



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

(21) **PI0701931-9 A2**

(22) Data de Depósito: 29/05/2007
(43) Data da Publicação: 31/08/2010
(RPI 2069)



(51) *Int.Cl.:*
B23K 1/06

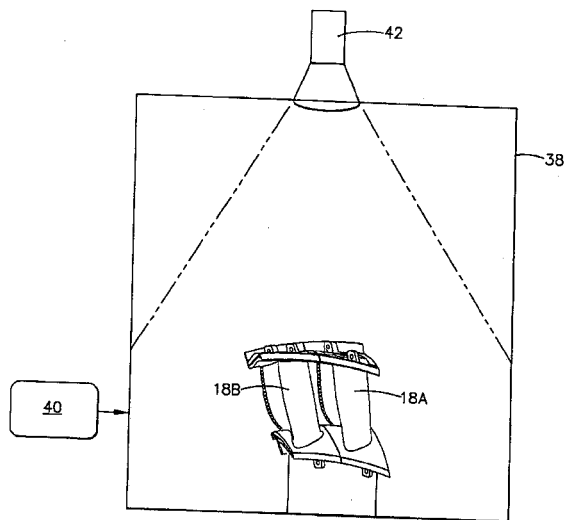
(54) Título: **BRASAGEM POR MICROONDAS EMPREGANDO PRÉ-FORMAS MIM**

(30) Prioridade Unionista: 31/05/2006 US 11/421,370

(73) Titular(es): General Electric Company

(72) Inventor(es): David Edwin Budinger

(57) **Resumo:** Brasagem por microondas empregando pré-formas MIM. Um método para produzir uma pré-forma de brasagem (32) para uma brasagem por microondas compreende fornecer uma mistura entre uma liga de brasagem na forma de um pó metálico (34) e entre um ligante (36); e fundir o ligante (36) e conformar a mistura como uma pré-forma (32) apresentando um formato pré-selecionado. Um método para unir dois componentes metálicos compreende fornecer uma pré-forma de brasagem (32) compreendendo uma liga de brasagem na forma de um pó metálico (34) contido em um ligante (36) solidificado; dispor a pré-forma (32) adjacente a ou dentro de uma junção definida entre os componentes metálicos; aquecer a pré-forma (32) utilizando energia de microondas até uma temperatura de brasagem acima do ponto de fusão da pré-forma (32), de modo a fazer com que a liga de brasagem seja fundida e flua para dentro da junção; e permitir o resfriamento da liga de brasagem de modo a formar uma união entre os componentes metálicos.





PI0701931-9

Brasagem por microondas empregando pré-formas MIM.**FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO**

Esta invenção se refere, em geral, a união por brasagem de componentes metálicos e, mais em particular, às pré-formas em liga de brasagem.

5 Os componentes metálicos, especialmente os componentes dos motores de tipo turbina a gás, são em geral unidos uns aos outros, através da brasagem. Na brasagem, uma liga metálica, a qual apresenta um ponto de fusão mais baixo que o ponto de fusão dos componentes, é disposta entre os componentes. Todo o conjunto é então aquecido a uma temperatura acima do ponto de fusão da liga de brasagem e abaixo do ponto de fusão dos componentes, fazendo com que a liga flua
10 entre os componentes. Quando resfriado, o resultado é uma união estrutural que não apresenta um efeito prejudicial em relação às propriedades metalúrgicas dos componentes unidos.

É conhecido o uso de aquecimento por microondas de modo a aquecer localmente as ligas de brasagem, ao mesmo tempo em que não se aquece o material do substrato das partes dos componentes que estão sendo unidas. As uniões por brasagem tem sido feitas empregando-se as ligas convencionas de brasagem. As microondas geram um campo magnético ao redor das partículas em pó, fazendo com que estas aqueçam a uma temperatura acima do seu ponto de fusão. Esta poça fundida
15 continua a esquentar e flui para dentro da junta de brasagem ou quebra por ação da capilaridade. O aquecimento, somente do substrato, é isolado da área adjacente à poça fundida pela condução térmica. Este processo permite um aquecimento seletivo do pó de brasagem, sem o aquecimento do material do substrato fora da área de brasagem.

Contudo, em tais processos, a liga de brasagem tipicamente é aplicada na forma de uma pasta, a qual se espalha por uma área mais ampla que a do material do substrato. Esta área de contato ampliada leva a um aumento da condução térmica entre o pó de brasagem aquecido e o material do substrato. Isto resulta em um maior aquecimento do material do substrato e impede o desejado aquecimento seletivo.

30 Desta forma, existe a necessidade por um método de brasagem por microondas dos componentes sem um aquecimento excessivo.

