

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

(11) PI0213498-5 B1



* B R P I 0 2 1 3 4 9 8 B 1 *

(22) Data de Depósito: 22/10/2002
(45) Data da Concessão: 20/09/2011
(RPI 2124)

(51) Int.Cl.:
B22D 11/00

(54) Título: **PROCESSO PARA LINGOTAR POR RESFRIAMENTO DIRETO UM LINGOTE DE METAL A BASE DE ALUMÍNIO DE MULTICAMADA.**

(30) Prioridade Unionista: 23/10/2001 US 10/004,041

(73) Titular(es): Alcoa Inc.

(72) Inventor(es): James L. Kirby, Raymond J. Kilmer

**Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "PROCESSO
PARA LINGOTAR POR RESFRIAMENTO DIRETO UM LINGOTE DE ME-
TAL A BASE DE ALUMÍNIO DE MULTICAMADA".**

A presente invenção refere-se ao lingotamento simultâneo de múltiplas ligas, em particular, ao lingotamento de resfriamento direto de múltiplas ligas de alumínio usando-se uma peça metálica entre as ligas para formar um produto lingotado multicomponente e/ou o uso de uma peça metálica como uma camada externa sobre um lingote lingotado.

Na produção de lingotes de liga de alumínio por um processo convencional de lingotamento de resfriamento direto (DC), o alumínio fundido é despejado em um molde com extremidade aberta. A extremidade inferior do molde é inicialmente fechada por uma plataforma denominada bloco do fundo e o metal fundido escoa para dentro do molde. O bloco do fundo é progressivamente abaixado na etapa com o ato de despejar o metal fundido. A parede do molde de DC é continuamente resfriada de modo que se forme uma pele sólida de metal em contato com a parede do molde no nível da superfície da poça de metal fundido no molde. Um exemplo do método de lingotamento DC é descrito na Patente U.S. Nº 4.071.072, aqui incorporado como referência. Nesta operação convencional, uma liga de alumínio fundida simples é moldada diretamente em um lingote.

Tais lingotes de alumínio são muitas vezes incorporados a outras ligas para formar um produto compósito. Por exemplo, pode ser produzida uma folha de cobre de soldagem para o conduto principal de um trocador de calor ou para estruturas de reforço partindo de uma liga de alumínio da série 3000 da Aluminum Association (AA) com uma camada de revestimento de uma liga da série AA 4000. O produto de folha para o evaporador ou os trocadores de calor do tipo de chapa tipicamente incluem um revestimento de liga da série 3000 em ambos lados com uma liga da série 4000. De modo similar, são formados radiadores freqüentemente com uma liga da série 3000 com um revestimento da série 4000 e revestimento interno do lado da água de uma liga das séries AA 1000, 5000, 6000 ou 7000. A camada de revestimento é convencionalmente colada por laminação em forma de

placa sobre um lingote da liga do núcleo (por exemplo, uma liga da série 3000). Colagem por laminação também pode ser extremamente difícil se as propriedades mecânicas das ligas que estão sendo coladas com rolo forem demasiadamente dissimilares às temperaturas de laminação. Por exemplo,

5 quando uma liga se deforma muito facilmente enquanto a outra não, as ligas não aderem apropriadamente ou a razão de revestimento alvo está fora.

Mais recentemente, foram feitas tentativas para lingotamento de produtos compósitos de metal. Um tal processo é descrito na DE 4420697 em que uma liga de uma barra quadrada é fundida DC em um lado de uma
10 barreira fixa e uma outra liga é fundida DC sobre o lado oposto da barreira. O processo é controlado tal que os dois metais fundidos entrem em contato um com o outro enquanto estão no estado fundido para fornecer uma misturação controlada das duas massas fundidas. Desta maneira, a composição da barra quadrada compósita na direção perpendicular à superfície de contato dos dois componentes de metal varia continuamente. A concentração dos elementos individuais da liga varia continuamente dos valores de uma liga para os valores da outra. A barreira fixa mantém os dois componentes separados um do outro dentro do molde e a barreira é posicionada fora do centro de modo que um componente seja mais limitado do que o outro. A liga mais
15 próxima ao molde (o componente mais limitado) resfria e se solidifica mais cedo no processo do que a outra liga, isto é, a uma grande altura do bloco do fundo. O bloco do fundo é retirado a uma velocidade pela qual os níveis das massas fundidas dentro do molde permanecem aproximadamente os mesmos. Embora uma liga se solidifique antes da outra liga, há uma pequena
20 região entre as massas fundidas em que as massas fundidas são capazes de escoar uma na outra e se misturar rapidamente para promover a adesão entre as duas ligas. Embora este método forneça alguma adesão entre os dois componentes do produto lingotado, a misturação dos componentes que ocorre durante o lingotamento pode ser prejudicial ao produto acabado.
25 A localização e o formato da barreira fixa também são críticas para evitar intermisturação das ligas fundidas. As propriedades das ligas simultaneamente fundidas desta maneira podem ser afetadas pela misturação dos

componentes de formação da liga. Este método também requer cuidadoso controle de escoamento do metal fundido para evitar a misturação devia a diferenças de pressão hidráulica assim como cuidadoso controle da taxa de solidificação da liga que forma o componente mais limitado para garantir a 5 penas breve misturação das ligas na região imediatamente abaixo da barreira.

Um outro método de lingotamento DC de um lingote compósito é divulgado na Patente U.S. Nº 4.567.936 em que uma camada externa é simultaneamente fundida dentro de um componente interno. De acordo com 10 este método, a cama da externa se solidifica antes do contato dentro da liga interna fundida. Isto evita a misturação entre os componentes do componente interno e da camada externa. Um inconveniente para este método é que a camada externa deve se solidificar completamente antes que a liga interna possa ser fundida dentro da camada externa. A espessura da camada externa 15 também é limitada, porque o calor do componente interno deve sair através da camada externa para as superfícies externas do produto lingotado. Portanto, a configuração do produto multicomponente final também é limitada.

Conseqüentemente, permanece uma necessidade de um método 20 de lingotamento simultâneo de um produto de metal de multiliga com um mínimo de misturação entre as ligas do produto e que possa produzir produtos de metal lingotados em uma variedade de configurações.

Esta necessidade é satisfeita pelo método da presente invenção de lingotamento de um lingote de metal em multicamada que inclui as etapas 25 de liberação de uma peça divisória metálica em um molde de resfriamento direto, despejando um primeiro metal fundido no molde em um lado da peça divisória e despejando um segundo metal fundido no molde no outro lado da peça divisória e deixando que o primeiro metal fundido e o segundo metal fundido se solidifiquem para formar um lingote de metal que inclui a camada divisória de metal disposta entre as duas camadas fundidas. O lingote de 30 metal em multicamada removido do molde contém pelo menos duas camadas fundidas que incluem o primeiro e o segundo metais separados por uma

camada da peça divisória. Alternativamente, a peça divisória pode ser posicionada contra uma parede do molde e um único metal fundido é despejado no molde para produzir uma camada fundida colada à peça divisória formando assim uma carcaça externa ou revestimento sobre o lingote. A peça divisória pode ser uma folha que tem uma espessura de até aproximadamente 0,6 cm (0,25 polegada) ou uma placa que tenha uma espessura de até aproximadamente 15,2 cm (6 polegadas). A posição da peça divisória pode ser deslocada dentro do molde para produzir espessuras variáveis dos metais lingotados. Mais do que uma peça divisória pode ser colocada no molde com metais fundidos despejados nos lados opostos de cada peça divisória para produzir um produto de metal que tenha pelo menos três camadas lingotadas separadas pelas peças divisórias. Os princípios fundamentais que direcionam o alcance de uma interface fortemente colada entre a peça divisória e o metal fundido são idênticos sem levar em conta se a peça divisória está localizada dentro do lingote. A peça divisória pode ser também de formato tubular. Um metal é despejado na peça divisória tubular ao passo que um outro metal é despejado entre a peça divisória tubular e o molde.

Os metais fundidos podem ser cada um uma liga da série AA 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000 ou 8000. A peça divisória pode ser um metal sólido que sobreviva à exposição ao alumínio fundido durante a operação de lingotamento. Para a finalidade de se manter um circuito de sucata "limpa", a peça divisória de preferência é de alumínio ou de uma liga de alumínio ou de um produto de alumínio revestido que tenha uma temperatura do solidus mais alta do que as temperaturas do liquidus das ligas lingotadas em um lado das mesmas. É preferível que a temperatura do solidus da peça divisória seja pelo menos 610°C. Um metal particularmente adequado para a peça divisória é uma liga da série AA 1000. Alternativamente, a peça divisória pode estar na forma de uma peneira de ligas de ferro, de titânio, de magnésio, de cobre ou de níquel.

Uma completa compreensão da invenção será obtida pela descrição a seguir quando considerada em associação com as figuras de ilustração anexas em que caracteres de referência similares identificam em to-

das elas partes similares.

A Figura 1 é um esquema de uma aparelhagem parcialmente em corte para a produção simultânea de um produto de metal compósito que tem duas camadas lingotadas de acordo com a presente invenção;

5 A Figura 2 é uma seção transversal do produto de metal produzido na aparelhagem apresentada na Figura 1;

A Figura 3 é um esquema de um aparelho parcialmente em corte para a produção de um produto de metal compósito que tem uma camada lingotada de acordo com uma outra modalidade da presente invenção;

10 A Figura 4 é uma seção transversal do produto de metal produzido no aparelho apresentado na Figura 3;

A Figura 5 é um esquema de um dispositivo parcialmente em corte para a produção simultânea de um produto de metal compósito que tem três camadas lingotadas de acordo com a presente invenção;

15 A Figura 6 é uma seção transversal do produto de metal produzido usando-se o dispositivo apresentado na Figura 5;

A Figura 7 é uma seção transversal do produto de metal produzido no dispositivo apresentado na Figura 1 com camadas adicionais coladas ao mesmo em laminador;

20 A Figura 8 é uma seção transversal do produto de metal produzido usando-se o dispositivo apresentado na Figura 5 com uma camada colada ao mesmo em laminador;

A Figura 9 é uma seção transversal do produto de metal produzido de acordo com a presente invenção em que a espessura das camadas 25 do produto compósito não é constante através da largura do produto;

A Figura 10 é uma seção transversal do produto de metal da Figura 9 após uma etapa de laminação;

A Figura 11 é um esquema de um dispositivo parcialmente em corte para o lingotamento simultâneo de múltiplas ligas para produzir uma 30 barra quadrada usando-se uma peça divisória tubular;

A Figura 12 é uma seção transversal do dispositivo apresentado na Figura 11 considerado ao longo das linhas 12-12;

A Figura 13 é uma seção transversal da barra quadrada produzida no dispositivo apresentado na Figura 11;

A Figura 14 é uma fotografia de uma seção transversal de um lingote produzido de acordo com a presente invenção;

5 A Figura 15 é uma microfotografia da parte do lingote apresentado na Figura 14;

A Figura 16 é uma microfotografia de uma parte do lingote apresentado na Figura 14 após laminação a frio;

10 A Figura 17 é uma microfotografia da parte do lingote apresentado na Figura 16 após laminação a frio;

A Figura 18 é uma fotografia de uma seção transversal de um outro lingote produzido de acordo com a presente invenção;

A Figura 19 é uma fotografia de uma seção transversal de um outro lingote ainda produzido de acordo com a presente invenção e

15 A Figura 20 é uma microfotografia de uma interface entre as camadas de um outro lingote produzido de acordo com a presente invenção.

