



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

ОПУБЛИКОВАНО  
Б. И. 10 95 № 33  
ДЛЯ СЛУЖЕБНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКЗ №

(19) SU (11) 1729086 A1

(51) 6 C 01 B 31/06, 31/36

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГКНТ СССР

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4707425/26  
(22) 20.06.89  
(71) Институт сверхтвердых материалов АН  
УССР  
(72) А.А.Шульженко, Г.А.Воронин и А.С.Оси-  
пов  
(53) 661.665.1:546.26-162 (088,8)  
(56) Патент США № 4151686,  
кл. В 24 D 3/04, 1979.

Авторское свидетельство СССР  
№ 961281, кл. С 01 В 31/06, 1980.

Европейский патент № 0116403,  
кл. В 24 D 3/04, 1984.

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИ-  
ОННОГО МАТЕРИАЛА ИЗ АЛМАЗА И КАР-  
БИДА КРЕМНИЯ

(57) Изобретение относится к технологии ал-  
мазосодержащего материала из алмаза и

2

карбида кремния, используемого для изго-  
товления инструмента. Цель — повышение  
износостойкости алмазосодержащего слоя  
композиционного материала. Готовят трех-  
слойную систему из слоя алмазного порош-  
ка, пластины из кремния и промежуточного  
между ними слоя из карбида элемента III-VI  
групп или смеси карбидов. Систему подвер-  
гают нагреву до температуры плавления  
кремния под воздействием высокого давле-  
ния при градиенте температуры по высоте  
промежуточного слоя таким образом, что  
температура алмазного слоя превышает  
температуру пластины кремния на 100-300  
К. Износостойкость алмазосодержащего  
слоя спеченной пластины составляет 0,30-  
0,34 мм по высоте износа задней грани при  
резании, 1 з.п.ф-лы, 1 ил., 1 табл.

Изобретение относится к технологии  
алмазосодержащих материалов, применяе-  
мых для оснащения породоразрушающего,  
режущего, правящего и других видов инст-  
румента.

Целью изобретения является повыше-  
ние износостойкости алмазосодержащего  
слоя композиционного материала.

На чертеже изображен нагреватель,  
осуществляющий предлагаемый способ.

Сущность способа заключается в следу-  
ющем.

На слой алмазного порошка, толщиной  
практически в пределах 0,7-5 мм располага-  
ют слой из карбидов элементов III-VI групп  
Периодической системы или их смесей или  
сплавов на их основе. Условие выбора этого  
слоя из карбидов, называемого промежу-

точным, определяется тем, чтобы данный  
материал смачивался жидким кремнием, яв-  
лялся тугоплавким и достаточно медленно  
спекался в условиях высоких давлений и  
температуры, при которых происходит про-  
питка кремнием. Толщина промежуточного  
слоя также находится в пределах 0,7-5 мм и  
определяется размерами реакционного  
объема и необходимостью обеспечения гра-  
диента температуры 100-300 К. Таким обра-  
зом, соотношение между толщинами  
алмазного и промежуточного слоев может  
изменяться в пределах 1:(1-7). На слой кар-  
бида располагают пластину из кремния для  
пропитки им вышеописанных слоев. По-  
скольку пористость алмазного порошка и  
промежуточного слоя в условиях высоких  
давлений не превышает 20%, то предпочти-

(19) SU (11) 1729086 A1



тельно толщина пластины кремния составляет 0,2-0,3 от суммы толщин двух других слоев.

Трехслойную систему подвергают нагреву в условиях высокого давления до температуры, равной или превышающей температуру расплавления кремния.

После завершения пропитки кремнием алмазного и карбидсодержащего слоев систему выдерживают при указанной температуре для осуществления реакции между алмазом и кремнием с образованием карбида кремния. После выключения нагрева производят сброс давления и извлекают спеченную пластину из реакционного объема.

**Пример 1.** В нагреватель 1 засыпают навеску алмазного порошка 2, образующую слой толщиной 4 мм. Поверх него помещают предварительно спрессованную пластину карбида кремния 3 толщиной 1,4 мм, пористость которой составляет 30%, что свидетельствует о наличии сквозных пор. Поверх этой пластины помещают пластину кремния 4, а затем пластины графита 5 и пирофиллита 6 с целью теплоизоляции реакционного объема от верхней блок-матрицы. Для теплоизоляции нагревателя от нижней блок-матрицы снизу помещают кольцо из литографического камня 7. Контейнер с нагревателем помещают между двумя блок-матрицами типа тороида и нагружают до давления в реакционном объеме  $8 \pm 0,5$  ГПа. Затем производят нагрев со скоростью 50 К/с до температуры в алмазном слое 1700 К и выдержку при этой температуре в течение 60 с. После завершения нагрева производят снятие давления и извлекают образец из контейнера.