BREVE SÍNTESE DA INVENÇÃO

A necessidade supra citada é satisfeita pela presente invenção, a qual, de acordo com um aspecto fornece um método para a produção de uma pré-forma de brasagem para a brasagem por microondas, incluindo: fornecer uma
35 mistura entre uma liga de brasagem na forma de um pó metálico e entre um ligante; e fundir o ligante e conformar a mistura como uma pré-forma apresentando um formato pré-selecionado.

De acordo com outro aspecto da invenção, um método para

unir dois componentes metálicos entre estes inclui: fornecer uma pré-forma de brasagem compreendendo uma liga de brasagem na forma de um pó metálico contido em um ligante solidificado; dispor a pré-forma adjacente a ou dentro de uma junção definida entre os componentes metálicos; aquecer a pré-forma utilizando energia de microondas até uma temperatura de brasagem acima do ponto de fusão da pré-forma, de modo a fazer com que a liga de brasagem seja fundida e flua para dentro da junção; e permitir o resfriamento da liga de brasagem de modo a formar uma união entre os componentes metálicos.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A invenção será compreendida a partir da referência que é feita à descrição seguinte, a qual é realizada em conjunto com as figuras que a acompanham, e nas quais:

- A figura 1 é uma vista em perspectiva de um exemplo de um segmento de um bocal de turbina;
- A figura 2 é uma vista em perspectiva de um par de "camisetas" as quais compõem o seguimento do bocal da figura 1, antes da operação de união;
- A figura 3 é uma vista em perspectiva das "camisetas" do bocal da figura 2 dispostas lado a lado durante a preparação para uma operação de união;
- A figura 4 é uma vista em secção transversal de uma parte da figura 3; e
- A figura 5 é uma vista esquemática das camisetas do bocal da figura 2 posicionadas dentro de uma câmara para o processo de brasagem por microondas.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Com referência aos desenhos, nos quais os numerais de referência iguais indicam os mesmos elementos em todas as figuras, a figura 1 ilustra um exemplo de um seguimento de bocal 10 de turbina, o qual inclui os defletores do bocal 12A e 12B, dispostos entre as cintas arqueadas externa e interna, 14 e 16. Os defletores 12 definem aerofólios configurados de modo a direcionar os gases da combustão para o rotor da turbina (não mostrado), localizado a jusante destes. As cintas externa e interna, 14 e 16, definem respectivamente os limites radiais externo e interno para o fluxo do gás através do seguimento do bocal 10. Um motor de turbina a gás poderá incluir uma pluralidade de tais seguimentos 10 dispostos de forma circunferencial em uma configuração anular.

A figura 2 ilustra um exemplo de um par de "camisetas" (*singlets*) 18A e 18B do bocal da turbina, as quais são montadas juntas de modo a formar o seguimento do bocal 10. Cada uma das camisetas 18 inclui um dos defletores 12A, 12B disposto entre as porções da cinta arqueada externa e interna 14A, 14B e 14C e 14D, respectivamente. As camisetas 14 tipicamente são moldadas por fusão, a partir de uma liga metálica que apresenta uma grande resistência em altas temperaturas, p. ex.,

de cerca de 1100 °C (2000 °F) ou mais altas. Tais ligas são em geral ligas a base de níquel ou a base de cobalto e são conhecidas na arte como as ligas "superalloy". As camisetas 18A e 18B são unidas ao longo da junção interna 20 (figura 4) definida pelos vértices que se casam 22 e 24 das porções da cinta interna 16A e 16B, e por uma junção externa definida pelos vértices que se casam 28 e 30 das porções da cinta externa 14A e 14B.

As camisetas 18 são em geral fundidas com uma microestrutura por solidificação direcionada (DS) ou em cristal simples (SC), a qual é degradada pelas técnicas de união em fase líquida, tais como a soldagem por fusão. Portanto, as camisetas 18a e 18B tipicamente são unidas por brasagem. Deve ser percebido que a configuração de exemplo é apenas uma dentre as várias configurações conhecidas para as juntas por brasagem dos seguimentos de bocais de turbina, e o próprio seguimento de bocal 10 é apenas um exemplo dentre os vários componentes e montagens, em particular dentro dos motores de turbina a gás, que são usualmente montados por meio de brasagem. A presente invenção pode ser aplicada em qualquer tipo de união por brasagem.

Inicialmente, as camisetas 18A e 18B são dispostas dentro de uma relação lado a lado, tal qual o quanto ilustrado na figura 3, de tal forma que são formadas as supra citadas junções interna e externa, 20 e 26. Podem ser utilizados dispositivos apropriados de sustentação para manter as camisetas 18A e 18B nesta relação, e, se necessário, as junções 20 e 26 podem ser temporariamente suportadas por meio de uma ou mais tachas de solda.