Para as finalidades do relatório descritivo aqui a seguir, os termos "superior", "inferior", "direito", "esquerdo", "vertical", "horizontal", "topo", "fundo" e derivados dos mesmos devem se relacionar à invenção como está orientado nas figuras ilustrativas. No entanto, deve ser entendido que a invenção pode assumir diversas variações alternativas e seqüências de etapa, exceto quando expressamente especificado ao contrário. Deve também ser entendido que os dispositivos específicos e os processos ilustrados nas ilustrações anexas e descritos no relatório descritivo a seguir, são simplesmente exemplos de modalidades da invenção. Portanto, as dimensões específicas e outras características físicas relacionadas às modalidades aqui divulgadas não devem ser consideradas como limitativas.

30 A presente invenção é dirigida a um método de lingotamento de um lingote de metal em multicamadas e ao produto produzido partindo do mesmo. O método da presente invenção usa um aparelho 2 apresentada esquematicamente na Figura 1 que incorpora um molde de resfriamento direto convencional. O molde de resfriamento direto 4 define uma câmara de

água 6 e uma fenda 8 através da qual é liberada água diretamente sobre a superfície de um lingote 10 que emerge do molde 4. O lingote lingotado 10 se solidifica sobre um bloco de fundo 12.

Uma peça divisória metálica 14 é suspensa no molde 4 e assenta no bloco de fundo 12. A peça divisória metálica 14 fornece uma barreira entre um primeiro metal fundido 16 que é alimentado para o molde 4 por meio de uma primeira calha 18 e um segundo metal fundido 20 alimentado para o molde 4 por meio de uma segunda calha 22. O bloco de fundo 12 é retirado na direção da seta A enquanto é aplicado agente de resfriamento (água) às superfícies do lingote 10. As velocidades adequadas para o bloco de fundo 12 são aproximadamente 2,54 cm (1 polegada) até aproximadamente 15,24 cm (6 polegadas) por minuto, preferivelmente aproximadamente 5,08 cm (2 polegadas) até aproximadamente 7,62 cm (3 polegadas). Quando se citam tais faixas neste caso, a faixa inclui todos os valores intermediários. A peça divisória 14 permanece em contato com o bloco de fundo 12 e consequentemente se movimenta para baixo à velocidade em que se move o bloco de fundo 12. Um gancho (que não aparece na figura) equipado com garras móveis (por exemplo, rodas) pode ser usado para suspender a peça divisória 14 sobre o aparelho 2 e liberar a peça divisória 14 para o molde 4. Podem ser usados outros mecanismos para suspender e liberar a peça divisória 14 para o molde 4.

Cada um dos primeiro e segundo metais fundidos 16 e 20 se solidifica como geralmente apresentado na Figura 1. A parte 24 do metal 16 mais próxima do molde 4 se solidifica muito rapidamente, por exemplo, em menos do que aproximadamente 10 segundos. A solidificação do metal 20 ocorre de modo similar a uma região 26 adjacente ao molde 4. Formam-se zonas semi-sólidas 28 e 30 abaixo do nível das respectivas primeiras regiões de solidificação 24 e 26. Os metais 16 e 20 também começam a se solidificar adjacentes à peça divisória 14 nas localizações respectivas 32 e 34. As localizações 24, 26, 32 e 34 podem estar à mesma altura uma da outra ou a diferentes alturas do bloco de fundo 12. Em muitos casos, o ponto de fusão do metal da peça divisória 14 é menor do que a temperatura dos me-

tais fundidos 16 e 20 que estão entrando. Não obstante, a peça divisória 14 não se funde completamente e serve para evitar a misturação dos metais 16 e 20 agindo como uma fonte fria e como uma interface entre os metais 16 e 20. Uma parte do calor dos metais fundidos 16 e 20 se transfere para a peça 5 divisória 14 e subseqüentemente é transferida para fora da parte 36 da peça divisória 14 que se estende para cima e fora do molde 4. Similarmente, parte do calor transferido para a peça divisória 14 é também subseqüentemente transferida para fora da peça divisória para o lingote 10 que está se solidificando abaixo dos metais fundidos 16 e 20. A peça divisória 14 pode experimentar fusão mínima (erosão), porém esta quantidade mínima não afeta as 10 propriedades metalúrgicas de cada um dos metais 16 e 20 lingotados nos lados opostos de uma peça divisória 14. Após solidificação completa, os metais 16 e 20 formam os respectivos componentes sólidos 38 e 40 separados pela peça divisória 14.

15 A fusão mínima da peça divisória 14 é responsável por alguma misturação dos componentes da peça divisória 14 com os componentes do metal 16 em um lado e com os componentes do metal 20 no outro lado. Os metais minimamente misturados se solidificam e assim fazem aderir os componentes 38 e 40 à peça divisória 14. É conseguida adesão superior 20 entre a peça divisória 14 e os componentes 38 e 40 quando a temperatura da peça divisória 14 alcança pelo menos a mais alta da temperatura de liquidus do componente 38 e da temperatura de liquidus do componente 40. Acredita-se que quando a peça divisória 14 inicialmente entra em contato com os metais fundidos 16 e 20, ocorre alguma solidificação dos metais rapidamente 25 sobre as superfícies da peça divisória 14. Esta solidificação temporária não é apresentada na Figura 1. Os óxidos inerentes sobre as superfícies da peça divisória 14 geralmente permanecem e se tornam aprisionadas entre a peça divisória 14 e o metal solidificado. Quando as temperaturas do metal fundido forem suficientemente altas, a peça divisória 14 alcança localmente 30 uma temperatura mais alta do que a temperatura de liquidus dos metais 16 e 20 e o metal inicialmente solidificado funde novamente enquanto a peça divisória 14 se movimenta na direção da seta A. A peça divisória 14 é

então diretamente exposta aos metais fundidos 16 e 20 e o óxido se desestabiliza com alguma fusão mínima da peça divisória 14. Enquanto a peça divisória 14 continua em direção descendente, as temperaturas locais dos metais fundidos 16 e 20 diminuem até as suas temperaturas de liquidus e 5 inicia-se a solidificação. As temperaturas locais continuam a cair até que são alcançadas as temperaturas de solidus e as ligas se solidificam completamente resultando em fortes adesões entre os componentes 38 e 40 e os respectivos lados da peça divisória 14.

Alternativamente ou além disso, pode ser aplicado fundente a 10 um ou a ambos os lados da peça divisória 14. O fundente pode ser aplicado à peça divisória 14 diretamente (por exemplo, por revestimento das superfícies da peça divisória 14 com fundente) ou o fundente pode ser aplicado às superfícies superiores dos metais fundidos 16 e 20 que se reúnem no molde 4. Imediatamente antes do contato entre a peça divisória 14 e os metais fundidos 16 e 20, o fundente se funde e reduz quimicamente os óxidos sobre 15 peça divisória 14 que podia de outra maneira interferir na adesão dos metais fundidos 16 e 20 à peça divisória 14. Fundente adequado inclui fundentes à base de fluoreto de potássio e de alumínio (por exemplo, Nocolok ®) juntamente com porém não limitado a fundentes à base de célio-potássio fluoreto de alumínio e fundentes à base de fluoroaluminato de célio. O fundente pode 20 ser qualquer material capaz de remover a camada de óxido por reação química antes do contato dos metais fundidos 16 e 20 com a peça divisória 14. Quando for usado fundente, deviam ser usadas temperaturas mais baixas de metal fundido durante o lingotamento para reduzir o risco de fusão da 25 peça divisória 14 ainda conseguindo forte adesão dos componentes 38 e 40 à peça divisória 14.

Uma seção transversal do lingote 10 produzido no aparelho 2 é apresentada na Figura 2. O lingote 10 é representado como tendo uma configuração retangular com a peça divisória 14 posicionada centralmente entre 30 as camadas de componentes 38 e 40. No entanto, a peça divisória 14 pode estar posicionada fora do centro e pode estar tão próxima quanto aproximadamente 1,27 cm (0,5 polegada) das superfícies laterais 42 e 44 do lingote

10. A peça divisória 14 tem uma largura entre as bordas 46 e 48 da mesma que é ligeiramente menor do que a largura do lingote 10 entre as bordas 49a e 49b. As bordas 46 e 48 de preferência estão posicionadas aproximadamente 0,25 até aproximadamente 7,6 cm (aproximadamente 0,1 até aproximadamente 3 polegadas) do molde 4 e são apresentadas sem ser em escala nas Figuras 2 e 6-8. As taxas de resfriamento são as mais altas próximo da superfície do lingote 10 e os metais fundidos 16 e 20 rapidamente se solidificam na superfície do lingote. A solidificação rápida dos metais fundidos 16 e 20 ao redor das bordas 46 e 48 minimiza as oportunidades para a misturação dos metais fundidos 16 e 20. Não obstante, um pouco de misturação mínima pode melhorar a adesão dos componentes sólidos 38 e 40 juntos. Em qualquer eventualidade, as bordas 49a e 49b do lingote 10 são tipicamente aparadas durante a laminação para eliminar a rachadura da borda assim estas áreas de intermisturação ao redor das bordas 46 e 48 da peça divisória 14 geralmente são descartadas.

