порошка или шихты, состоящей из алмаза и карбида кремния, последующую термообработку в среде углеродсодержащего газа для получения полуфабриката в виде композита, содержащего зерна алмаза, углерод и карбид кремния, и пропитку полученного полуфабриката жидким кремнием при давлении ниже 1000 мм рт.ст. Способ позволяет получить абразивное изделие заданных размеров и формы с высокой прочностью и минимальной механической обработкой. Изделие, полученное известным способом, представляет собой практически беспористый материал, состоящий из зерен алмаза, карбида кремния и кремния, равномерно распределенных в объеме изделия. Способ позволяет получать инструмент с использованием алмазных зерен большого размера, обеспечивающих высокую абразивную стойкость.

ВУ 9844 С1 2007.10.30

Износостойкость такого материала недостаточно высокая, невысокие показатели вязкости разрушения, что уменьшает ресурс инструмента.

Прототипом заявляемого способа является способ получения абразивного изделия [2], включающий стадию формования пористой заготовки из шихты, содержащей смесь алмазных кристаллов с отличающимися друг от друга размерами, последующую термообработку заготовки в вакууме и пропитку ее жидким кремнием. Композит алмаз - карбид кремния получают формованием пористой (30-60 об. %) заготовки из алмазосодержащей шихты (величина пористости определяется процессами пропитки жидким кремнием), осуществляют ее термообработку для образования полуфабриката, состоящего из алмаза и углерода, полученного за счет графитации алмаза с уменьшением массового содержания алмаза не более чем на 50 мас. %, пропитывают полученный полуфабрикат жидким кремнием, что приводит к взаимодействию кремния и графитоподобного углерода с образованием карбида кремния.

К недостаткам способа относятся большие потери алмаза (до 50 мас. %) за счет графитации при повышенных температурах и химического взаимодействия углерода и жидкого кремния с образованием карбида кремния и присутствие свободного кремния в структуре композита, что влияет на прочность и износостойкость абразивного изделия. Например, в процессе работы абразивного инструмента алмазные частицы нагреваются до 1000 °С, а при этой температуре алмаз превращается в графит. На воздухе при 620 °С и выше алмаз сгорает, окисляясь до CO₂. Поэтому для работы в окислительной среде при высоких температурах требуется защита поверхности алмаза.

Задачей настоящего изобретения является устранение потерь алмаза и уменьшение содержания свободного кремния, создание защитного покрытия поверхности алмаза, что позволит повысить стойкость алмаза к окислению и графитации, улучшит физико-механические свойства и прежде всего вязкость разрушения, увеличит ресурс изделия.

Поставленная задача достигается тем, что в способе получения абразивного изделия, включающем приготовление шихты, содержащей смесь алмазных кристаллов различного размера, формование пористой заготовки, ее термообработку и последующую пропитку жидким кремнием, предварительно на поверхность алмазных кристаллов наносят вакуумным магнетронным распылением два или более слоев наноструктурного покрытия из смеси атомов кремния и углерода толщиной 60-160 нм, между которыми наносят слой алюминия или силумина толщиной до 10 нм, затем наносят слой углерода толщиной 120-160 нм, в шихту дополнительно вводят свободный кремний, термообработку осуществляют плазмой тлеющего разряда, после чего наносят на поверхность заготовки слой кремния толщиной 80-160 нм, а пропитку осуществляют реакционным спеканием в засыпке.

Заявляемый способ обеспечивает получение абразивного изделия, обладающего высокой абразивной способностью за счет крупных алмазных зерен, износостойкостью матрицы за счет мелких частиц алмаза. В процессе прессования порошков алмаза со слоистым покрытием из смеси атомов кремния и углерода происходит перегруппировка кристаллов алмаза с размещением более мелких кристаллов в зазорах между крупными. На кристаллы алмаза наносят два или более слоев смеси атомов кремния и углерода толщиной 60-160 нм. При нанесении покрытий большей толщины, чем 160 нм происходит отслаивание покрытия от поверхности алмаза. С целью увеличения адгезионной прочности покрытия каждый слой покрывается тонким до 10 нм слоем алюминия, который при обработке плазмой тлеющего разряда расплавляется и создает плотную оболочку. Кроме того, алюминий и его оксиды являются активизирующими процесс спекания добавками. Нанесение последующего слоя на активированную поверхность обеспечивает хорошую адгезию. Последний слой покрытия должен быть из углерода, который совместно со свободным кремнием шихты образует вторичный карбид кремния. Покрытые порошки смешивают с порошком свободного кремния и технологической связкой, приготавливая шихту. Шихту прессуют в заготовку, термообрабатывают с целью удаления связки, что приводит к образованию по-

ВУ 9844 С1 2007.10.30

ристости (10-15 %) в заготовке. Поверхность заготовки активируют плазмой тлеющего разряда и на нее наносят слой кремния, который позволяет устранить пористость и наличие остаточного углерода. Наносимый на поверхность заготовки слой кремния обеспечивает дополнительную пропитку ее кремния после нагрева до 1550 °С. Наличие прочной оболочки карбида кремния сдерживает графитацию алмаза. Оболочка карбида кремния образуется при низких температурах (650-750 °С). При 1550 °С происходит растворение углерода покрытия в жидком кремнии. Одновременно на поверхности твердых частиц (алмаза) из раствора, содержащего кремний и углерод, образуется вторичный карбид кремния. Если заготовка объемная, то дополнительный кремний для пропитки используется в виде кремниевой пластины, на которую размещают заготовку перед спеканием. В процессе реакционного спекания расстояние между твердыми фазами (кристаллами алмаза) не изменяется, спекание идет без усадки.

