



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0609329-9 A2**



* B R P I O 6 0 9 3 2 9 A 2 *

(22) Data de Depósito: 14/03/2006
(43) Data da Publicação: 31/08/2010
(RPI 2069)

(51) *Int.Cl.:*
B22F 3/04
C22C 1/10

(54) Título: **MÉTODO APERFEIÇOADO PARA PREPARAR COMPOSITO DE MATRIZ DE METAL E DISPOSITIVO PARA IMPLEMENTAR O REFERIDO MÉTODO**

(30) Prioridade Unionista: 14/03/2005 FR 0502481

(73) Titular(es): FORGES DE BOLOGNE

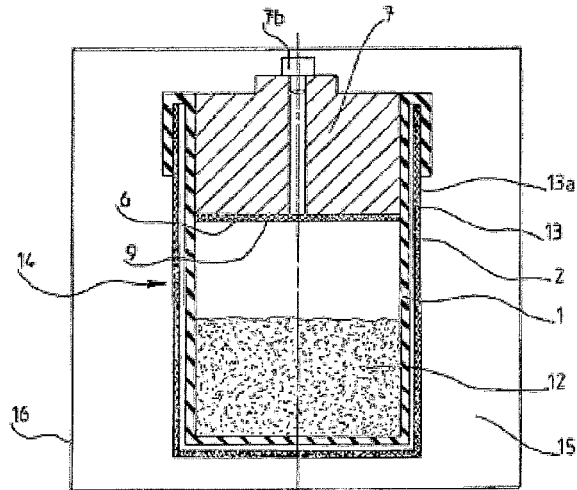
(72) Inventor(es): JACQUES TSCHOFEN

(74) Procurador(es): Veirano e Advogados Associados

(86) Pedido Internacional: PCT FR2006000564 de 14/03/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/097622 de 21/09/2006

(57) Resumo: MÉTODO APERFEIÇOADO PARA PREPARAR COMPOSITO DE MATRIZ DE METAL E DISPOSITIVO PARA IMPLEMENTAR O REFERIDO MÉTODO. A invenção se refere principalmente a um método de preparação de compósitos de matriz metálica que compreende pelo menos as etapas de compactação isostática a frio antes da mistura dos pós (5), e prensagem uniaxial a quente do compacto (12) obtido da etapa precedente. O método da invenção permite obter compósitos de matriz metálica com propriedades melhoradas. A invenção se refere também a um dispositivo para implementar, particularmente, a etapa de compactação isostática que compreende uma bainha de látex (1) na qual a mistura de pós (5) é vertida, um contêiner cilíndrico perfurado (2) no qual a bainha de látex (1) é disposta, e meios de isolamento hermético (7, 10, 11) da mistura de pós (5) contida na bainha (1).



MÉTODO APERFEIÇOADO PARA PREPARAR COMPÓSITOS DE MATRIZ DE METAL E DISPOSITIVO PARA IMPLEMENTAR O REFERIDO MÉTODO.

A presente invenção se refere a um processo de
5 preparação de compósitos de matriz metálica (CMM), e
adicionalmente a um dispositivo que permite a implementação
do referido método.

Os CMM podem conter misturas de alumínio reforçadas
por partículas tal como, por exemplo, partículas de
10 carboneto de silício, carboneto de boro, alumina, ou
qualquer outro material cerâmico.

Os CMM são principalmente usados na fabricação de
peças metálicas no campo da aeronáutica, tais como peças de
rotor para helicópteros.

15 A estampagem das peças de CMM é efetuada a partir de
biletas muito pesadas que são obtidas por compactação antes
da mistura dos pós.

Em certos métodos conhecidos, a etapa principal de
compactação é realizada por prensagem uniáxial que conduz à
20 formação de estratos nos biletas, o que é desvantajoso para
as propriedades mecânicas das peças metálicas obtidas a
partir destes biletas.

Desta forma, é necessário que cada biletas apresente
uma divisão mais homogênea possível dos elementos que o
25 constituem, e notoriamente das partículas reforçadas, para
que as peças fabricadas a partir destes biletas apresentem
as propriedades mecânicas requeridas.

Assim, a simplicidade de um método de fabricação de CMM é necessária para reduzir os custos de produção do CMM.

O método da invenção permite atenuar os inconvenientes supracitados e compreende pelo menos uma das etapas de:

5 (a) compactação isostática a frio antes da mistura dos pós 5, e

(b) prensagem uniaxial a quente do compacto (12) obtido na etapa (a).