A espessura da peça divisória 14 pode estar na faixa de entre aproximadamente 0,18 cm (0,07 polegada) até aproximadamente 0,6 cm (0,25 polegada) (citada como uma folha) ou acima de aproximadamente 0,6 cm (0,25 polegada) até aproximadamente 15,2 cm (6 polegadas) de espessura (ocasionalmente denominada chapa quando até 2,54 cm (1 polegada) de espessura e geralmente denominada uma placa quando até 15,2 cm (6 polegadas) de espessura). A espessura da peça divisória 14 de preferência é aproximadamente 0,5 até aproximadamente 6 % da espessura do lingote 10, mais preferivelmente aproximadamente 1 até aproximadamente 3 % da espessura do lingote 10. Pode ser usada uma peça divisória 14 mais fina quando o risco de fusão da peça divisória 14 for baixo e/ou as propriedades metalúrgicas ou estruturais desejadas do lingote 10 declararem que a camada 14 tem uma espessura mínima. Inversamente, uma peça divisória 14 pode fornecer uma barreira mais significativa à misturação dos metais fundidos 16 e 20 e pode servir como uma camada em um lingote em multicamadas.

Se a peça divisória 14 transferir calor muito rapidamente para fora dos metais em solidificação 16 e 20, os componentes resultantes 38 e

40 podem ficar propensos à rachadura. Portanto, quando a peça divisória 14 estiver acima de 0,6 cm (0,25 polegada) de espessura, pode ser desejável preaquecer a peça divisória 14 até dentro de aproximadamente 400°C da temperatura dos metais fundidos 16 e 20 reduzindo desse modo a taxa de 5 transferência de calor através da peça divisória 14.

Geralmente, a peça divisória 14 tem um ponto de fusão de pelo menos 610°C. A peça divisória 14 pode ser de uma liga de alumínio de preferência contendo pelo menos aproximadamente 97 % de alumínio e tem uma alta temperatura de solidus tal como uma liga da série AA 1000. Outros 10 materiais adequados para a peça divisória 14 são produtos compósitos que contêm camadas de ligas de alumínio, de aço inoxidável, de ligas de níquel, de ligas de titânio, de ligas de magnésio e combinações das mesmas que são aplicadas como revestimento, blindagem ou cobertura. A química da peça divisória 14 pode ser selecionada para melhorar a resistência à corrosão do produto final que está sendo lingotado. Por exemplo, a adição de Zn 15 à peça divisória 14 torna a peça divisória 14 mais eletroquimicamente negativa do que pelo menos um dos componentes 38 e 40. Isto resulta em proteção galvânica, sendo que as áreas enriquecidas em Zn (a peça divisória 14 e a parte de componentes 38 e 40 em que o Zn se difundiu) protegem com 20 sacrifício as ligas mais catódicas dos componentes 38 e 40. A peça divisória pode definir um grande número de pequenos orifícios para permitir algum umedecimento entre os metais fundidos 16 e 20 sem entremisturação significativa. Alternativamente, a peça divisória pode ser uma peneira produzida com ferro, titânio, molibdênio ou ligas dos mesmos. Peneiras adequadas são 25 14 x 18 mesh com aproximadamente 0,02 cm (0,01 polegada) de espessura ou 32 x 32 mesh com aproximadamente 0,15 mm (0,006 polegada) de espessura.

Os metais fundidos 16 e 20 podem cada um ser o mesmo ou diferente e cada um é de preferência uma liga de alumínio e pode ser uma 30 liga da série AA 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000 ou 8000. Outros metais adequados podem incluir ligas de magnésio. Para produtos em que um dos metais fundidos requer uma liga especializada, o outro metal fundido

pode ter um alto teor de liga de sucata. O metal de sucata de baixo valor pode ser simultaneamente lingotado com uma camada mais fina da liga especializada para produzir produtos de alto valor com uma superfície especializada tais como folha refletora, produtos anodizados, produtos para arquitetura e similares.

A temperatura do primeiro metal fundido 16 pode ser aproximadamente igual à temperatura do segundo metal fundido 20 ou as temperaturas do primeiro e do segundo metais fundidos 16 e 20 podem diferir de até aproximadamente 150°C. A seleção e o controle das temperaturas dos metais fundidos 16 e 20 durante a fundição são críticas, particularmente quando não for usado fundente. Quando não for usado fundente para remover o óxido na peça divisória 14, a seleção de temperaturas de metal fundido devia ser tal que a temperatura da peça divisória 14 se eleva acima da temperatura de liquidus dos metais fundidos 16 e 20.

Quando for usado um fundente ou quando o material da peça divisória 14 for selecionado tal que o óxido seja rompido antes do contato com os metais fundidos 16 e 20 ou quando a presença de um óxido sobre a superfície da peça divisória 14 não for prejudicial para se conseguir uma forte adesão, podem ser usadas temperaturas mais baixas de metal fundido e a peça divisória 14 não precisa necessariamente alcançar as temperaturas de liquidus dos metais fundidos 16 e 20. De fato, é desejável que a peça divisória não alcance a (s) temperatura (s) de liquidus, porque a peça divisória 14 permanece protegida dos metais fundidos 16 e 20 pelo metal que se solidifica inicialmente sobre a peça divisória 14. Em qualquer caso, as temperaturas do metal fundido não podem ser tão altas de modo a causar fusão completa da peça divisória 14. Um pouco de fusão da peça divisória 14 é aceitável, porém fusão completa da peça divisória 14, até mesmo localmente (isto é, "produção de faísca"), é indesejável. As temperaturas para este processo dependem das químicas dos metais fundidos 16 e 20 e da peça divisória 14.

Com referência às Figuras 3 e 4, a presente invenção também pode ser usada para produzir um lingote compósito que tem uma camada lingotada simples com uma camada de metal para dividir. No sistema 2', a

peça divisória 14 pode ser liberada para o molde 4 a uma localização adjacente à parede do molde 4 e o metal fundido 16 é liberado para o molde pela canaleta 18. O metal 16 começa a se solidificar na zona semi-sólida 28 e se solidifica definitivamente como componente 38 aderido à peça divisória 14 de uma maneira similar à solidificação de metal 16 descrito acima para fornecer um lingote 10'. Esta modalidade da invenção permite a produção de um lingote 10' que tem uma camada sólida 14 aderida a uma camada lingotada 38 que evita os processos de colagem em laminação da técnica anterior. Pode ser aplicado fundente à superfície da peça divisória 14 que entra em contato com o metal fundido 16 no sistema 2' ou à superfície da poça de metal fundido 16 como descrito acima. A peça divisória 14 e o componentes 38 do lingote 1' podem ser selecionados entre os mesmos materiais relacionados acima para o lingote 10.

O processo da presente invenção também pode ser usado para moldar mais do que dois metais fundidos. Por exemplo, no aparelho 50 apresentada na Figura 5, duas peças divisórias 14 e 52 podem ser liberadas para o molde de resfriamento direto 4 enquanto os metais fundidos 16, 20 e 53 são liberados para o molde pelas respectivas canaletas 18, 22 e 54. O lingotamento de um lingote 60 partindo de três metais fundidos separados 16, 20 e 53 é realizado de uma maneira similar àquela descrita acima. O metal fundido 16 se solidifica primeiro nas localizações 24 (adjacente ao molde 4) e 32 (adjacente à peça divisória 14), enquanto que o metal fundido 20 se solidifica primeiro nas localizações 34 (adjacente à peça divisória 14) e na localização 55 (adjacente à peça divisória 52). O metal fundido 53 se solidifica primeiro na localização 56 (adjacente à peça divisória 52) e na localização 57 (adjacente ao molde 4). Os metais em solidificação 16, 20 e 53 formam respectivas zonas semi-sólidas 28, 30 e 58. As localizações 24, 32, 34, 55, 56 e 57 podem ser da mesma altura que a outra ou a diferentes alturas a partir do bloco do fundo 12. O produto resultante inclui três camadas lingotadas 38, 40 e 62 separadas uma da outra por peças divisórias 14 e 52 como apresentado na Figura 6. As peças divisórias 14 e 52 estão posicionadas dentro do molde na modalidade da Figura 5 similar à peça divisória 14 da

Figura 1. A distância entre as peças divisórias 14 e 52 é selecionada baseada nas espessuras desejadas dos componentes 38, 40 e 62 no lingote 60 e no tamanho do molde 4. A modalidade apresentada nas Figuras 5 e 6 refere-se ao lingotamento simultâneo de três ligas com camadas divisórias entre-meadas, criando assim um produto de cinco camadas. Isto não deve ser entendido como limitativo. Mais do que três ligas podem ser lingotadas simultaneamente de acordo com a presente invenção em configurações retangulares ou em outras configurações usando-se outros formatos para o molde (por exemplo, quadrado ou oval) e peças divisórias não planares.

Camadas adicionais de metal podem ser coladas aos lingotes 10 e 60 lingotados em multicamada resultando nos produtos 70 e 80 apresentados nas Figuras 7 e 8. O produto 70 inclui o lingote 10 e um par de camadas de metal 72 coladas em laminação ao lingote 10. O produto 80 inclui o lingote 60 com uma camada de metal 82 colada em laminação. Cada um dos produtos 70 e 80 pode ter uma ou duas camadas respectivas 72 ou 82. Quando duas camadas 72 estiverem incluídas como apresentado na Figura 7, o metal daquelas camadas pode ser o mesmo ou diferente um do outro. As camadas 72 e 82 também podem ser produtos multicomponentes produzidos de acordo com a presente invenção ou produzidos por práticas convencionais de colagem em laminação.

Uma das vantagens da presente invenção está contida quando um lingote de metal em multicamada produzido de acordo com a presente invenção for subsequentemente laminado, por exemplo, a um produto em placa ou em folha. Em lingotes convencionais colados em laminação, a espessura de uma camada revestida nas extremidades do lingote muitas vezes se torna inaceitavelmente fina durante o processo de laminação. As bordas da serpentina resultante obtida partindo do lingote compósito devem ser aparadas ou raspadas de modo que a camada revestida seja uniformemente espessa através da largura da serpentina. A aparagem da borda de desde aproximadamente 10,2 cm (4 polegadas) (para aproximadamente 3-5 % de revestimento) até aproximadamente 20,3 cm (8 polegadas) (para aproximadamente 10-15 % de revestimento) é típica para folha de cobre de soldagem

convencional colada em laminação. Tais perdas de sucata podem ser minimizadas na presente invenção pela produção de um lingote 90 como apresentado na Figura 9 que tem uma peça divisória 92 de formato preciso com metais 94 e 96 em lados opostos da mesma. O metal lingotado 96 (correspondente a uma camada revestida convencional) é mais espesso nas bordas do lingote 90. Após laminação do lingote 90 a uma placa 90', a peça divisória 92 se achata e os metais lingotados 94' e 96' são substancialmente uniformemente espessos como apresentado na Figura 10. A peça divisória 92 pode ser afunilada ou dobrada em outras configurações para se conseguir localmente diferentes espessuras dos metais lingotados em extremidades opostas das mesmas.