Uma pré-forma de brasagem 32, a qual é feita utilizando um processo de moldagem por injeção de metal (MIM) é disposta adjacente ou dentro de cada uma das juntas 20 e 26. A figura 4 ilustra uma pré-forma de brasagem 32, a qual apresenta a forma de um fio alongado com secção transversal circular. A pré-forma de brasagem 32 compreende partículas metálicas 34 que apresentam um tamanho de cerca de 100 micrômetros ou menor, bem como um ligante 36. O formato da pré-forma de brasagem 32 é limitado somente pelo formato do molde utilizado para formá-la, tal como o quanto descrito em detalhes abaixo.

Uma vez fixada, a pré-forma 32 é submetida a brasagem por microondas. Como mostrado na figura 5, as camisetas 18 são dispostas em uma câmara 38, a qual inclui meios para gerar uma atmosfera apropriada de modo a evitar uma oxidação indesejada da pré-forma 32, ou outras reações durante o processo de sinterização. No exemplo ilustrado, uma fonte 40 de um gás inerte, tal como o argônio, é ligada ao interior da câmara 38. A brasagem também poderia ser realizada a vácuo. Uma fonte de microondas 42, tal como compreendendo um tipo conhecido por magnetron de cavidade, com uma saída na frequência dentro da faixa das microondas, é montada em

comunicação com a câmara 38, de tal forma que as ondas, tanto as diretas quanto as refletidas, apresentem uma "linha de visão" sem obstáculos em relação a pré-forma 32. No exemplo ilustrado, é mostrada somente a brasagem da junta externa 26. O espectro das microondas cobre uma faixa de cerca de 1 GHz a 300 GHz. Dentro deste espectro, uma frequência de saída de 2,4 GHz é conhecida tanto por ressoar quanto por aquecer partículas metálicas sem atravessar os metais sólidos.

A fonte de microondas 42 é ativada de modo a irradiar para a pré-forma 32. Devido ao pequeno tamanho das partículas metálicas da pré-forma 32, as microondas entram em ressonância com as partículas 34 e as aquecem, e serão refletidas pelas camisetas 18 sem aquecê-las. A pré-forma 32 é aquecida até uma temperatura acima da temperatura de *liquidus* das partículas metálicas 34, fazendo com que estas se fundam em uma liga líquida de brasagem e fluam para dentro da junta externa 26. A liga de brasagem é então deixada resfriar e solidificar, formando uma ligação metalúrgica entre as camisetas 18A e 18B. Utilizando este processo, a área de contato reduzida (comparada com a da brasagem por pasta) irá permitir o aquecimento da liga de brasagem a temperaturas acima da temperatura de crescimento dos grãos ou de recristalização das camisetas 18A e 18B, com um significativo aquecimento destes componentes. Uma vez que o aquecimento é direcionado somente para a pré-forma 32, isto irá permitir o uso de ligas de brasagem com pouca ou nenhuma depressão do ponto de fusão (*melting point depressants*).

As pré-formas de brasagem 32 são feitas através de um processo de MIM, como segue. Inicialmente, são fornecidos uma liga de brasagem na forma de um pó metálico 34 e um ligante 36 apropriado. As ligas de brasagem apropriadas são conhecidas na arte e tipicamente incluem uma liga com uma base similar à do componente que está sendo submetido a brasagem. Para os componentes de um motor a turbina a gás, a liga de brasagem tipicamente é uma liga a base de níquel ou a base de cobalto. Opcionalmente, a composição da liga de brasagem pode conter um ou mais componentes para abaixar o ponto de fusão da liga de brasagem, de modo a assegurar que a liga de brasagem funda dentro de uma faixa de temperatura menor que a de qualquer dos componentes que está sendo unido. Os redutores do ponto de fusão para as ligas de brasagem a base de níquel ou a base de cobalto incluem silício, boro, fósforo ou combinações entre estes. A liga de brasagem específica que é usada não é de particular importância, desde que esta esteja apta a ser processada na forma de pó para o processo de MIM.

Para uma performance ótima do processo de moldagem por injeção, e também por uma questão de compatibilidade com o aquecimento por microondas, o tamanho das partículas do pó metálico deve ser de cerca de 100 micrômetros, ou menor.

O ligante 36 pode ser qualquer material o qual seja quimicamente compatível com o pó metálico e o qual permita o processamento necessário (p. ex., mistura, injeção, solidificação e lixiviação). Exemplos de ligantes 36 conhecidos e apropriados incluem as ceras e as resinas de polímeros. O ligante 36 pode ser fornecido na forma de um pó.