10 Estas duas etapas permitem realizar um custo menor ao CMM com propriedades mecânicas melhoradas. Vantajosamente, as misturas de pós a seco num misturador adequado sujeito a um gás sob pressão que compreende um gás neutro e oxigênio.

15 A mistura de pós a seco apresenta ainda a vantagem de ser mais econômica do que um método de mistura úmida e a presença de um gás neutro permitem evitar os riscos de explosão presentes durante a mistura a seco. De preferência, a pressão no misturador é compreendida entre 15 e 25 Bars, o gás neutro é azoto e a taxa de oxigênio é controlada e compreendida entre 5 e 10%. O controle da taxa de oxigênio
20 permite evitar ainda mais os riscos de explosão. Mais preferencialmente, a pressão no misturador é de 20 Bars e a taxa de oxigênio é de 6%.

25 Preferivelmente, a mistura de pós 5 compreende uma mistura de alumínio reforçada por partículas como, por exemplo, carboneto de silício, carboneto de boro, alumina, ou qualquer outro material cerâmico. Mais preferencialmente, a mistura de pós 5 compreende 94,7% de massa de alumínio, 4%

de massa de cobre, 1,3% de massa de magnésio e 15% em volume de carboneto de silício.

Além disso, a mistura de pós 5 é feita bruscamente em uma operação de apiloamento sobre mesa vibrante antes da etapa (a) de compactação isostática.

Também antes da etapa (a) de compactação isostática, o gás contido na mistura de pós-compactados 5 pode ser evacuado por bomba para se obter um compacto sólido 12.

No momento da etapa de compactação, o fluido de compactação 15 compreende vantajosamente água e aditivos lubrificantes.

De preferência, a pressão do fluido de compactação é compreendida entre 1500 e 4000 Bars e mais preferencialmente a pressão é de 2000 Bars.

Pode-se igualmente prever que o compacto obtido da etapa (a) sofra uma operação de degaseificação a uma temperatura compreendida entre 100 e 450°C, preferivelmente 440°C.

Preferivelmente, a etapa (b) de prensagem uniaxial a calor é realizada a uma temperatura compreendida entre 400 e 600°C, preferivelmente, a uma temperatura de 450°C, e tem uma pressão aplicada compreendida entre 1000 e 3000 Bars, preferivelmente 1800 Bars.

Vantajosamente, o bilete 22 obtido na etapa (b) é extrudado a quente. Muito vantajosamente, os compósitos têm matrizes de alumínio reforçados por partículas de carboneto de silício ou quaisquer partículas de cerâmica, tais como

carboneto de boro ou alumina.

A invenção se refere ainda ao bilete 22 obtido pelo método descrito previamente.

5 A invenção também se refere a um dispositivo para realizar a etapa (a) do método, descrito previamente, que compreende:

- uma bacia de látex 1 na qual a mistura de pós 5 é vertida,

10 - um contêiner cilíndrico perfurado 2 no qual a bacia de látex 1 é disposta, e

- meios de isolamento hermético 7, 10, 11 da mistura de pós 5 contida na bacia 1,

15 onde a bacia 1, o contêiner vazado 2 e os meios de isolamento herméticos 7, 10, 11 formam um dispositivo para a compactação isostática 14 que está apta a ser colocada no líquido de compactação 15 da prensa isostática para ser submetido a etapa (a) de compactação isostática.

20 Vantajosamente, os meios de isolamento hermético 7, 10, 11 compreendem pelo menos uma rolha 7 num material elasticamente deformável fixado à força na bacia 1.

25 Muito vantajosamente, os meios de isolamento hermético 7, 10, 11 compreendem uma borda superior 10 da bacia 1 que se dobra na direção ao fundo da bacia 1, formando um rebordo anular 11 elasticamente apoiado contra a face externa 13a da parede lateral 13 do contêiner vazado 2.

Preferivelmente, a bacia 1 e o contêiner vazado 2, antes da etapa (a) de compactação isostática são dispostos

de modo amovível em um contêiner cilíndrico 3.

Neste caso, o bordo superior 10 da bainha 1 se dobra em direção ao fundo da bainha 1 e vem elasticamente em apoio contra a face externa 12a da parede lateral 12 do contêiner cilíndrico 3.

Além disso, o dispositivo da invenção pode compreender meios 7a para retirar o vácuo da bainha 1 de modo que o gás contido na mistura de pós 5 seja evacuado antes da etapa (a) de compactação isostática.

