



**República Federativa do Brasil**  
Ministério da Indústria, Comércio Exterior  
e Serviços  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) PI 0819169-7 B1**

**(22) Data do Depósito: 30/10/2008**

**(45) Data de Concessão: 12/09/2017**



---

**(54) Título:** MÉTODO PARA PRODUZIR COMPÓSITO DE DIAMANTE-METAL E CORPO COMPÓSITO DE DIAMANTE-METAL

**(51) Int.Cl.:** C22C 26/00; B24D 3/10; C09K 3/14; B01J 3/06

**(30) Prioridade Unionista:** 08/11/2007 SE 0702474-8

**(73) Titular(es):** ALFA LAVAL CORPORATE AB

**(72) Inventor(es):** JIE ZHENG

## “MÉTODO PARA PRODUZIR COMPÓSITO DE DIAMANTE-METAL E CORPO COMPÓSITO DE DIAMANTE-METAL”

[1] A presente invenção diz respeito a um método de fabricar um compósito de diamante-metal, a um corpo verde, a um compósito de diamante-metal e a usos do compósito de diamante-metal.

### Fundamentos Da Invenção

[2] Em muitas aplicações existe necessidade de materiais com propriedades especiais, uma vez que o ambiente no qual os materiais são usados pode ser abrasivo, corrosivo, erosivo, etc. Muitos dos materiais usados para as aplicações mencionadas são fabricados sob pressão e a altas temperaturas, ver US 4.231.195 e US 4.242.106. Outros materiais são produzidos por métodos de fabricação complicados que incluem revestimento de partículas como revelado pela US 6.171.691, US 6.031.285 e US 5.783.316. Alguns materiais são produzidos por brazagem, ver US 6.039.641.

[3] Um problema durante a produção de um compósito de diamante é que diamantes não são reativos e não formam facilmente ligações com outros elementos. Por outro lado, diamante é termodinamicamente instável a alta temperatura, e tende converter-se em grafite. Quando se aumenta a pressão, a área estável de diamante expande-se para uma temperatura mais alta. Isto é o motivo pelo qual a maioria dos compósitos de diamante atualmente existentes é feita pelo processo sob alta temperatura e sob alta pressão. Um outro problema é o alto custo ou os métodos de fabricação complicados.

[4] Também um outro problema com os processos de alta temperatura e alta pressão é que o processo só pode gerar produtos com geometria simples, como discos ou chapas. Um outro problema com esses processos é a limitação de tamanho, que significa que não é possível gerar produtos de maior tamanho.

[5] Um outro problema de um compósito de diamante é que o

diamante tem baixa capacidade de brazagem. Isto limita a aplicação do compósito, em que a brazagem de diamante é necessária em outra superfície de material.

[6] A presente invenção soluciona os problemas técnicos supramencionados pelo método inédito e material inédito. Dessa maneira, a presente invenção provê um método inédito para produzir compósitos de diamante metal, cujo método compreende misturar partículas de diamante com partículas de carga metálica, formar uma mistura diamante/carga metálica, formar um corpo verde da mistura diamante/carga metálica, opcionalmente usinar em verde o corpo verde em uma peça de trabalho antes ou depois da pré-sinterização pelo aquecimento do corpo verde a uma temperatura  $\leq 500^{\circ}\text{C}$ , infiltrar o corpo verde ou a peça de trabalho com um ou mais elementos umectantes ou infiltrar o corpo verde ou a peça de trabalho com uma ou mais ligas umectantes, cuja etapa de infiltração é realizada a vácuo ou em uma atmosfera de gás inerte a uma pressão  $\leq 200$  bar.

[7] O método da invenção possibilita projetar o compósito de diamante produzido e produzir um compósito com as propriedades desejadas de uma aplicação específica. Em geral, com o aumento do teor da carga metálica, a densidade, expansão térmica, tenacidade na fratura e capacidade de brazagem aumentam, mas a dureza e o módulo de Young diminuem. Quanto maior teor de carga metálica introduzido nos materiais, tanto mais ampla a faixa de propriedades que pode ser ajustada dos materiais. Portanto, o método de acordo com a invenção compreende misturar partículas de carga metálica (Me) em uma quantidade menor que 100 por cento em peso (% em peso) com partículas de diamante (D) em uma quantidade  $D = 100\% \text{ em peso} - \text{Me}$  formando um corpo verde.