Градиент температуры по высоте промежуточной пластины в описанной сборке оценивают с помощью расчетов температурного поля методом конечных элементов и экспериментально с помощью термопары ВР 5/20. Стыки термопар помещают на границах промежуточной пластины с алмазным порошком и пластиной кремния. Определено, что градиент температуры  $\Delta T$  по высоте промежуточной пластины составляет 200 К.

Описанным способом спекают партию пластин в количестве 10-ти шт. Аналогичным образом спекают партии образцов по 10-ть шт, отличающиеся тем, что градиент температуры  $\Delta T$  по высоте промежуточной пластины составляет 70; 100; 300 и 330 К. Для реализации таких градиентов с помощью расчетов определяют толщину промежуточной пластины, которую варьируют

за счет изменения толщины слоев графита и пирофиллита. Для указанных величин  $\Delta T$  она составляет соответственно 0,5; 0,7; 2 и 2,2 мм.

5 Спекают также партии образцов с применением промежуточных слоев из порошков карбидов бора, тантала, вольфрама, молибдена, ниобия и тантала, смеси порошков SiC (50 вес.%) + WC (50 вес.%) и твердого сплава на основе карбида вольфрама (94 вес.% WC + 6 вес.% Co). Высоту слоев подбирают расчетным путем таким образом, чтобы величина  $\Delta T$  по их высоте составляла 200 К. Для сравнения также спечены партии образцов с промежуточной пластиной никеля толщиной 0,2 мм, что соответствует прототипу описываемого способа, и в отсутствие промежуточного слоя (согласно патенту США № 4151686), а также партия образцов, в которой отсутствует промежуточный слой, а в алмазном порошке, пропитываемом кремнием, содержится 2,5 вес.% бора (что соответствует авт.св. № 961281).

Из полученных спеков путем шлифования изготавливают круглые плоскопараллельные пластины, при этом промежуточный слой сошлифовывают.

В пластинах всех партий по предлагаемому изобретению трещины отсутствуют. Исключение составляет лишь последняя партия, в которой три пластины содержат трещины, что можно объяснить высокими температурными напряжениями, обусловленными чрезмерно большими температурными градиентами.

Пластины всех партий испытаны на износостойкость путем строгания мелкозернистого кварцевого песчаника на стенде, выполненном на базе поперечно-строгального станка. Параметры режима резания следующие:

глубина резания	0,5 мм;
поперечная подача	3,5 мм;
скорость резания	0,25 м/с.

45 В качестве критерия износостойкости пластин используют величину площадки износа по задней грани при равном пути резания (300 м).

Результаты испытаний приведены в таблице.

50 Область использования способа по изобретению может быть расширена следующим образом: промежуточный слой после спекания сохраняют в качестве подложки. Полученное изделие можно крепить в инструменте методом пайки. Осуществление способа описано в примере 2.

**Пример 2.** В нагреватель 1 засыпают навеску алмазного порошка 2, образующего



слой толщиной  $1,5 \pm 0,1$  мм. Поверх него помещают слой 3 толщиной  $2,0 \pm 0,1$  мм; содержащий 80 вес.% порошка сплава на основе карбида вольфрама (94 вес.% WC) + (6 вес.% Co) и 20 вес.% порошка алмаза.

Поверх этого слоя помещают пластину кремния 4 толщиной 0,8 мм, а затем пластины графита 5 и пирофиллита 6. Снизу помещают теплоизолирующее кольцо 7 из литографического камня. Собранный контейнер помещают в камеру высокого давления типа тороида и нагружают до давления в реакционном объеме  $8 \pm 0,5$  ГПа. Нагрев осуществляют со скоростью 5 К/с до температуры  $1400 \pm 100$  К, время выдержки при этой температуре составляет 40 с. После завершения нагрева производят снятие давления и извлекают образец из контейнера.