A invenção será melhor compreendida e outros objetivos, características, detalhes e vantagens dela aparecerão mais claramente na descrição que segue, feita em referência aos desenhos anexados, fornecidos unicamente a título exemplificativo, ilustrando um modo de realização da invenção e nos quais:

- a figura 1 é uma vista em perspectiva explodida do dispositivo da invenção que permite a evacuação dos gases residuais antes da etapa (a) de compactação isostática,

- a figura 2 é uma vista em corte de acordo com as linhas II-II da figura 1 do dispositivo da figura 1 montado.

- a figura 3 é uma vista idêntica do dispositivo da figura 2 sem o contêiner e disposto na prensa isostática.

- a figura 4 é uma vista do dispositivo durante a etapa de desgaseificação; e

- a figura 5 é uma vista em corte do dispositivo de prensagem uniaxial.

O exemplo de realização apresentado a seguir adapta-

se, de maneira não limitativa, a preparação de compósitos de matrizes de alumínio reforçados por partículas de carboneto de silício.

Uma mistura de pós pré-combinados 5 composta de 94,7% de massa de alumínio, 4% de massa de cobre, 1,3% de massa de magnésio e 15% em volume de carboneto de silício é misturada a seco em um triturador de rosca ou num misturador de pós convencional.

Para evitar qualquer risco de explosão durante a mistura dos pós, a atmosfera circundante compreende um gás neutro, tal como o azoto que tem uma pressão compreendida entre 15 e 25 mBars, preferivelmente 20 mBars, bem como o oxigênio tem uma taxa compreendida entre 5 e 10%, preferivelmente 6%.

Em referência às figuras 1 e 2, a bainha de látex 1 é disposta em um contêiner vazado 2 de modo a deixar um espaço livre entre o fundo da bainha de látex 1 e o fundo do contêiner vazado 2. A bainha de látex 1 e o contêiner vazado 2 são colocados em um contêiner 3 que comporta uma embocadura 4 atravessada por um canal 4a que desemboca no contêiner 3, o referido canal 4a se destina a ser conectado à uma bomba de vácuo através de um tubo não mostrado.

Após o fechamento hermético o dispositivo por meios adaptados não representados, retira o vácuo rapidamente e efetua ao nível da embocadura 4 de modo que a bainha de látex 1 venha a se facear contra as paredes do contêiner vazado 2 definindo um volume de capacidade maior possível.

Após a aplicação do vácuo pela a obturação do canal 4a, a mistura de pós 5 supracitada é vertida na bacia de látex 1 e simultaneamente compactada nesta bacia 1 com a ajuda de uma mesa vibrante não representada.

5 A fim de obter uma impermeabilidade ótima para as operações seguintes, a parte superior 10 da bacia de látex 1 é disposta de modo a exceder ao contêiner 3 e se dobrar em direção ao fundo da bacia de látex 1 para formar um bordo anular 11 apoiada elasticamente contra a face externa 12a da
10 parede lateral 12 do contêiner 3.

Uma rolha nitrílica aproximadamente cilíndrica 7 é fixada à força na bacia de látex 1 deixando o bordo anular 11 exceder como descrito previamente.

A disposição da rolha nitrílica 7 e do bordo anular 11
15 da bacia de látex 1 permitem obter um sistema totalmente de estanque. A rolha nitrílica 7 possui um diâmetro central 7A, esta é destinada a ser conectada à uma bomba de vácuo através de um tubo não representado.

A retirada do vácuo é efetuada até que a mistura de
20 pós 5 se torne um compacto sólido 12, seguidamente a aplicação do vácuo é parada pela obturação do canal 7a por um obturador 7b.

Um filtro 6, fixado sobre a face interna 9 da rolha 7 e ao contatar a mistura de pós compactada 5, permite evitar
25 que as poeiras provenientes da mistura de pós 5 passem pelo sistema de aplicação de vácuo durante a retirada.

Fazendo referência à figura 3, o conjunto que forma o

dispositivo para a compactação isostática 14 é constituído pelo compacto 12, bainha 1, contêiner vazado 2 e a rolha 7 extraída do contêiner 3, a estanquicidade é conservada pela elasticidade da bainha de látex 1 que permite,
5 simultaneamente, a extração deste dispositivo 14 do contêiner 3, e que o bordo anular 11 se faceie contra a face externa 13a da parede lateral 13 do contêiner vazado 2.

Este dispositivo 14 é mergulhado no fluido de compactação 15 de uma prensa isostática 16 que compreende
10 água e aditivos lubrificantes, e assim é sujeito à operação de compactação isostática á frio pela aplicação de uma pressão compreendida entre 1500 e 4000 Bars, preferivelmente de 2000 Bars.

O aumento da velocidade de pressão, durante esta
15 etapa, é compreendida entre 20 e 50 Bars por minuto e o tempo de permanência da pressão máxima supracitada é de pelo menos um minuto.