[8] As partículas de carga são selecionadas de uma ou mais ligas dos elementos do grupo que consiste em titânio (Ti), zircônio (Zr), háfnio (Hf), vanádio (V), nióbio (Nb), tântalo (Ta), cromo (Cr), molibdênio (Mo),

tungstênio (W), tecnécio (Tc), rênio (Re), ferro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni) e silício (Si). De acordo com uma alternativa, as partículas de carga podem ser selecionadas de um ou mais elementos ou ligas de um ou mais elementos do grupo que consiste em Ti, Cr, Mo, W e Co.

[9] De acordo com uma alternativa da invenção, 0,1 a 55 % em peso de partículas de carga metálica podem ser misturados com 45 a 99,9 % em peso de partículas de diamante. De acordo com uma outra alternativa, 0,5 a 50 % em peso de partículas de carga metálica podem ser misturadas com 50 a 99,5 % em peso de partículas de diamante. 0,1 a 45 % em peso de partículas de carga metálica podem ser misturados com 55 a 99,9 % em peso de partículas de diamante. De acordo com uma outra alternativa, 0,5 a 30 % em peso de partículas de carga metálica podem ser misturados com 70 a 99,5 % em peso de partículas de diamante. De acordo com uma alternativa adicional, 1,0 a 30,0 % em peso de partículas de carga metálica podem ser misturados com 70 a 99 % em peso de partículas de diamante.

[10] O método compreende a mistura de diamante/carga ser misturada com um aglutinante para estabilizar a forma do corpo verde antes da pré-sinterização. O aglutinante poderia ser polímeros, resina, celulose, amido, etc. No método da invenção, a quantidade máxima de aglutinante é menor que 50 por cento em volume para uma porosidade de menos de 50 por cento em volume. Em princípio, a quantidade de aglutinante deve ser o menor possível, se o corpo verde formado for suficientemente forte. A quantidade necessária depende de qual tipo de aglutinante é usado, tamanho de partícula e qual tipo de projeto do produto. De acordo com uma alternativa da invenção, a quantidade de aglutinante pode ser  $\leq 10$  por cento em peso (% em peso). Mas, em alguns casos, tal como moldagem por injeção de pó, ela pode ser  $\leq 20$  por cento em peso (% em peso) de aglutinantes. A seguir, o corpo verde é definido como um corpo formado da mistura de diamante/carga com ou sem adição de um aglutinante, e a peça de trabalho é definida como o

produto do corpo verde usinado em verde.

[11] De acordo com uma alternativa, o método pode incluir secar por aspersão a mistura de diamante/carga/aglutinante em grânulos e em seguida formar os grânulos em um corpo verde por prensagem. De acordo com uma outra alternativa, o método pode incluir formar a mistura de diamante/carga/aglutinante em um corpo verde por um dos processos no grupo que consiste em fundição, moldagem por injeção, compactação por laminação e extrusão.

[12] Uma usinagem ao verde do corpo verde antes e/ou depois da pré-sinterização pode ser feita por maneiras tradicionais, tais como corte, serra, perfuração, fresagem e torneamento, etc. Esta etapa pode minimizar efetivamente a usinagem final em um corpo duro.

[13] No método de acordo com a invenção, a pré-sinterização é realizada a uma temperatura menor ou igual a 500° C no ar, uma atmosfera de gás inerte ou a vácuo. De acordo com uma alternativa da invenção, a temperatura de pré-sinterização pode ser menor ou igual a 450 °C. De acordo com uma alternativa da invenção, a temperatura de pré-sinterização pode ser menor ou igual a 300° C.

[14] O corpo verde ou peça de trabalho é sinterizado ou ligado a uma temperatura menor que 1.750° C a vácuo infiltrando-se elementos umectantes ou ligas umectantes no corpo verde ou peça de trabalho. De acordo com uma alternativa, a temperatura de sinterização pode ser menor que 1.700 °C. O método de acordo com a presente invenção inclui também que a ligação ou sinterização seja realizada por infiltração em uma atmosfera de gás inerte a uma pressão menor ou igual a 200 bar a uma temperatura menor que 1.700 °C. De acordo com um outro método, a infiltração poderia ser realizada a uma pressão menor ou igual a 100 Bar. A atmosfera inerte poderia ser argônio, nitrogênio, hidrogênio ou qualquer mistura destes.

[15] Os materiais de infiltração, que poderiam ser um ou mais

elementos umectantes, ou poderiam ser uma ou mais ligas de um ou mais elementos umectantes. É importante que o ângulo de molhagem do material umectante na peça de trabalho seja  $< 90^\circ$ . De acordo com uma outra alternativa, o ângulo de molhagem é pequeno e então é  $\leq 45^\circ$ .

[16] Na etapa de sinterização do método da invenção, a quantidade de material umectante, que é usado para infiltração da peça de trabalho, pode ser pelo menos 5 % em peso maior que a quantidade teórica, que garante uma completa infiltração da peça de trabalho.