Предлагаемым способом спекают партию спеков в количестве 10 шт, из которых путем шлифования изготавливают круглые плоскопараллельные двухслойные пластины. Результаты рентгенофазового анализа показывают, что в состав подложки входят сплав карбид вольфрама - кобальт ВК-6, карбид кремния, алмаз и следы кремния. В результате испытаний на износостойкость по вышеописанной методике определено, что средняя величина площадки износа пластин составляет 0,33 мм.

Таким образом, способ по предлагаемому изобретению позволяет повысить износостойкость пластин композиционного

материала из алмаза и карбида кремния в 1,2-1,37 раз по сравнению с известным способом.

## Формула изобретения

1. Способ получения композиционного материала из алмаза и карбида кремния, включающий формирование трехслойной системы из слоя алмазного порошка, пластины из кремния и промежуточного между ними слоя, нагрев этой системы под воздействием давления не менее 25 кбар до температуры, достаточной для плавления кремния, и выдерживание при этой температуре, отличающийся тем, что, с целью повышения износостойкости алмазосодержащего слоя композиционного материала, в качестве промежуточного слоя используют порошок или пластину со сквозной пористостью из карбида элемента из группы, включающей бор, кремний, переходные металлы IV-VI групп Периодической системы или из смеси карбидов или из твердого сплава карбида вольфрама и кобальта, а нагрев осуществляют при градиенте температуры по высоте промежуточного слоя таким образом, что температура алмазного слоя превышает температуру пластины кремния на 100-300 К.

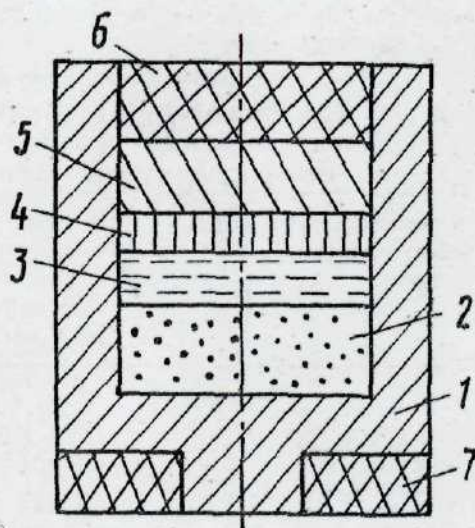
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что пластину кремния берут толщиной, достаточной для пропитки кремнием алмазного и промежуточного слоев.

№ п/п	Название объекта	Материал промежуточного слоя	$\Delta T, K$	Износостойкость материала, h, мм	Выход годных пластин без трещин, %
1	Аналог (Патент США № 4151686)	-	0	0,44	100
2	Аналог (Авт.св.№ 961281)	-	0	0,40	20
3	Прототип ЕР № 0116403	Никель	0	0,41	90
4	Изобретение	SiC	70	0,39	100
5	То же	"	100	0,33	100
6	"	"	200	0,32	100
7	"	"	300	0,30	100
8	"	"	330	0,30	70
9	"	B <sub>4</sub> C	70	0,40	100
10	"	"	100	0,34	100
11	"	"	200	0,33	100
12	"	"	300	0,32	100
13	"	"	330	0,32	80
14	"	"	70	0,40	100
15	"	"	100	0,33	100
16	"	"	200	0,33	100
17	"	"	300	0,32	90
18	"	"	330	0,31	70
19	"	TaC	200	0,34	100



Продолжение таблицы

№ п/п	Название объекта	Материал промежуточного слоя	$\Delta T, K$	Износостой- кость материала, h, мм	Выход год- ных пластин без трещин, %
20	—	SiC (50 вес.%) +WC (50 вес.%)	70	0,39	100
21	—	—	100	0,34	100
22	—	—	200	0,32	100
23	—	—	300	0,31	100
24	—	—	330	0,31	80
25	—	Сплав на основе WC (94 вес.%) WC+6 вес.% Co)	70	0,41	100
26	—	То же	100	0,35	100
27	—	—	200	0,34	100
28	—	—	300	0,34	90
29	—	—	330	0,34	60
30	—	MoC	200	0,33	100
31	—	NbC	200	0,33	100
32	—	TiC	200	0,31	100



Редактор Е.Полионова

Составитель Л.Романцева

Техред М.Моргентал

Корректор О.Кравцова

Заказ 1334/ДСП

Тираж

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101