Полученные результаты позволяют заключить, что заявляемое решение обеспечивает создание абразивного изделия с наноструктурной оболочкой карбида кремния с аморфной структурой на кристаллах алмаза. В структуре материала отсутствуют свободные углерод и кремний, отсутствуют потери массы кристаллов алмаза, а находящийся в оболочке карбида кремния алмаз обладает высокой термостабильностью вплоть до температур 1600 °С в виду отсутствия процессов графитации алмаза.

Примеры реализации.

Пример 1

Приготавливают шихту из смеси алмазного порошка марки АСМ 14/10 и АСМ 50/63 (ГОСТ 9206-80) со средним размером частиц 12 мкм и 56 мкм с соотношением 50/50 мас. %, кремний с содержанием примесей менее 0,08 мас. % Поверхность кристаллов алмаза активируют путем обработки в магнетронной распылительной системе в плазме тлеющего разряда в режимах: $U = 1250$ В, $I = 0,15$ А, время 300 с, а затем наносят покрытие толщиной 160 нм, состоящее из атомов кремния и углерода в режимах: ток $I = 2,5$ А, давление $P = 0,5$ Па и расстояние от катода до подложки $l = 150$ мм, время 2 ч. Затем на аналогичных режимах наносят слой силумина толщиной 10 нм при времени процесса 900 с. После этого еще раз наносят слой смеси атомов кремния и углерода толщиной 80 нм, а на этот слой наносят слой графита в пропорции 16 % от массы алмаза толщиной 140 нм.

Устанавливают соотношение компонентов в шихте по массе: кристаллы алмаза со слоистым покрытием /кремний соответственно 74,8/25,2. В полученную смесь вводят технологическую связку, например 25 %-ный спиртовой раствор фенолформальдегидной смолы СФ-010А (ГОСТ 18094-80). Полученную шихту тщательно перемешивают и дважды перетирают через сито с размером ячейки 1 мм, формируя гранулы.

Осуществляют холодное прессование в стальной пресс-форме навески шихты для формирования образцов диаметром 10 мм и высотой 10 мм до плотности 1,48 г/см² при давлении 200 МПа. Сформованная смесь выдерживается на воздухе при постоянной влажности и комнатной температуре в течение 10 ч. с последующей сушкой при $t = 70$ °С и отверждением при $t = 150$ °С в течение 10 ч. Полученная заготовка имеет пористость 16 об. %. Заготовку термообработывали в плазме тлеющего разряда в течение 900 с, а затем наносили слой кремния толщиной 120 нм на аналогичных режимах. Реакционное спекание проводили в вакууме (давление $5 \cdot 10^{-5}$ мм рт.ст.), размещая заготовку на пластине кремния толщиной 0,5 мм в засыпке (оксида алюминия) в графитовом контейнере при 1550 °С в течение 1,5 ч. Конечное изделие состоит из мелких и крупных кристаллов алмаза, связанных карбидокремниевой матрицей.

Пример 2

Способ осуществляли в условиях примера 1. Отличие состоит в том, что использовали шихту, содержащую алмазы со слоистым покрытием из двух слоев кремния и углерода толщиной 120 нм, промежуточным слоем алюминия толщиной 10 нм и слой углерода толщиной 160 нм. Полученная заготовка имеет пористость 14 об. %. Заготовку термооб-

ВУ 9844 С1 2007.10.30

рабатывали в плазме тлеющего разряда в течение 900 с, а затем наносили слой кремния толщиной 140 нм. Изделие состоит из мелких и крупных кристаллов алмаза, связанных карбидокремниевой матрицей.

Вязкость разрушения материала, полученного в первом примере, составила $K_{IC} = 10$ МПа/м^{1/2}, а во втором примере $K_{IC} = 12$ МПа/м^{1/2}, материал изделия, изготовленного по способу [2], имел $K_{IC} = 5,6$ МПа/м^{1/2}.

Полученные изделия и изделие, изготовленное по способу [2], прошли испытания в режиме правки абразивных кругов типа ПП600 × 65 × 305 14A25ПСМ26K5, режим правки $V_{кр} = 35$ м/с, $S_{пр} = 0,8$ м/мин, $S_{п} = 0,02$ мм/ход, где $V_{кр}$ - скорость вращения абразивного круга, $S_{пр}$ - скорость продольной подачи образца, $S_{п}$ - скорость поперечной подачи образца. Правка осуществлялась при охлаждении 3 % содовой эмульсией. В процессе испытаний определяли относительный расход алмазов. Результаты испытаний представлены в таблице.

Абразивное изделие	Относительный расход алмаза, %	Вязкость разрушения K_{IC} , МПа/м ^{0,5}
Пример 1	0,26	9...11
Пример 2	0,22	11...14
Базовый объект - материал по способу 2	0,53	4,5...6,7

Как видно из таблицы, полученные материалы обладают хорошей абразивной способностью, превышающей аналоговый объект, отсутствуют потери алмаза при графитации. Кроме того, в опытных образцах по примерам 1 и 2 исходное содержание алмазов значительно ниже, т.е. отмечается экономия алмаза. Заявляемое абразивное изделие может найти широкое применение в наиболее жестких условиях работы, таких как бурение твердых пород, правка алмазных и абразивных кругов.

Источники информации:

1. Патент № 2064399 РФ, МПК В 24D 18/00 // Бюл. № 21. - 1996.
2. Патент № 2147508 РФ, МПК В 24D 17/00 // Бюл. № 11. - 2000.