Desta maneira, as forças exercidas sobre o compacto 12 estão sobre toda a sua superfície o que permite obter uma
20 compactação uniforme sem formação de estratos ou outras discontinuidades da matéria.

O compacto 12 obtido após a operação de compactação isostática apresenta uma densidade de cerca de 85°.

Após esta operação, a bainha 1 é extraída do contêiner
25 vazado 2 e a parte externa da bainha de látex 1, assim como a rolha 7 são completamente limpas para evitar qualquer contacto entre o fluido de compactação 15 e o compacto 12.

Seguidamente, a bainha 1 e a rolha 7 são retiradas e os resíduos do filtro 9, se for caso disso, são retirados por lixamento ou polimento da parte superior do compacto 12.

Em referência à figura 4, o compacto 12 é então disposto em um contêiner tubular de alumínio 17 que comporta uma parede de fundo 18.

O contêiner 17 é obturado pela soldagem de uma parede superior oposta de alumínio 19 que compreende um orifício no qual é soldado um tubo 21 destinado a ligar uma bomba de vácuo.

A retirada do vácuo é efetuada durante cerca de 30 minutos após ter controlado a impermeabilidade do contêiner de alumínio 17 e, ao mesmo tempo a bomba continua a operar, o contêiner 17 é colocado num forno a cerca de 440°C durante aproximadamente 12 horas para sofrer uma operação de desgaseificação.

Na seqüência desta última operação, o tubo 21 é obturado a cerca de 10 a 20 cm da parede superior 19. O contêiner de alumínio 17 que contem o compacto 12 é em seguida colocado em uma ferramenta 23 previamente aquecida a uma temperatura superior a 300°C, preferivelmente, compreendida entre 400 e 600°C, vantajosamente a 450°C, assim o compacto 12 não resfria após a etapa desgaseificação.

A temperatura supracitada é conservada durante toda a duração da operação de prensagem uniaxial a calor.

A ferramenta 23 possui um diâmetro central cilíndrico

24 de diâmetro de aproximadamente igual ao diâmetro do contêiner 17 de modo que se possa inserir o contêiner 17 no dito diâmetro 24. O contêiner 17 se apóia sobre uma peça na que forma a ejetora de matriz 25, por razões explicadas a seguir, que é amovível de forma fixa à face interna 26 do diâmetro central 24.

Uma punção 27 vem então aplicar uma pressão, compreendida entre 1000 e 3000 Bars, preferivelmente 1800 Bars, sobre o contêiner 22 na direção vertical indicada pela seta 28 até que a punção 27 não se desloque mais, então a pressão atingida é mantida durante cerca de um minuto.

A aplicação de uma pressão vertical permite que a matriz seja centrada relativamente a esta pressão.

Após a operação de prensagem uniaxial, a punção 27 é retirada e o bilette 22, constituído do compacto 12 no contêiner de alumínio 17 após a operação de prensagem uniaxial, é ejetado da ferramenta 23 por um ejetor 29 disposto do lado oposto à punção 27 por aplicação de uma pressão no sentido da seta 20. A ejeção do bilette 22 pela parte superior da ferramenta se torna possível pelo ejetor de matriz móvel 25 que desliza pelo diâmetro central 24.

Uma esfoliação mecânica é então efetuada para assim retirar a camada de alumínio do contêiner ao redor do bilette 22.

Após a operação de prensagem uniaxial, um bilette 22 de densidade de 100% é obtido.

Este bilette 22 é extrudado a quente a uma temperatura

de cerca de 400°C para lhe conferir uma melhor coesão e propriedades mecânicas ótimas.

O bilete 22 pode ser então usinado para produzir uma peça metálica de qualquer forma por forjagem, usinagem ou qualquer outra técnica conhecida.

Devido ao método realizado, as partículas de carboneto de silício são repartidas uniformemente no bilete obtido que apresenta, assim propriedades mecânicas melhoradas.

As propriedades dos compósitos de matriz metálica assim obtidos, dependem da natureza da matriz de alumínio, da taxa de reforço das partículas e do tratamento térmico realizado sobre o produto.

A resistência à ruptura é tipicamente superior a 500MPa e o módulo de Young se situa entre 95 e 130 GPa para uma taxa de reforço que varia entre 15 e 40% em volume.