[17] Os materiais de infiltração da invenção poderiam ser elementos umectantes, que poderiam ser um ou mais elementos selecionados do grupo que consiste em manganês (Mn), titânio (Ti), cromo (Cr), molibdênio (Mo), tungstênio (W), ferro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni), cobre (Cu), prata (Ag), ouro (Au), alumínio (Al) e silício (Si). De acordo com uma alternativa, os elementos umectantes podem ser selecionados de um ou mais elementos do grupo que consistem em Ti, Mn, Cr, Cu e Si.

[18] De acordo com uma alternativa da invenção, os materiais de infiltração podem ser ligas umectantes. As ligas umectantes poderiam ser ligas de dois ou mais elementos selecionados do grupo que consiste em manganês (Mn), titânio (Ti), cromo (Cr), molibdênio (Mo), tungstênio (W), ferro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni), cobre (Cu), prata (Ag), ouro (Au), alumínio (Al) e silício (Si). De acordo com uma alternativa, as ligas umectantes podem ser selecionadas de dois ou mais elementos do grupo que consiste em Ti, Mn, Cr, Cu e Si.

[19] De acordo com uma alternativa da invenção, os elementos umectantes ou ligas umectantes podem ter uma temperatura da curva de fusão menor ou igual a  $1.500^\circ\text{C}$ . De acordo com uma outra alternativa, os elementos umectantes ou as ligas umectantes podem ter uma temperatura da curva de fusão menor ou igual a  $1.450^\circ\text{C}$ . De acordo com uma outra alternativa, os elementos umectantes ou ligas umectantes podem ter uma

temperatura da curva de fusão menor ou igual a 1.400 °C.

[20] A presente invenção diz respeito adicionalmente a um corpo verde, que compreende diamantes e material de carga. Opcionalmente, o corpo verde pode conter um material aglutinante. Os materiais de carga são um ou mais elementos ou uma ou mais ligas dos elementos do grupo que consiste em titânio (Ti), zircônio (Zr), háfnio (Hf), vanádio (V), nióbio (Nb), tântalo (Ta), cromo (Cr), molibdênio (Mo), tungstênio (W), tecnécio (Tc), rênio (Re), ferro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni) e silício (Si). De acordo com uma alternativa, os materiais de carga podem ser selecionados de um ou mais elementos ou ligas de um ou mais elementos do grupo que consiste em Ti, Cr, Mo, W e Co.

[21] O corpo verde de acordo com a invenção pode ter uma quantidade de partículas de carga metálica (Me) em uma quantidade menor que 100 por cento em peso (% em peso) e a quantidade de partículas de diamante é (D) em uma quantidade  $D = 100 \% \text{ em peso} - Me$ . De acordo com uma alternativa da invenção, a quantidade de partículas de carga pode ser na faixa de 0,1 a 55 % em peso e a quantidade de partículas de diamante é na faixa de 45 a 99,9 % em peso. De acordo com uma outra alternativa, a quantidade de partículas de carga pode ser na faixa de 0,5 a 50 % em peso e a quantidade de partículas de diamante é na faixa de 50 a 99,5 % em peso. De acordo com uma alternativa adicional, a quantidade de partículas de carga pode ser na faixa de 1,0 a 45 % em peso e a quantidade de partículas de diamante é na faixa de 55 a 99 % em peso. Opcionalmente, a mistura de partículas de carga metálica e partículas de diamante também pode compreender um material aglutinante. O aglutinante poderia ser polímeros, resina, celulose, amido, etc. A quantidade de aglutinante é  $\leq 50$  por cento em volume para uma porosidade  $\leq 50$  % em volume, ou a quantidade de aglutinante deve ser o mínimo possível. A quantidade de aglutinante pode ser  $\leq 10$  por cento em peso (% em peso).

[22] A presente invenção diz respeito adicionalmente a um compósito de diamante, que compreende diamantes, material de carga e materiais umectantes, e/ou produtos de reação entre diamante, carga metálica e elementos umectantes. Os materiais de carga sendo um ou mais elementos ou uma ou mais ligas dos elementos do grupo que consiste em titânio (Ti), zircônio (Zr), háfnio (Hf), vanádio (V), nióbio (Nb), tântalo (Ta), cromo (Cr), molibdênio (Mo), tungstênio (W), tecnécio (Tc), rênio (Re), ferro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni) e silício (Si). De acordo com uma alternativa, os materiais de carga podem ser selecionados de um ou mais elementos ou ligas de um ou mais elementos do grupo que consiste em Ti, Cr, Mo, W e Co. Os materiais umectantes sendo um ou mais elementos selecionados do grupo que consiste em manganês (Mn), titânio (Ti), cromo (Cr), molibdênio (Mo), tungstênio (W), ferro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni), cobre (Cu), prata (Ag), ouro (Au), alumínio (Al) e silício (Si). De acordo com uma alternativa, os elementos umectantes podem ser selecionados de um ou mais elementos do grupo que consiste em Ti, Mn, Cr, Cu e Si.