A presente invenção também pode ser usada para produzir produtos cilíndricos (por exemplo, uma barra quadrada) de múltiplas ligas. A modalidade da invenção apresentada nas Figuras 11 e 12 inclui um aparelho 100 que tem um molde cilíndrico 104 que define uma câmara de água 106 e uma fenda 108 através da qual é liberada água diretamente sobre a superfície de um lingote 110 que emerge do molde 104. O lingote lingotado 110 está assentado sobre um bloco de fundo circular 112 que se move na direção da seta B. Uma peça divisória tubular 114 é alimentada ao molde 104 e age como uma barreira entre o metal fundido 116 alimentado pela canaleta 118 sobre o lado de fora da peça divisória tubular 114 e o metal fundido 120 alimentado por uma outra canaleta (que não aparece) no lado de dentro da peça divisória tubular 114. A liberação da peça divisória 114 e o movimento do bloco de fundo 112 são controlados como descrito acima em relação ao aparelho 2. A peça divisória tubular 114 pode definir uma fenda longitudinal 122 para fácil acesso do metal fundido 120 sobre a peça divisória tubular 114 durante o lingotamento. Particularmente durante a partida, o metal fundido 120 pode ser liberado para a peça divisória tubular 114 pela fenda 122 próxima ao bloco do fundo 112 em vez de se despejar o metal fundido 120 na peça divisória tubular 114 o que pode resultar em turbulência do metal fundido 120. A fenda 122 é suficientemente estreita (por exemplo de desde aproximadamente 2,5 até 51 cm (aproximadamente 1 até 20 polegadas) de

largura, dependendo do tamanho da barra quadrada que está sendo lingotada) e pode se estender para baixo nos líquidos reunidos fundidos de metais 116 e 120 para evitar misturação excessiva entre os metais fundidos 116 e 120 na vizinhança da fenda 122. O metal fundido 116 primeiro se solidifica 5 adjacente ao molde 104 na região 124 e o metal fundido 120 primeiro se solidifica adjacente à peça divisória tubular 114 na região 126. Uma zona 128 semi-sólida anular se forma abaixo do nível da primeira região de solidificação 124 e uma zona semi-sólida cilíndrica 130 se forma abaixo do nível da região 126. Após solidificação completa, os metais 116 e 120 formam respectivos componentes sólidos 138 e 140 separados pela peça divisória tubular 114. Uma seção transversal da barra quadrada 110 produzida no aparelho 100 é apresentada na Figura 13.

A presente invenção fornece significativas melhorias em relação aos produtos revestidos convencionais. A razão de revestimento de produtos 15 colado em laminação é geralmente um máximo de 35 %, isto é a interface entre as camadas coladas em laminação pode geralmente não ser maior do que aproximadamente 35 % da distância a uma das faces do lingote. Na presente invenção, a única limitação em relação à localização de camadas lingotadas é que uma camada lingotada tenha pelo menos 2,5 cm (1 polegada) de espessura para permitir a distribuição de metal fundido em toda a largura do lingote. As ligas que podem ser coladas juntas usando-se a presente invenção são muito mais numerosas do que aquelas que podem ser confiavelmente e/ou economicamente coladas juntas em laminação. A qualidade 20 do produto é melhorada na eliminação de bolhas por colagem em laminação. A produtividade de um moinho quente usado para inicialmente romper ou laminar um lingote produzido de acordo com a presente invenção também é significativamente aumentada, pois podem ser eliminadas muitas passagens 25 de selagem.

Embora a invenção tenha sido descrita acima de modo geral, os 30 exemplos em particular a seguir fornecem ilustrações adicionais dos produtos e das etapas do processo típicos da presente invenção.

Exemplos 1-3

Em cada um dos Exemplos 1-3, uma folha de AA 1350 (51 cm (20 polegadas) de largura, 0,95 cm (0,375 polegada) de espessura e 61 cm (24 polegadas) de comprimento) foi posicionada no centro de um molde de 30 cm (12 polegadas) x 56 cm (22 polegadas) abrangendo a largura com um espaço de aproximadamente 2,5 cm (1 polegada) entre a borda da folha e as paredes do molde. Em cada Exemplo, uma massa fundida A da liga relacionada na tabela 1 foi despejada no molde sobre um lado da folha e uma massa fundida B da liga B relacionada na tabela 1 foi despejada no molde no outro lado da folha. No Exemplo 3, foi aplicado o fundente ao lado da folha em contato com a massa fundida A. Os metais foram lingotados sobre os lados opostos da folha ao passo que o bloco do fundo com a folha assentada sobre o mesmo foi abaixado a uma taxa de aproximadamente 7 cm (2,75 polegada) por minuto. Foi produzido um lingote com 30 cm (12 polegadas) x 56 cm (22 polegadas) x aproximadamente 107 cm (42 polegadas) que tem uma folha de AA 1350 colada entre uma camada de liga A e uma camada de liga B.

Tabela 1

Exemplo	Massa fundida A		Folha divisória	Massa fundida B	
	Liga AA	Temp. (°C)	Liga AA	Liga AA	Temp. (°C)
1	3003	671*	1350	7051**	667
2	303	664 +/- 3	1350	3005	679 +/- 3
3	3003	663 +/- 5	1350 com fundente no lado da massa fundida A	4343	647 +/- 4

* Faixa de temperatura não medida continuamente no Exemplo 1 e nenhuma média +/- desvio padrão registrada.

** A massa fundida B do Exemplo 1 era próxima de AA7051, porém não de acordo com os limites verdadeiros de AA7051.

Um bloco foi seccionado do lingote do Exemplo 1 e foi laminado (a quente e a frio) sem nenhuma deslaminação ao longo da interface entre a folha de AA 1350 e as camadas lingotadas de AA 3003 e 7051. Uma fotografia de um corte horizontal através do lingote aparece na Figura 14. Uma fotomicrografia vista de perto da interface entre as camadas de liga AA 3003 e

liga AA 7051 modificada que apresenta erosão mínima da folha aparece na Figura 15. Uma porção do lingote foi laminada a quente até 0,6 cm (0,25 polegada) (apresentada na Figura 16) e subsequentemente laminada a frio até aproximadamente 1,3 mm (0,005 polegada) (apresentada na Figura 17).

5 Uma fotografia de um corte horizontal através do lingote produzido no Exemplo 2 aparece da Figura 18.

Uma fotografia de um corte horizontal através do lingote produzido no Exemplo 3 aparece da Figura 19. O Exemplo 3 foi repetido sem fundente e uma microfotografia da interface de AA3003 / AA 1350 / AA 4343 é 10 apresentada sob luz polarizada na Figura 20 após ataque químico em descascador para ilustrar os detalhes microestruturais da interface.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para lingotar por resfriamento direto um lingote de metal a base de alumínio de multicamada **caracterizado pelo fato de que** compreende as etapas de:

5 (a) entregar uma peça divisória metálica (14) em um molde de resfriamento direto (4);

(b) derramar um primeiro metal fundido a base de alumínio (16) no molde de resfriamento direto (4) sobre um lado da peça divisória (14) e derramar um segundo metal fundido a base de alumínio (20) no molde de 10 resfriamento direto (4) no outro lado da peça divisória (14), o primeiro metal (16) tendo uma composição diferente do segundo metal (20);

(c) permitir que o primeiro metal fundido a base de alumínio (16) e o segundo metal fundido a base de alumínio (20) se solidifiquem de modo que o lingote a base de alumínio inclui uma camada de metal de divisão (14) 15 disposta entre uma camada do primeiro metal (38) e uma camada do segundo metal (40), em que a etapa de permitir compreende a etapa de:

20 (c1) contatar uma porção solidificada do lingote (24, 26) com um agente de resfriamento enquanto o lingote de metal (10) é parcialmente contido dentro do molde de resfriamento direto (4); e

(d) retirar o lingote de metal em multicamadas (10) a partir do molde (4), em que a espessura da camada de metal de divisão (14) é de 0,5% a 6% da espessura do lingote de metal de multicamada (10).

25 2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a peça divisória (14) está na forma de uma folha ou uma placa.

30 3. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo fato de que** a peça divisória (14) inclui dois ou mais orifícios dispostos através da mesma.

35 4. Processo, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado pelo fato de que** a peça divisória (14) compreende qualquer um dentre alumínio, aço, titânio, cobre, magnésio, molibdênio, níquel ou, suas respectivas

ligas, ou combinações dos mesmos.

5. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **caracterizado pelo fato de que** a peça divisória é tubular (114) e um dos primeiro e segundo metais fundidos (116, 120) é derramado na peça 5 divisória tubular (114) e o outro metal fundido (116, 120) é derramado entre a peça divisória tubular (114) e o molde (104).

6. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **caracterizado pelo fato de que** o primeiro metal (16) e o segundo metal (20) compreendem cada um uma liga de alumínio.

10 7. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **caracterizado pelo fato de que** a peça divisória (14) tem um ponto de fusão de pelo menos 610°C.

8. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **caracterizado pelo fato de que** a etapa (a) ainda compreende distribuir 15 uma outra peça divisória metálica (52) no molde (4) e a etapa (b) ainda compreende derramar um terceiro metal fundido (53) em um lado da outra peça divisória (52) para produzir um lingote (60) compreendendo um par de camadas de metal de divisão (14, 52) intercalado entre camadas do primeiro (38), do segundo (40) e do terceiro (62) metais.

20 9. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, **caracterizado pelo fato de que** uma distância a partir da superfície da peça divisória (14) até uma borda mais próxima do lingote (4) é de pelo menos 1,27 cm (0,5 polegada).

10. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 25 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 ou 9, **caracterizado pelo fato de que** a peça divisória (14) é planar e a etapa (a) compreende ainda posicionar bordas opostas da peça divisória (14) de 0,25 cm (0,1 polegada) a 7,6 cm (3 polegadas) a partir do molde.

11. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 30 a 10, **caracterizado pelo fato de que** a temperatura do primeiro metal fundido (16) é igual à temperatura do segundo metal fundido (20).

12. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1

a 10, **caracterizado pelo fato de que** a temperatura do primeiro metal fundido (16) difere a partir da temperatura do segundo metal fundido (20) por 150°C ou menos.

13. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1
5 a 12, **caracterizado pelo fato de que** a temperatura de solidus do metal da peça divisória (14) é mais alta do que temperatura de liquidus de cada um dos primeiro metal (16) e segundo (20) metal.

14. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1
a 13, **caracterizado pelo fato de que** pelo menos um lado da peça divisória 10 (14) é revestido com um fundente.

15. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1
a 14, **caracterizado pelo fato de que** o primeiro metal fundido (16) e o segundo metal fundido (20) formam poças de metal fundido no molde (4) e ainda compreende aplicar fundente às superfícies das poças de metal fundido.
15

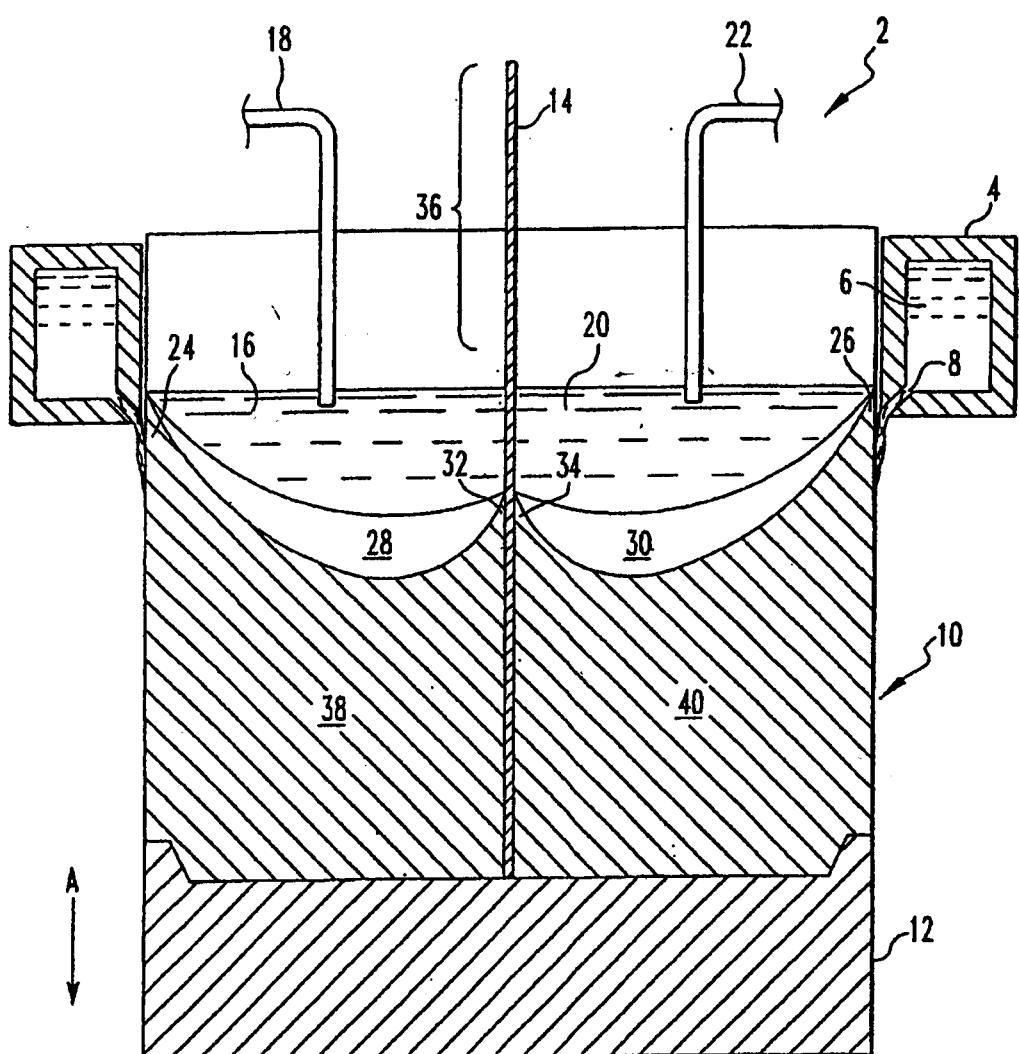


FIG. 1

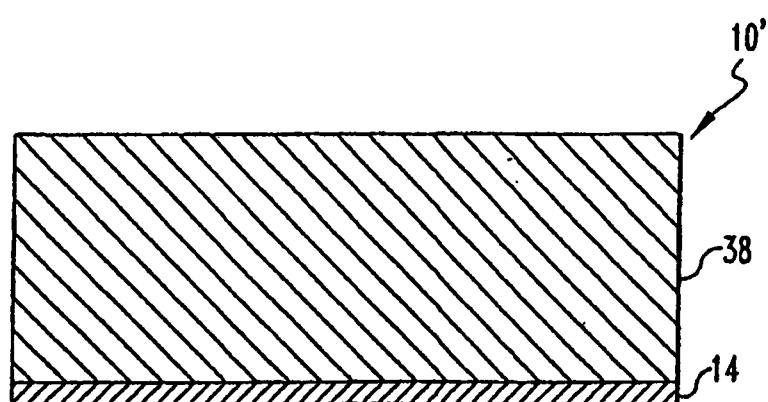
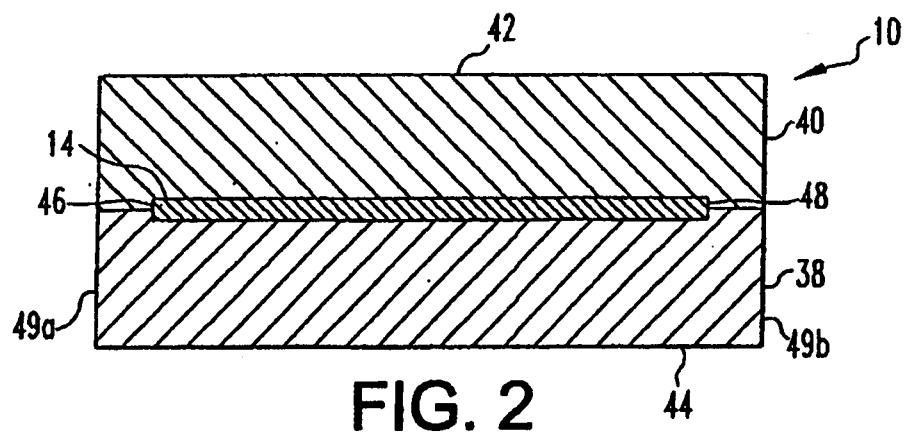