O ligante 36 e o pó metálico 34 são vigorosamente misturados. A mistura é então aquecida até a fusão do ligante de modo a criar um fluido, com o pó metálico 34 ficando revestido pelo ligante 36. A seguir, a mistura é conformada em uma forma predeterminada. Um modo de conformar a mistura é através do uso de um conhecido dispositivo de moldagem por injeção. A mistura é extrudada dentro da cavidade do molde. Opcionalmente, o molde pode ser aquecido de modo a evitar uma solidificação excessivamente rápida do ligante, do que poderia resultar uma pré-forma quebradiça. Ao invés de fundir o ligante em uma batelada discreta, a mistura poderia ser moldada, de forma contínua, empregando um equipamento de injeção conhecido e apto a fundir o ligante conforme este passa através da rosca. Uma vez que a mistura esteja solidificada, o molde é aberto e a pré-forma resultante não compactada ou "verde" é removida.

A pré-forma compreende partículas metálicas 34 suspensas no ligante 36 solidificado. A pré-forma apresenta uma resistência mecânica suficiente para ser submetida a um processamento posterior, apesar de ser algo frágil. A pré-forma 32 pode ser lixiviada de modo a remover a maior parte do ligante 36, criando a assim chamada pré-forma "marrom". Isto pode ser feito através da submersão ou lavagem da pré-forma com um solvente apropriado, o qual dissolva o ligante mas não ataque o pó metálico 34.

A pré-forma 32 pode ser utilizada para o supra citado processo de brasagem por microondas no estado "verde" ou "marrom". Opcionalmente, a pré-forma 32 pode ser sinterizada, de modo a aumentar a sua densidade e a sua resistência. A pré-forma 32 é disposta em uma câmara, similar à câmara 38 supra descrita, e a qual inclui meios para criar uma atmosfera apropriada de modo a evitar a indesejada oxidação da pré-forma 32 ou outras reações durante o processo de sinterização. Pode ser utilizada uma fonte convencional de microondas, como supra descrito, ou então poderia ser empregado um aquecimento convencional.

Se sinterizada, a pré-forma 32 é aquecida a uma temperatura abaixo da temperatura de *liquidus* do pó metálico 34 e alta o suficiente para fundir e eliminar o ligante 36 restante. Para os propósitos da brasagem por microondas supra descrita, a pré-forma 32 deve conter a liga de brasagem no estado de pó ou de particulados, de tal forma que esta possa absorver a energia das microondas. A temperatura e o tempo de qualquer etapa de sinterização são portanto limitados de tal

forma que a pré-forma 32 fique substancialmente menos do que 100% densa. Quando o ciclo de sinterização está completo, a pré-forma 32 é removida da câmara e deixada esfriar.

5 O supra descreveu um processo para a brasagem por
microondas de componentes, Apesar de terem sido descritas as formas específicas de
realização da presente invenção, ficará claro aos peritos na arte que podem ser feitas
várias modificações neste sem fugir do espírito e do escopo da invenção. Desta forma, a
descrição supra da forma preferida de realização da presente invenção e da melhor
10 forma de realização na prática da invenção são fornecidas somente com o propósito de
ilustração, e não com a intenção de serem limitativas, a invenção sendo definida pelas
reivindicações.

Reivindicações

1. Método para produzir uma pré-forma de brasagem (32) para uma brasagem por microondas, **caracterizado** pelo fato de compreender:

- fornecer uma mistura entre uma liga de brasagem na forma de um pó metálico (34) e entre um ligante (36); e
- fundir o ligante (36) e conformar a mistura como uma pré-forma (32) apresentando um formato pré-selecionado.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato no qual a maioria do ligante (36) é removida através da lavagem da pré-forma (32) com um solvente selecionado de modo a dissolver o ligante mas não o pó metálico (34).

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de ainda compreender aquecer a pré-forma (32) de modo a remover o restante do ligante (36).

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato no qual a etapa de conformar a mistura como uma pré-forma (32) compreende injetar a mistura em um molde apresentando um formato pré-selecionado.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato no qual o formato pré-selecionado é o de um fio de seção transversal circular.

6. Método para unir dois componentes metálicos, **caracterizado** pelo fato de compreender:

- fornecer uma pré-forma de brasagem (32) compreendendo uma liga de brasagem na forma de um pó metálico (34) contido em um ligante (36) solidificado;
- dispor a pré-forma (32) adjacente a ou dentro de uma junção definida entre os componentes metálicos;
- aquecer a pré-forma (32), utilizando energia de microondas, até uma temperatura de brasagem acima do ponto de fusão da pré-forma (32), de modo a fazer com que a liga de brasagem seja fundida e flua para dentro da junção; e
- permitir o resfriamento da liga de brasagem de modo a formar uma união entre os componentes metálicos.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato no qual a temperatura de brasagem é inferior à do ponto de fusão de qualquer dos componentes metálicos.