A tensão limite de fadiga a 10^7 ciclos se situa entre 250 e 350 MPa, por consequência, as peças mecânicas produzidas a partir do CMM elaboradas de acordo com o método previamente descrito podem ter uma duração de vida 10 vezes maior em relação as matrizes convencionais.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de preparação de compósitos de matriz metálica, CARACTERIZADO pelo fato de compreender pelo menos
5 uma etapa de misturar a seco pós da liga de metal à base de alumínio em um misturador apropriado, submetido a um gás sob pressão que compreende um gás neutro e oxigênio.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO por adicionalmente compreender as etapas de:

10 (a) compactação isostática a frio antes da mistura dos pós (5), e

(b) prensagem uniaxial a quente do compacto (12) obtido na etapa (a).

3. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 2, CARACTERIZADO pelo fato de que a
15 pressão no misturador é compreendida entre 15 e 25 mBars, onde o gás neutro é azoto e na qual a taxa de oxigênio é controlada e compreendida entre 5 e 10%.

4. Método, de acordo com a reivindicação 3, CARACTERIZADO pelo fato de que a pressão no misturador é de
20 20 mBars e na qual a taxa de oxigênio é de 6%.

5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, CARACTERIZADO pelo fato de que a
mistura de pós sofre uma operação de compactação sobre uma
25 mesa vibrante antes da etapa (a) de compactação isostática.

6. Método, de acordo com qualquer das reivindicações precedentes, CARACTERIZADO pelo fato de que o

gás contido na mistura de pós-compactados (5) é evacuado por uma bomba para obter um compacto sólido (12), antes da etapa (a) de compactação isostática.

5 7. Método, de acordo com uma qualquer uma das reivindicações precedentes, CARACTERIZADO pelo fato de que o fluido de compactação (15) compreende água e aditivos lubrificantes.

10 8. Método, de acordo com uma qualquer uma das reivindicações precedentes, CARACTERIZADO pelo fato de que a pressão do fluido de compactação (15) é compreendida entre 1500 e 4000 Bars.

9. Método, de acordo com a reivindicação 5, CARACTERIZADO pelo fato de que a pressão do fluido de compactação (15) é de 2000 Bars.

15 10. Método de acordo com uma qualquer uma das reivindicações precedentes, CARACTERIZADO pelo fato de que o compacto obtido na etapa (a) sofre uma operação de degaseificação a uma temperatura, compreendida entre 100 e 450°C, e preferivelmente, de 440°C.

20 11. Método, de acordo com uma qualquer das reivindicações precedentes, CARACTERIZADO pelo fato de que a operação de prensagem uniaxial a quente é realizada a uma temperatura compreendida entre 400 e 600°C e na qual a pressão aplicada é compreendida entre 1000 e 3000 Bars.

25 12. Método, de acordo com a reivindicação 18, CARACTERIZADO pelo fato de que a operação de prensagem uniaxial é realizada a uma temperatura de 450°C a uma

pressão de 1800 Bars.

13. Método, de acordo com uma qualquer uma das reivindicações precedentes, CARACTERIZADO pelo fato de que o bilete obtido na etapa (b) é extrudado a quente.

5 14. Método, de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 15, CARACTERIZADO pelo fato de que os compósitos de matrizes de alumínio são reforçados por partículas de carboneto de silício ou quaisquer partículas de cerâmica, tais como carboneto de boro ou alumina.

10 15. Método, de acordo com uma qualquer das reivindicações precedentes, CARACTERIZADO pelo fato de que a mistura de pós compreende cerca de 94,7% de massa de alumínio, 4% de massa de cobre, 1,3% de massa de magnésio e 15% de volume de carboneto de silício.

15 16. Bilete, CARACTERIZADO por ser obtido pelo método definido em qualquer das reivindicações de 1 a 15.

17. Peça metálica, CARACTERIZADA pelo fato de ser obtida por forjagem, usinagem ou qualquer outra técnica equivalente a partir do bilete definido na reivindicação 16.

20 18. Dispositivo para realizar a etapa (a) do método, de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 15, CARACTERIZADO por compreender:

- uma bainha de látex (1) na qual a mistura de pós (5) é vertida,

25 - um contêiner cilíndrico perfurado (2) no qual a bainha de látex (1) é disposta, e

- dispositivos de isolamento hermético (7, 10, 11) da

mistura de pós (5) contida na bacia (1), na qual a bacia (1), o contêiner vazado (2) e os dispositivos de isolamento herméticos (7, 10, 11) formam um dispositivo para a compactação isostática (14) que está apto para ser colocado no fluido de compactação (15) da prensa isostática para sofrer a etapa (a) de compactação isostática.

19. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 18, CARACTERIZADO pelo fato de que os dispositivos de isolamento hermético (7, 10, 11) compreendem pelo menos uma rolha (7) de um material elasticamente deformável fixado à força na bacia (1).