FIG. 4

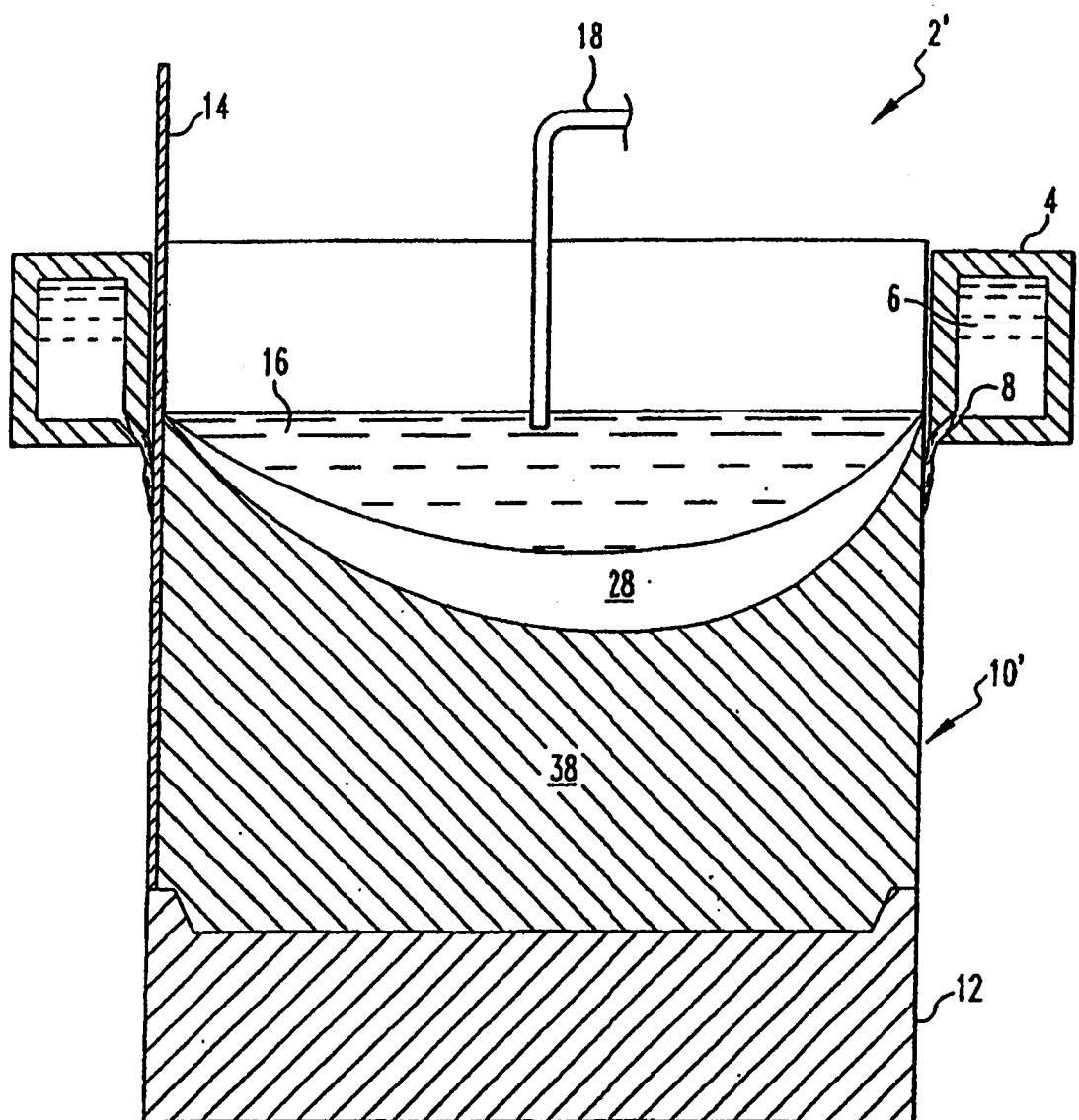


FIG. 3

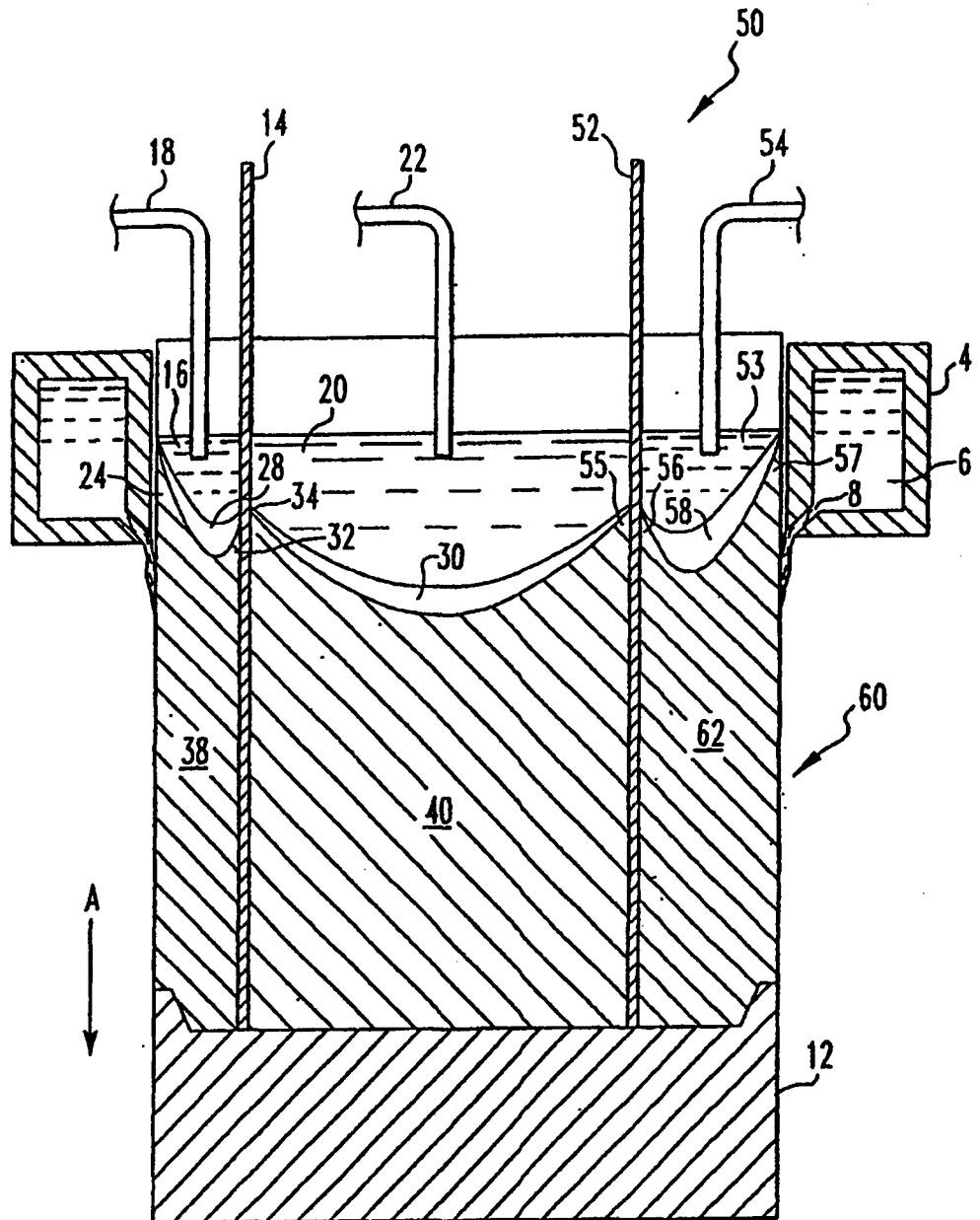


FIG. 5

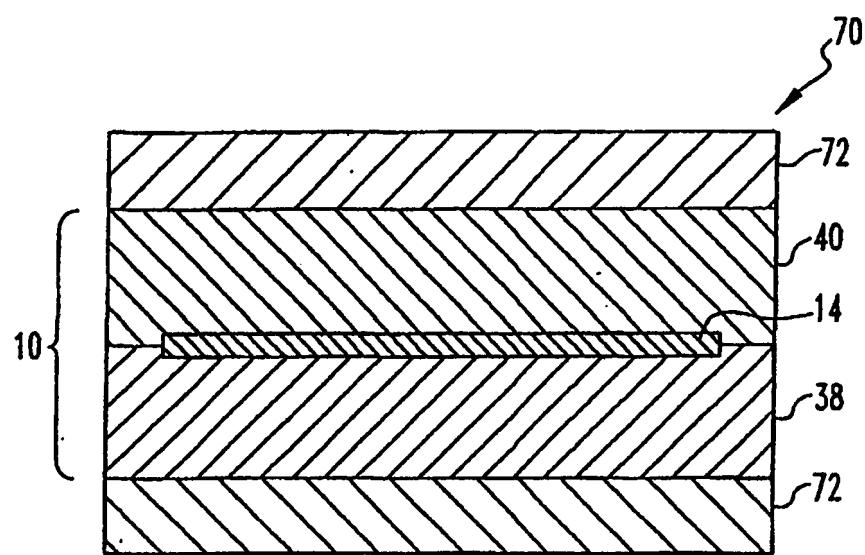
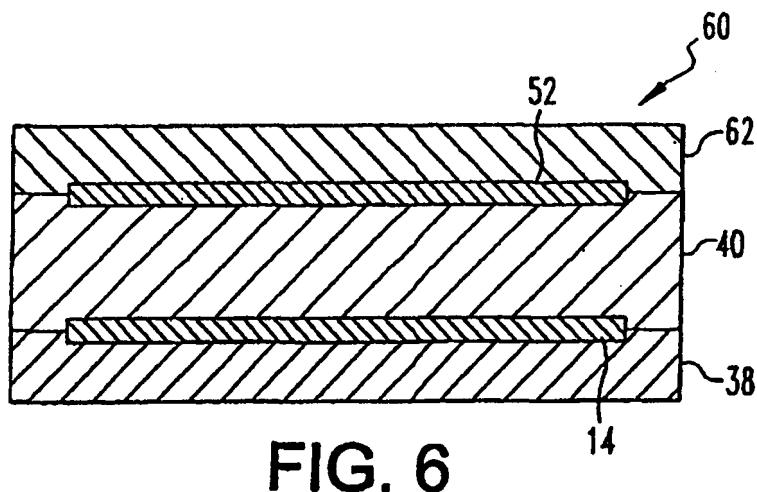