[23] De acordo com uma alternativa da invenção, os materiais umectantes podem ser ligas umectantes. As ligas umectantes poderiam ser ligas de um ou mais elementos selecionados do grupo que consiste em manganês (Mn), titânio (Ti), cromo (Cr), molibdênio (Mo), tungstênio (W), ferro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni), cobre (Cu), prata (Ag), ouro (Au), alumínio (Al) e silício (Si). De acordo com uma alternativa, as ligas umectantes podem ser selecionadas de dois ou mais elementos do grupo que consiste em Ti, Mn, Cr, Cu e Si.

[24] A presente invenção diz respeito adicionalmente a produtos obtidos pelo método da invenção. A presente invenção diz respeito adicionalmente aos usos do compósito de diamante como um material duro e/ou abrasivo. Também uma outra alternativa da presente invenção é o uso do compósito de metal e diamante como um material em bicos, camisas,

azulejos, tubos ou chapas, ferramentas de corte, brocas de perfuração ou mineração. Modalidades adicionais da invenção são definidas nas reivindicações. A invenção é explicada com mais detalhes por meio dos exemplos seguintes. O propósito dos exemplos é testar o compósito de diamante da invenção, e não visa limitar o escopo da invenção.

Exemplo 1: Preparação de compósitos de diamante/cromo

[25] Para indicar o conteúdo amplo da carga metálica que pode ser introduzido no material, uma série de compósitos de diamante/cromo foi preparada. Pó de diamante com uma faixa de tamanho de partícula 5-30  $\mu\text{m}$  foi misturado como pó de Cr em diferentes razões em peso. A resina usada como aglutinante de prensagem e detalhes estão listados na tabela 1. As misturas de pós foram agitadas em uma solução de etanol, e então secas ao ar. Discos com 18 mm de diâmetro e 2-3 mm de espessura foram formados por prensagem em matriz, com uma força de prensagem de 65 kN por 10 segundos. Os corpos verdes foram lentamente aquecidos a 160° C por 1 hora. A sinterização foi realizada a vácuo por infiltração de Si a 1.565° C por 6 minutos, e as densidades de diferentes amostras estão dadas na tabela 1.

Tabela 1

Cr (% em peso)	2	8	15	20	25	45
Aglutinante (% em peso)	5	4,5	4	3,7	3,4	3,2
Densidade ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	3,34	3,36	3,36	3,41	3,44	3,67

[26] A tabela 1 mostra que, com quantidades crescentes de Cr-carga, a densidade do compósito é também aumentada. É de se esperar que a expansão térmica, tenacidade na fratura e capacidade de brazagem também serão aumentadas. Isto mostra a possibilidade de projetar o compósito para uma aplicação desejada.

Exemplo 2: Preparação de compósitos de metal/diamante

[27] W e Mo foram misturados com pó de diamante (tamanho de partícula 5-10  $\mu\text{m}$ ), respectivamente. A razão em peso de metal/diamante foi

90:10. Foram formados discos que foram tratados termicamente da mesma maneira que no exemplo 1. A sinterização foi realizada em um forno de grafite. As amostras foram aquecidas a 470 °C por 10 minutos e então 700 °C por 30 minutos em uma atmosfera de N<sub>2</sub> + 4 % H<sub>2</sub>. A infiltração com Cu foi realizada a vácuo a 1.280° C por 30 minutos. A densidade de W/diamante e Mo/diamante foi 9,27 e 7,85 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Os resultados mostram que o elemento de carga selecionado também tem uma influência na propriedade, tal como a densidade.

### Exemplo 3: Preparação de compósitos de diamante/metal

[28] Seis diferentes compósitos de diamante/metal foram preparados de maneira similar ao exemplo 1. A relação em peso de diamante/metal foi 92:8. A densidade de diferentes amostras é dada na tabela 2.