20. Dispositivo de acordo com uma qualquer das reivindicações 18 ou 19, CARACTERIZADO pelo fato de que os dispositivos de isolamento hermético (7, 10, 11) compreendem uma borda superior (10) da bacia (1) que se dobra em direção ao fundo da bacia (1) formando um rebordo anular (11) elasticamente apoiado contra a face externa (13a) da parede lateral (13) do contêiner vazado (2).

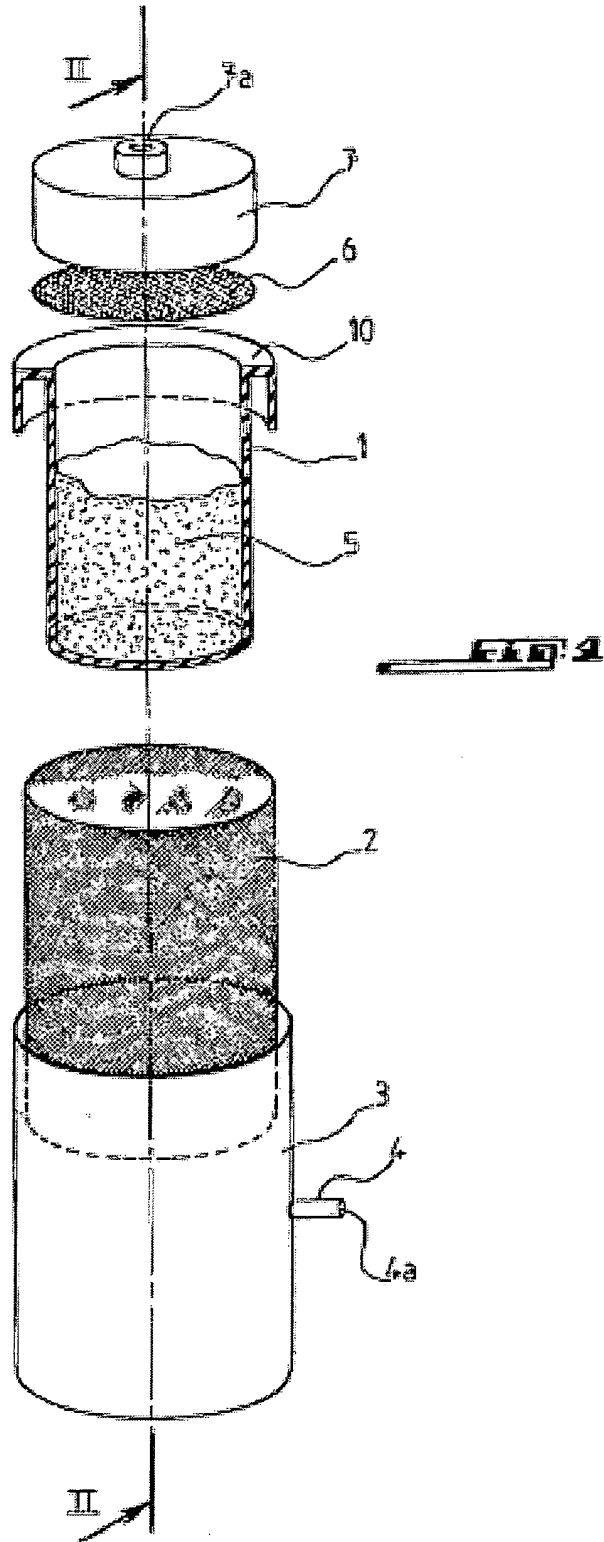
21. Dispositivo, de acordo com uma qualquer das reivindicações 18 a 20, CARACTERIZADO pelo fato de que a bacia (1) e o contêiner vazado (2), antes da etapa (a) de compactação isostática, são dispostos de modo amovível em um contêiner cilíndrico (3).