8. Método, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato de ainda compreender, e antes da etapa de aquecimento, lixiviar substancialmente qualquer ligante (36) da pré-forma (32) através da lavagem da pré-forma (32) com um solvente selecionado de modo a dissolver o ligante (36), mas não o pó metálico (34).

9. Método, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato no qual o pó metálico (34) é selecionado do grupo que consiste de níquel, cobalto e das ligas destes.

5 10. Método, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato no qual o pó metálico (34) apresenta um tamanho de partícula de cerca de 100 micrômetros ou menor.

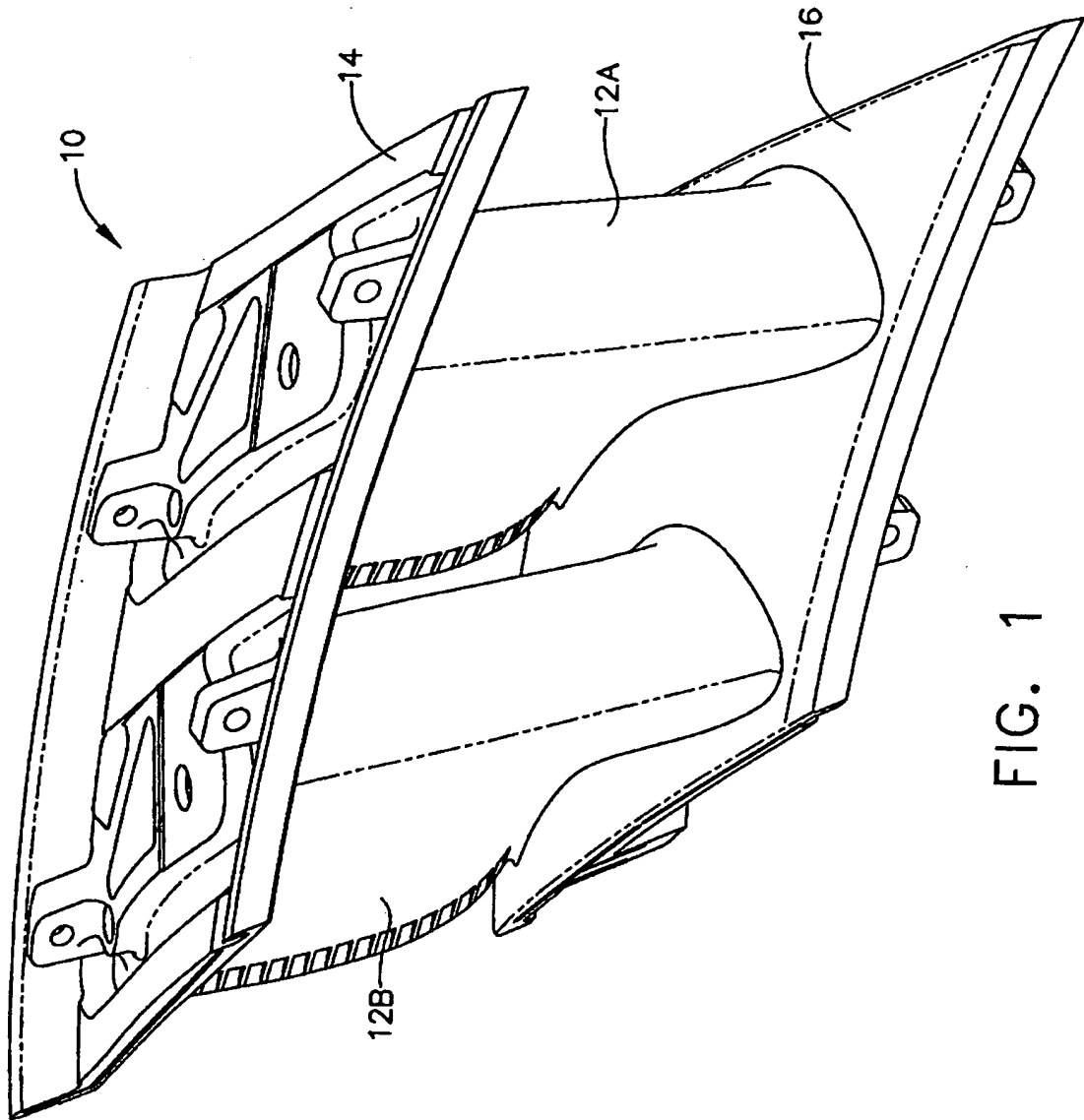


FIG. 1

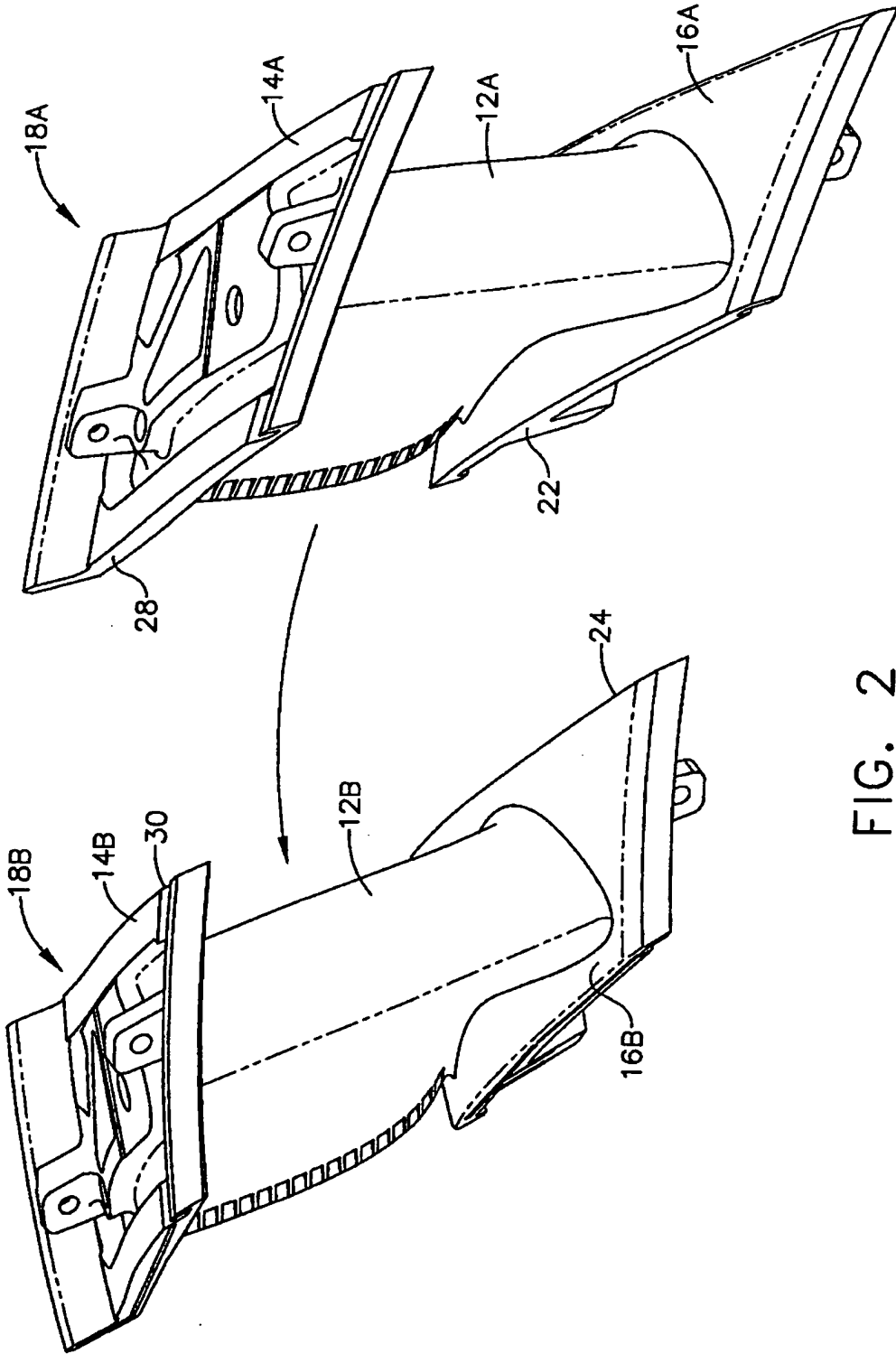


FIG. 2

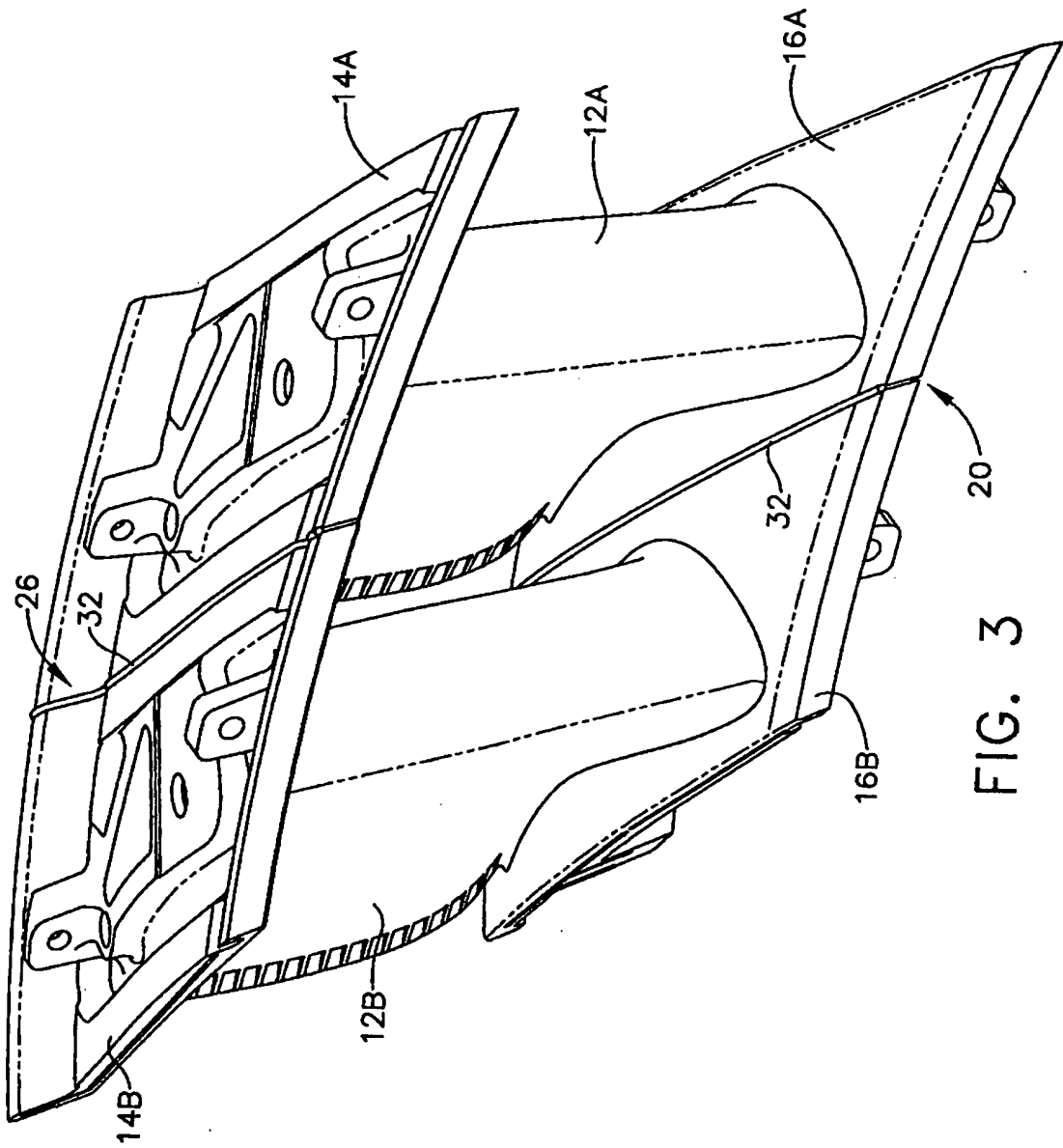


FIG. 3

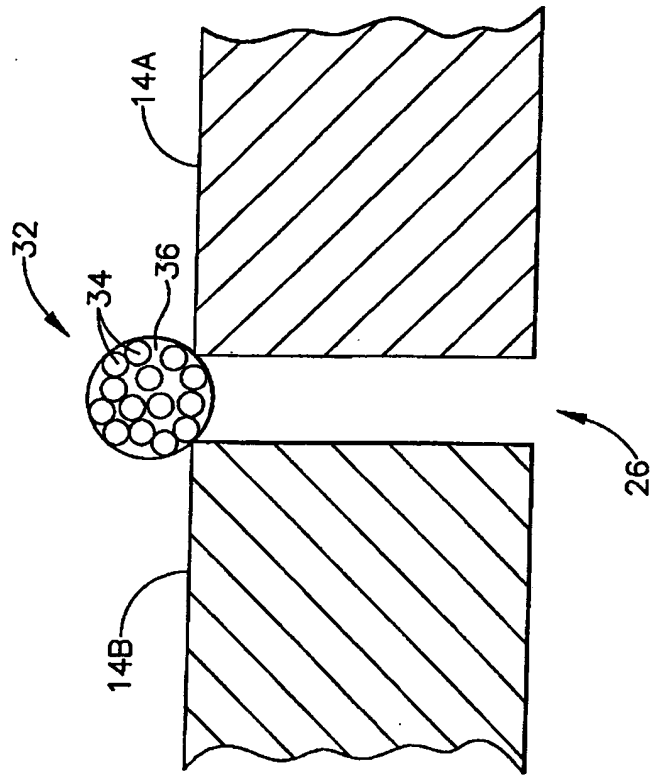


FIG. 4

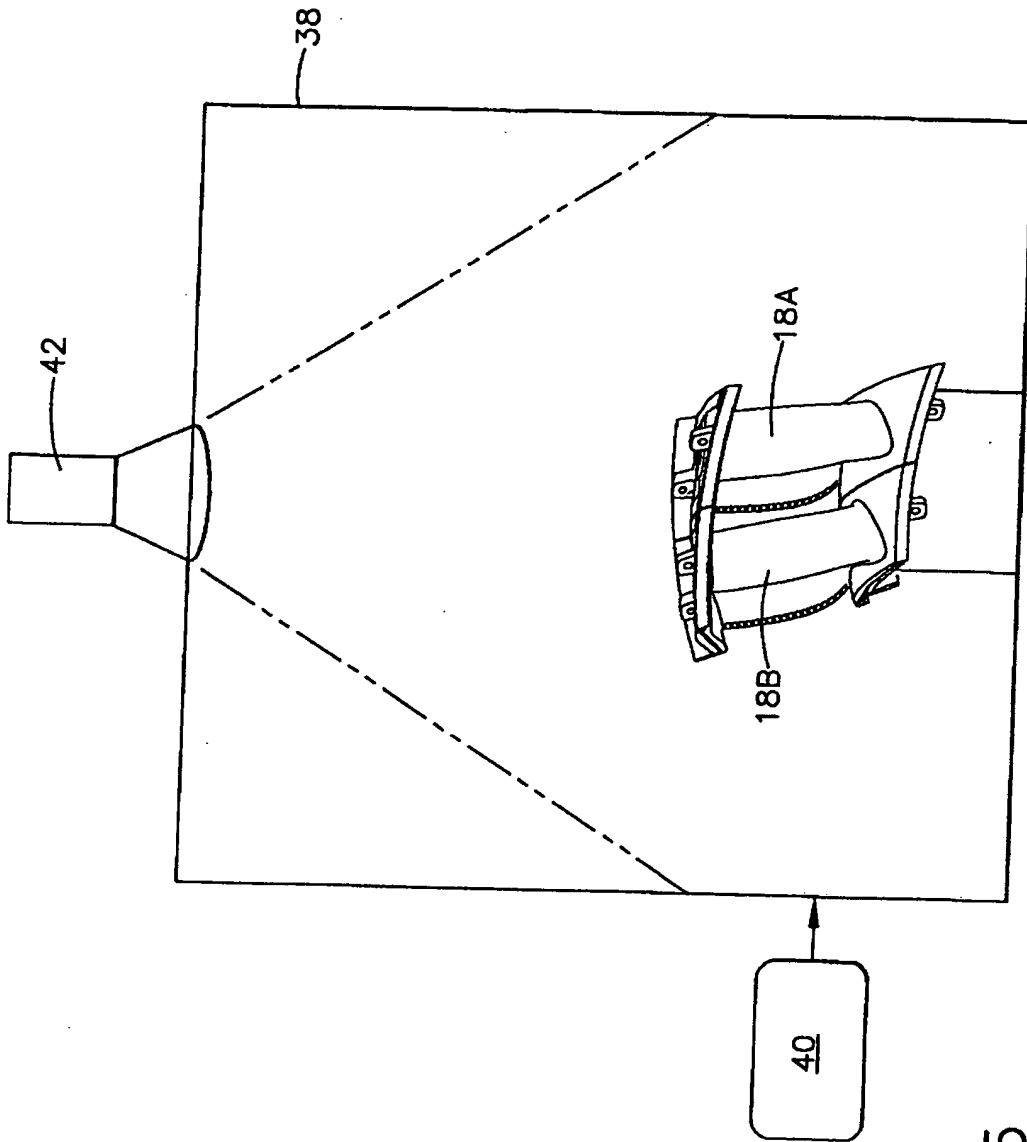


FIG. 5

Resumo

Brasagem por microondas empregando pré-formas MIM.

Um método para produzir uma pré-forma de brasagem (32) para uma brasagem por microondas compreende fornecer uma mistura entre uma liga de brasagem na forma de um pó metálico (34) e entre um ligante (36); e fundir o ligante (36) e conformar a mistura como uma pré-forma (32) apresentando um formato pré-selecionado. Um método para unir dois componentes metálicos compreende fornecer uma pré-forma de brasagem (32) compreendendo uma liga de brasagem na forma de um pó metálico (34) contido em um ligante (36) solidificado; dispor a pré-forma (32) adjacente a ou dentro de uma junção definida entre os componentes metálicos; aquecer a pré-forma (32) utilizando energia de microondas até uma temperatura de brasagem acima do ponto de fusão da pré-forma (32), de modo a fazer com que a liga de brasagem seja fundida e flua para dentro da junção; e permitir o resfriamento da liga de brasagem de modo a formar uma união entre os componentes metálicos.