FIG. 7

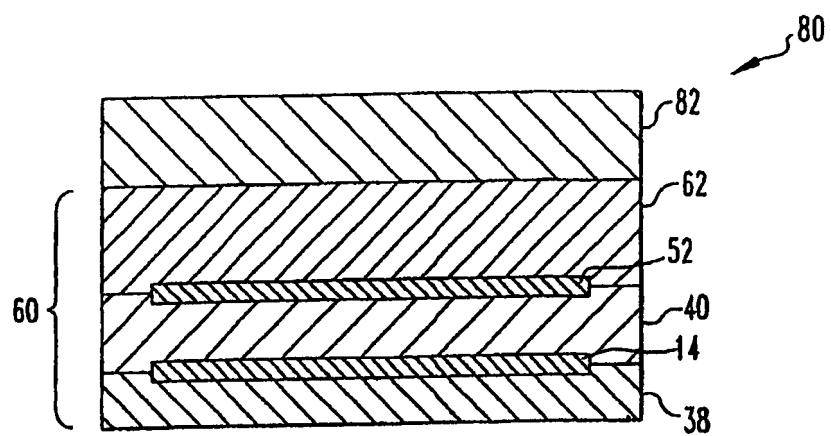


FIG. 8

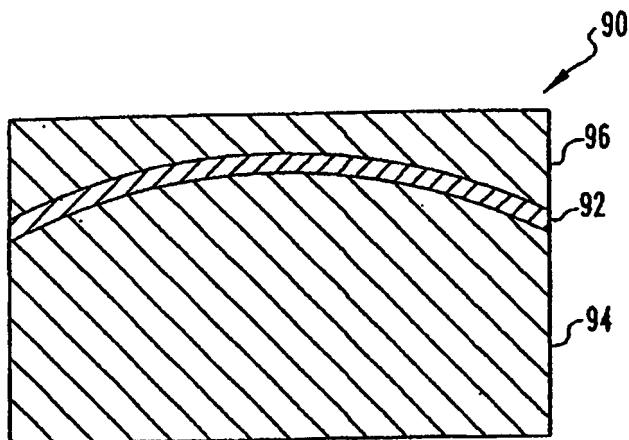


FIG. 9

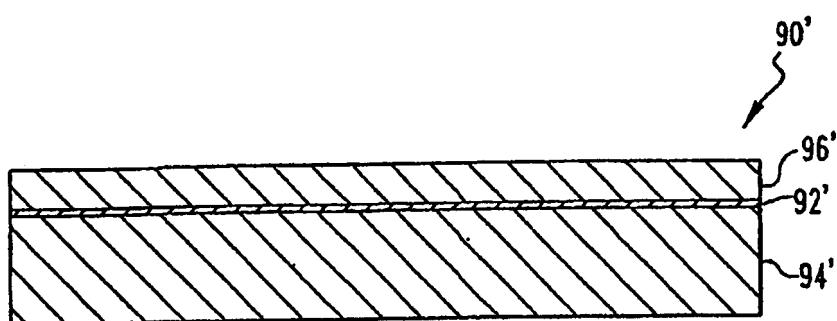
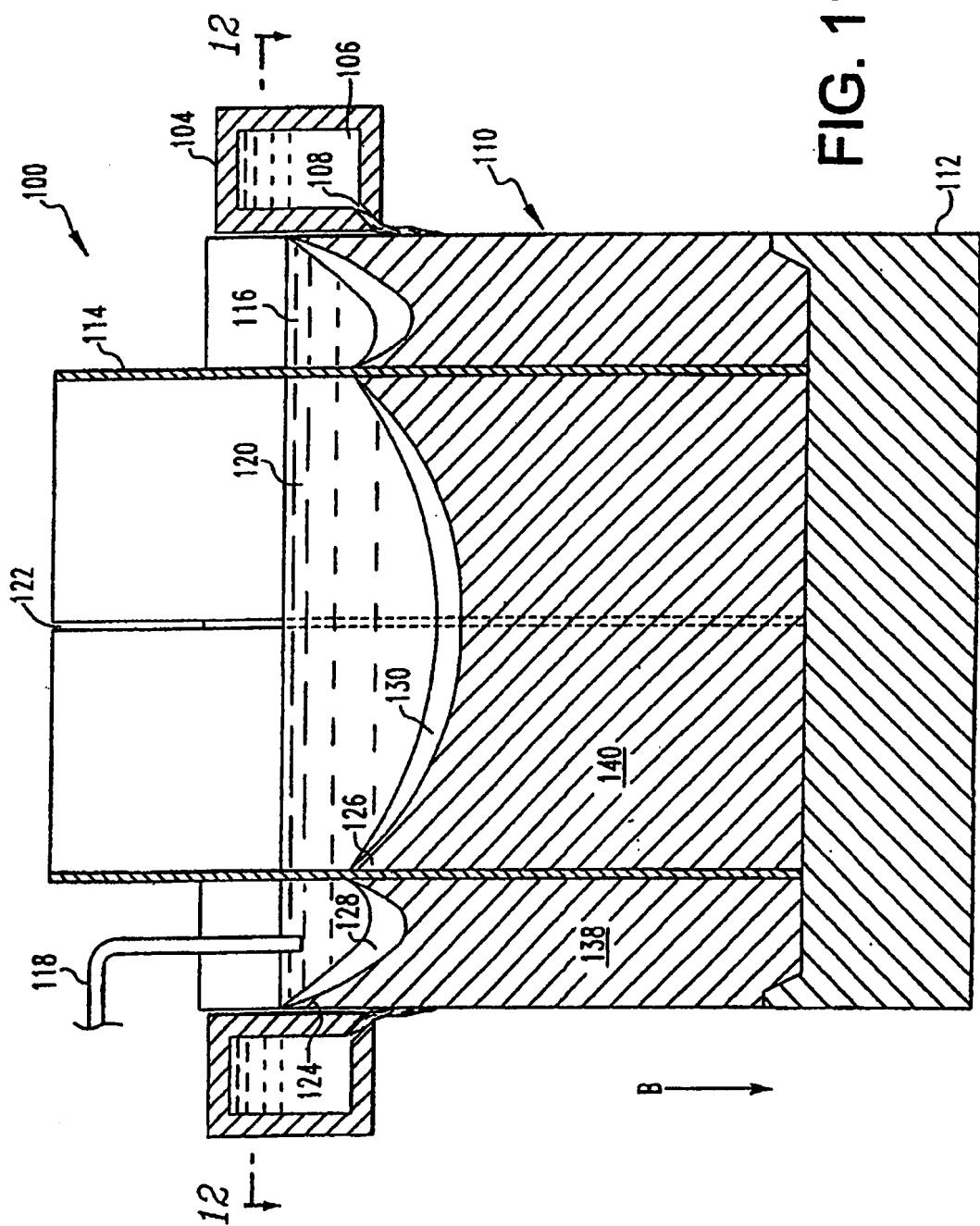