Tabela 2

Metal	Ti	Cr	Mo	W	Co	Cr+Mo
Metal (% em peso)	8	8	8	8	8	4+4
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	3,27	3,36	3,43	3,46	3,32	3,40

[29] Os resultados na tabela 2 mostram que, com a mesma quantidade de carga metálica, serão obtidas densidades diferentes dos compósitos, que depende do tipo da carga metálica ou da combinação das cargas metálicas.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para produzir compósito de diamante-metal, caracterizado pelo fato de que compreende misturar partículas de diamante com partículas de carga metálica, formando uma mistura diamante/carga metálica, formando um corpo verde da mistura diamante/carga metálica, opcionalmente usinar em verde o corpo verde em uma peça de trabalho antes ou depois da pré-sinterização pelo aquecimento do corpo verde a uma temperatura  $\leq 500^{\circ}\text{C}$ , infiltrar o corpo verde ou a peça de trabalho com um ou mais elementos umectantes ou infiltrar o corpo verde ou a peça de trabalho com uma ou mais ligas umectantes, cuja etapa de infiltração é realizada a vácuo ou em uma atmosfera de gás inerte a uma pressão  $\leq 200$  bar e a uma temperatura  $\leq 1700^{\circ}\text{C}$ .

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o método também inclui misturar a mistura de diamante/carga metálica com um aglutinante, formando uma mistura diamante/carga/aglutinante.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que os aglutinante são polímeros, resina, celulose ou amido, e em que o aglutinante é adicionado à mistura diamante-carga metálica em uma quantidade menor que 50 % em peso.

4. Método, de acordo com a reivindicação 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que o aglutinante é adicionado à mistura diamante/carga metálica em uma quantidade menor que 20 % em peso.

5. Método, de acordo com a reivindicação 2, 3 ou 4, caracterizado pelo fato de que o método também inclui secar por aspensão a mistura diamante/carga/aglutinante em grânulos, e formar os grânulos em um corpo verde por prensagem.

6. Método, de acordo com a reivindicação 2, 3 ou 4, caracterizado pelo fato de que o método também inclui formar a mistura de

diamante/carga/aglutinante em um corpo verde por um dos processos no grupo que consiste em fundição, moldagem por injeção, compactação por laminação e extrusão.

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que a usinagem em verde é corte, serra, perfuração, fresagem ou torneamento.

8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o método inclui pré-sinterizar o corpo verde ou a peça de trabalho a uma temperatura menor ou igual a 500° C ao ar, uma atmosfera de gás inerte ou a vácuo.

9. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que os elementos umectantes ou as ligas umectantes têm um ângulo de molhagem  $< 90^\circ$  na peça de trabalho ou no corpo verde.

10. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que as partículas de carga são selecionadas de um ou mais elementos ou uma ou mais ligas dos elementos do grupo que consiste em Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Tc, Re, Fe, Co, Ni e Si.

11. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que os elementos umectantes ou as ligas umectantes são selecionados de um ou mais elementos do grupo que consiste em Mn, Cr, Mo, W, Fe, Co, Ni, Cu, Ag, Au, Al e Si.

12. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que os metais umectantes ou as ligas de metais umectantes têm uma temperatura da curva de fusão  $\leq 1.500^\circ\text{C}$ .

13. Corpo compósito de diamante-metal obtido pelo método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, caracterizado pelo fato de que o corpo compósito de diamante-metal compreende diamantes,

partículas de carga e elementos umectantes ou ligas umectantes, em que as partículas de carga são selecionadas de um ou mais elementos ou uma ou mais ligas dos elementos do grupo que consiste em Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Tc, Re, Fe, Co, Ni e Si, e em que os elementos umectantes ou as ligas umectantes são selecionados de um ou mais elementos do grupo que consiste em Mn, Cr, Mo, W, Fe, Co, Ni, Cu, Ag, Au, Al e Si.

14. Corpo compósito de diamante-metal de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que contém adicionalmente produtos de reação entre diamante, carga metálica e elementos umectantes.

15. Corpo compósito de diamante-metal, de acordo com a reivindicação 13 ou 14, caracterizado pelo fato de que as partículas de carga metálica são selecionadas de um ou mais elementos ou ligas de um ou mais elementos do grupo que consiste em Ti, Cr, Mo, W e Co.

16. Corpo compósito de diamante-metal, de acordo com qualquer uma das reivindicações 13, 14 ou 15, caracterizado pelo fato de que os elementos umectantes ou as ligas umectantes são selecionadas de um ou mais elementos do grupo que consiste em Mn, Cr, Cu e Si.

17. Corpo compósito de diamante-metal, de acordo com qualquer uma das reivindicações 13, 14, 15 ou 16, caracterizado pelo fato de que é usado para a produção de bicos, camisas, azulejos, tubos ou chapas, ferramentas de corte, brocas de perfuração ou insertos de mineração.