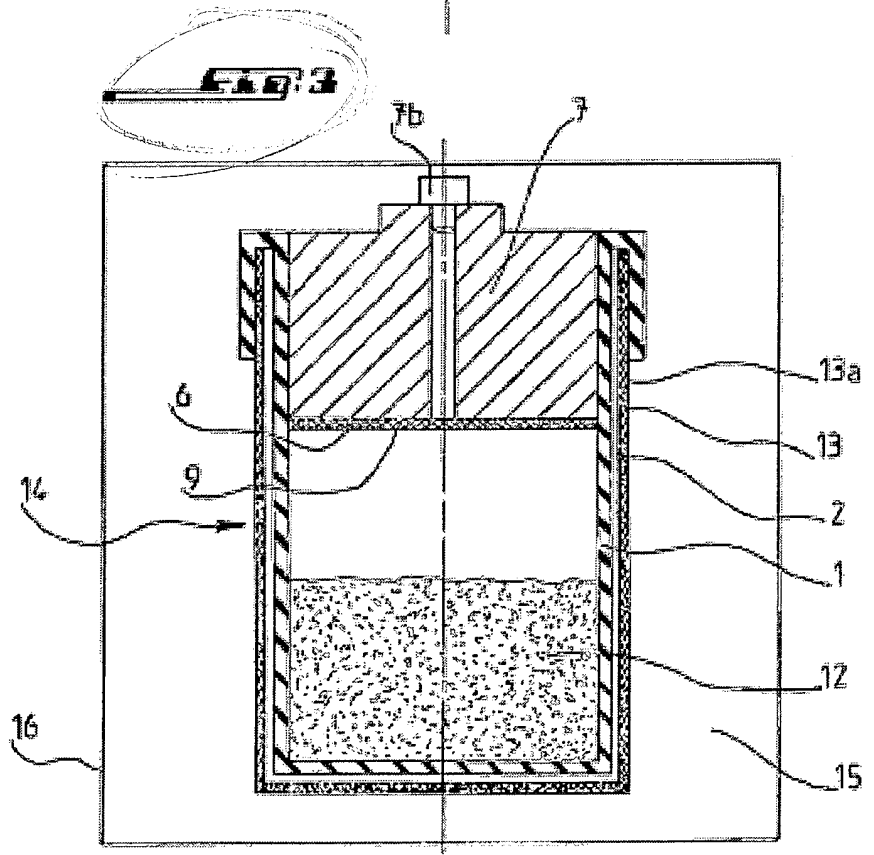
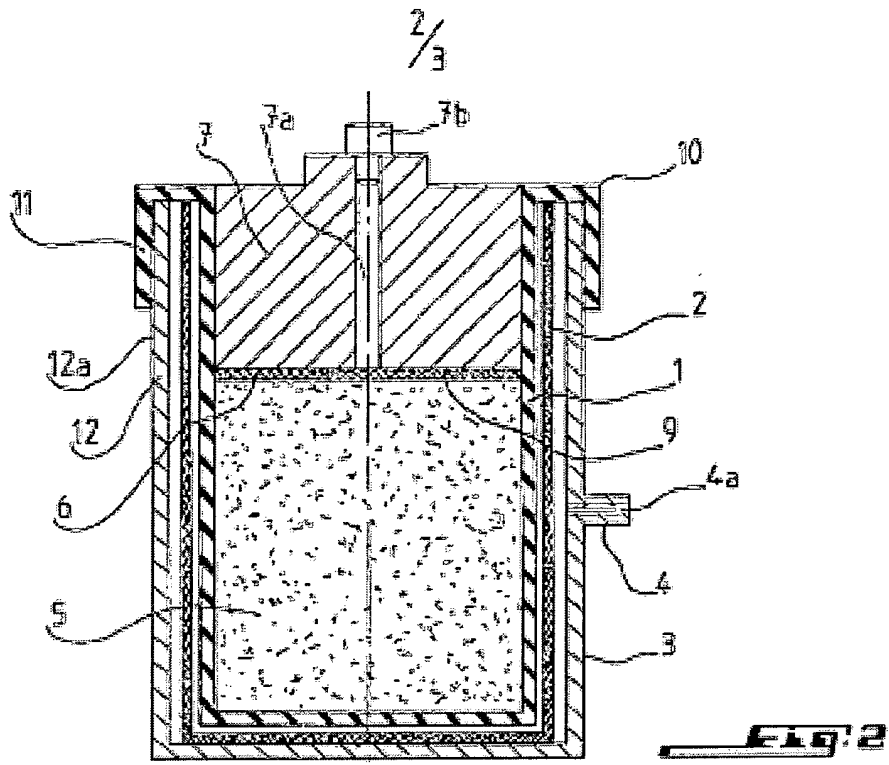
22. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 21, CARACTERIZADO pelo fato de que o bordo superior (10) da bacia (1) se dobra em direção ao fundo da bacia (1) e se apóia elasticamente contra a face externa (12a) da parede

lateral (12) do contêiner cilíndrico (3).

23. Dispositivo, de acordo com uma qualquer das reivindicações 21 e 22, CARACTERIZADO pelo fato de que os dispositivos (7a) retira o vácuo da bainha (1) de modo que o gás contido na mistura de pós (5) seja evacuado antes da etapa (a) de compactação isostática.