FIG. 10

FIG. 11



8/12

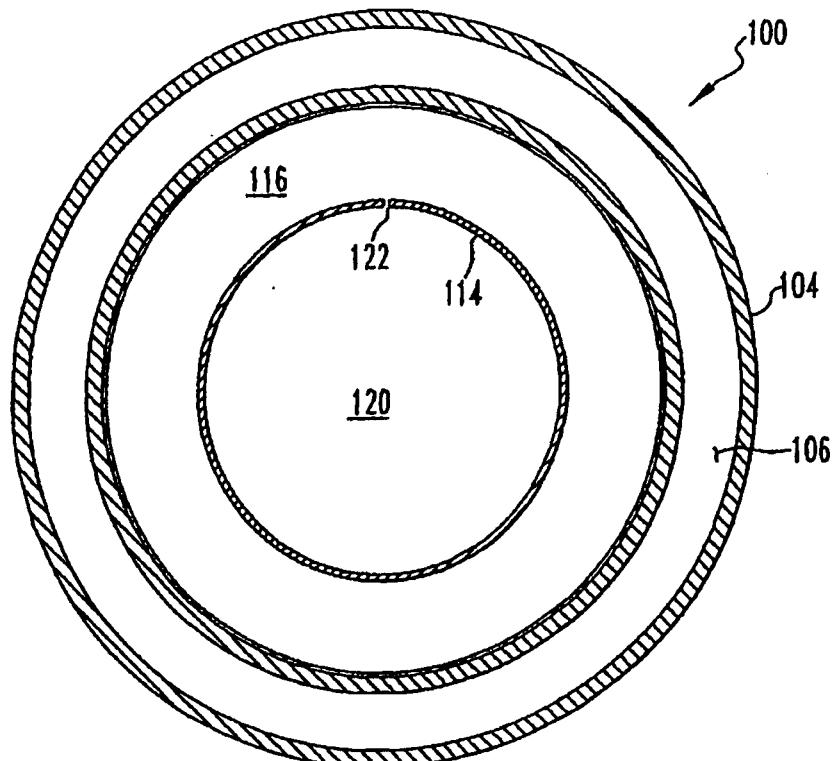


FIG. 12

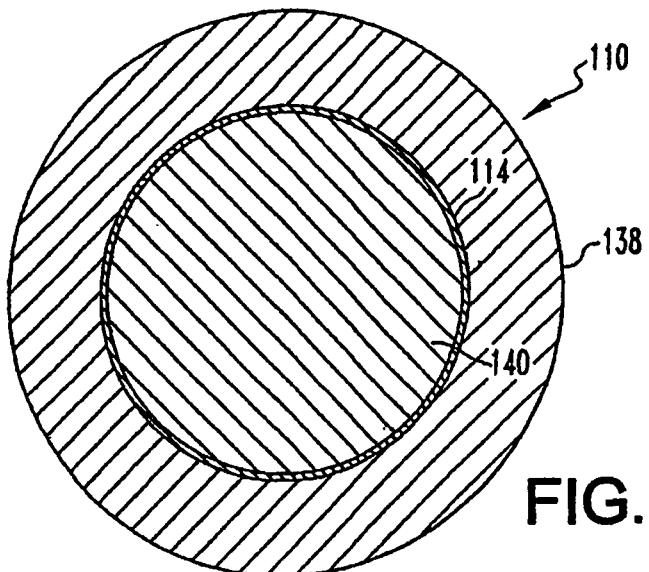


FIG. 13

9/12

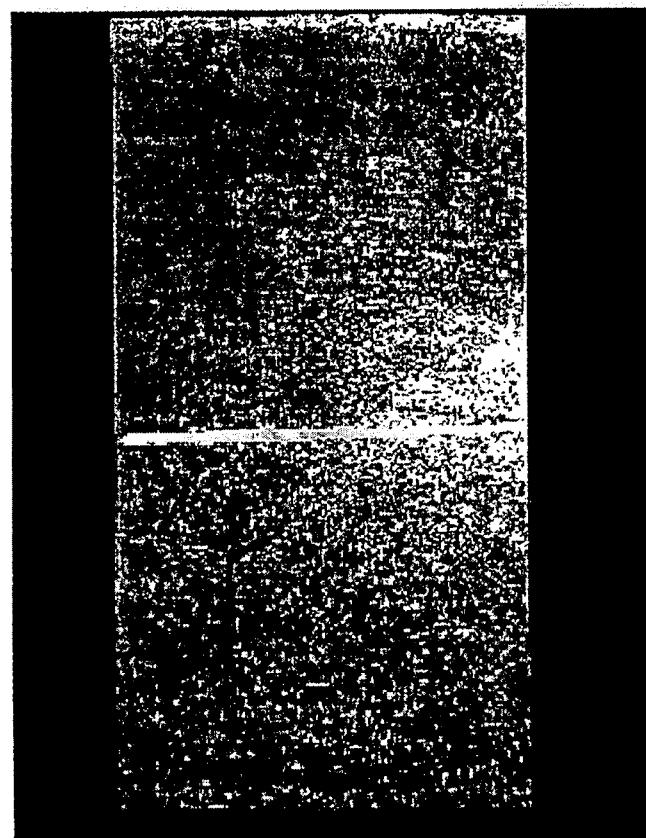


FIG. 14



FIG. 15

10/12

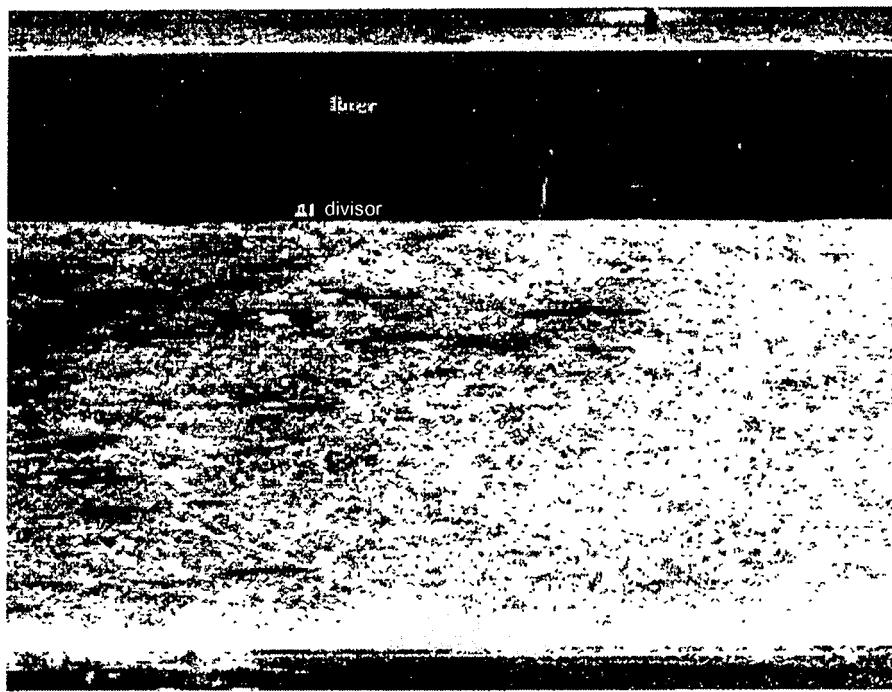


FIG. 16

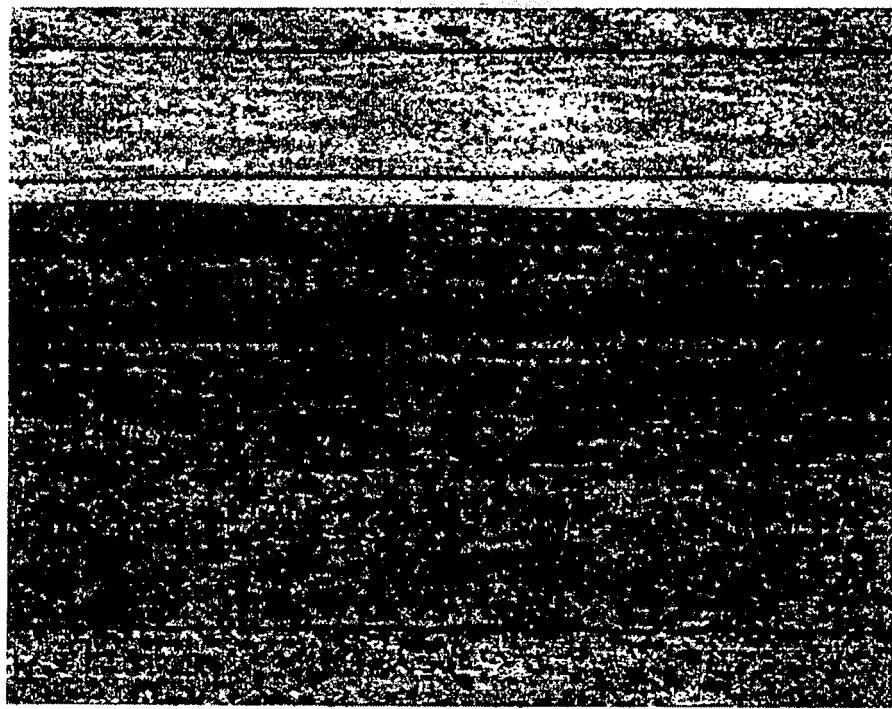


FIG. 17

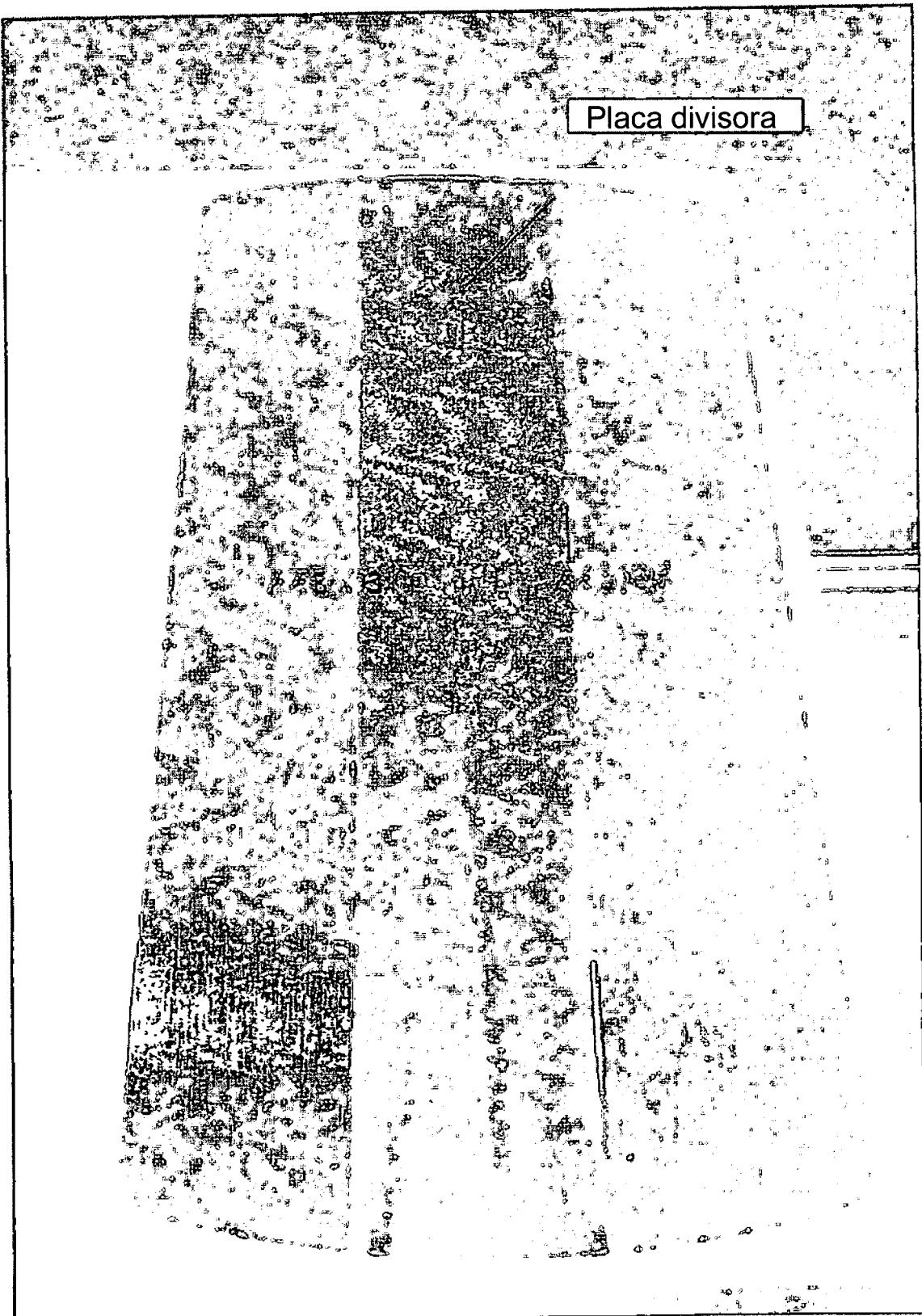


FIG. 18

12/12

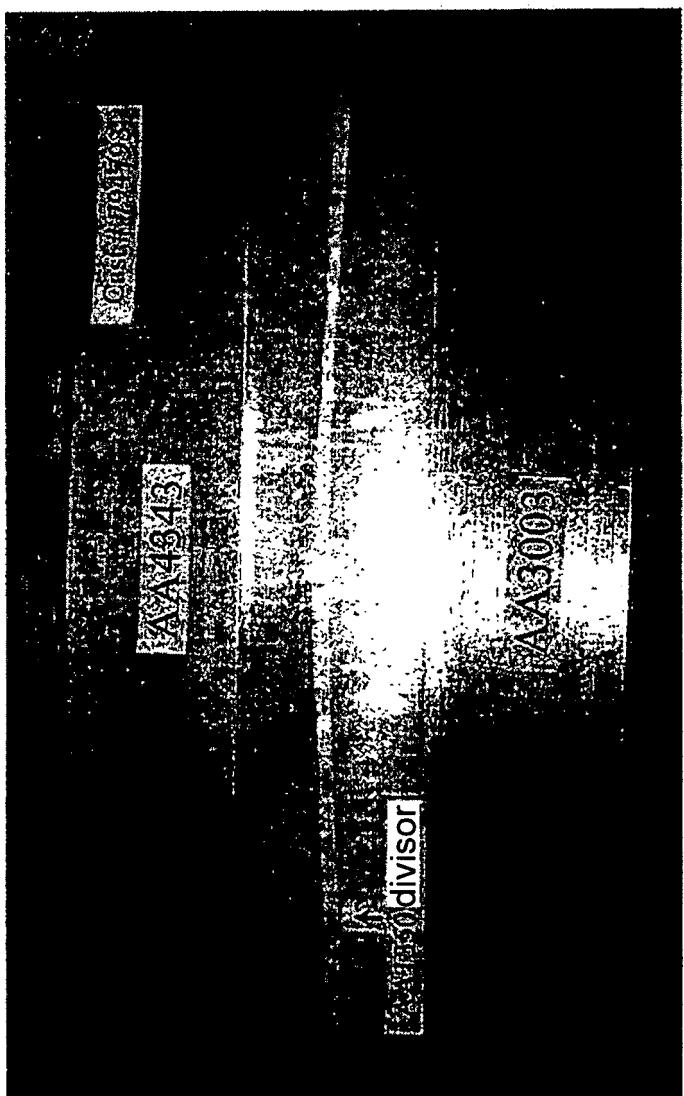


FIG. 19

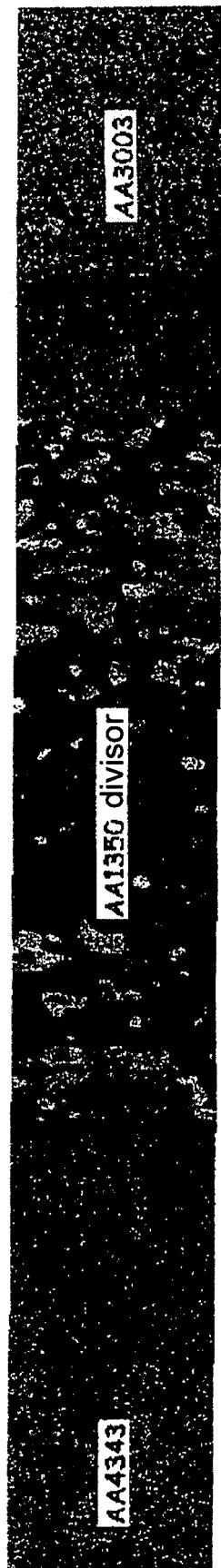


FIG. 20

RESUMO

Patente de Invenção: "PROCESSO PARA LINGOTAR POR RESFRIAMENTO DIRETO UM LINGOTE DE METAL A BASE DE ALUMÍNIO DE MULTICAMADA".

5 A presente invenção refere-se ao processo de lingotamento de um lingote de metal em multicamada que inclui as etapas de aplicar uma peça divisória metálica (14) em um molde de resfriamento direto (4), derramar um primeiro metal fundido no molde sobre um lado da peça divisória e derramar um segundo metal fundido no molde no outro lado da peça divisória e deixar que o primeiro metal fundido e o segundo metal fundido se solidifiquem para formar um lingote de metal (10) que inclui a camada de metal divisório disposto entre os mesmos.

10