1/3





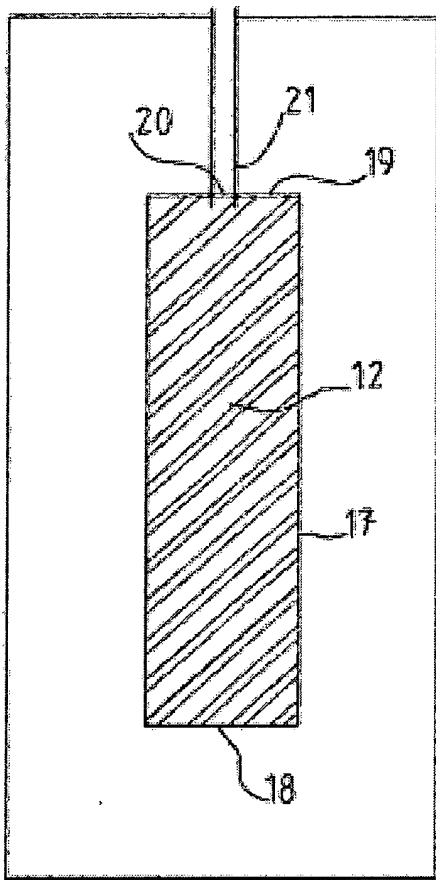


FIG. 4

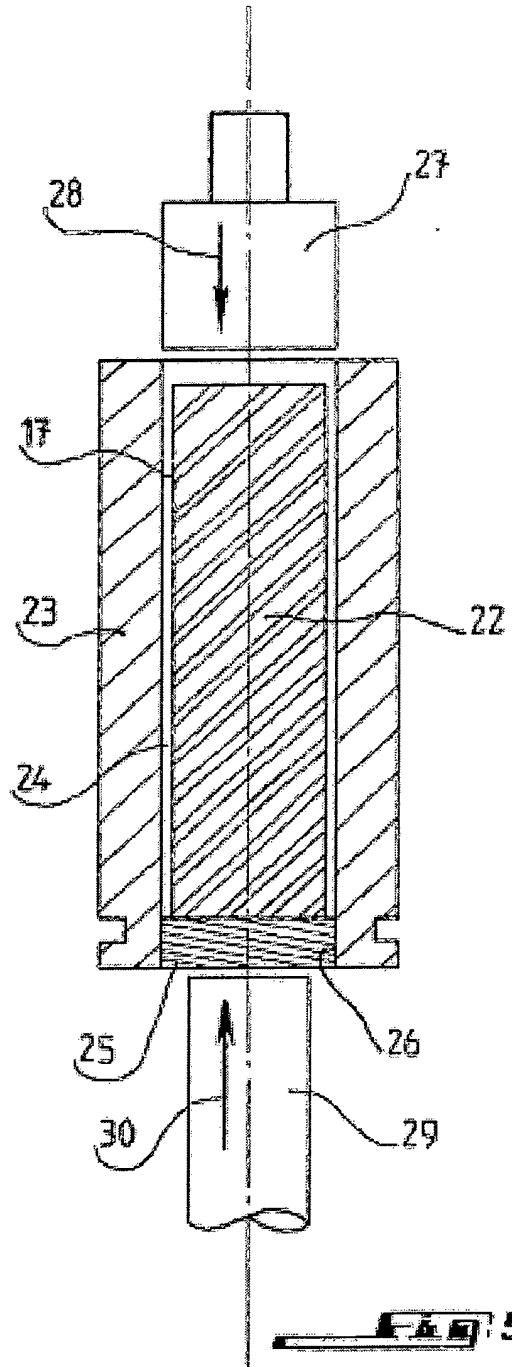


FIG. 5

RESUMO

MÉTODO APERFEIÇOADO PARA PREPARAR COMPÓSITO DE MATRIZ DE METAL E DISPOSITIVO PARA IMPLEMENTAR O REFERIDO MÉTODO.

5

A invenção se refere principalmente a um método de preparação de compósitos de matriz metálica que compreende pelo menos as etapas de compactação isostática a frio antes da mistura dos pós (5), e prensagem uniaxial a quente do compacto (12) obtido da etapa precedente. O método da invenção permite obter compósitos de matriz metálica com propriedades melhoradas. A invenção se refere também a um dispositivo para implementar, particularmente, a etapa de compactação isostática que compreende uma bacia de látex (1) na qual a mistura de pós (5) é vertida, um contêiner cilíndrico perfurado (2) no qual a bacia de látex (1) é disposta, e meios de isolamento hermético (7, 10, 11) da mistura de pós (5) contida na bacia (1).

20