



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial



CARTA PATENTE N.º PI 0613728-8

Patente de Invenção

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito : PI 0613728-8

(22) Data do Depósito : 12/07/2006

(43) Data da Publicação do Pedido : 18/01/2007

(51) Classificação Internacional : B22D 7/02; B22D 7/06

(30) Prioridade Unionista : 12/07/2005 US 11/179,835; 11/07/2006 US 11/484,276

(54) Título : Aparelho de lingotamento para fundir metal e método de lingotamento de metal para a operação do aparelho

(73) Titular : ALCOA INC. Endereço: ALCOA CORPORATE CENTER- 201 ISABELLA STREET-PITTSBURG, PA 15212-5858, Estados Unidos (US).

(72) Inventor : MEN G. CHU. Endereço: 2750 ROSELYN DRIVE, EXPORT PA 15632, Estados Unidos.; HO YU. Endereço: 4051 BENDEN CIRCLE, MURRYSVILLE PA 15668, Estados Unidos.; ALVARO GIRON. Endereço: 5052 IMPALA DRIVE, MURRYSVILLE PA 15668, Estados Unidos.; KENNETH J. KALLAHER. Endereço: 6405 TEN POINT CIRCLE, TRAFFORD PA 15085, Estados Unidos.; JEFFREY J. SHAW. Endereço: 481 TOLEDO DRIVE, NEW KENSINGTON PA 15068, Estados Unidos.

Prazo de Validade : 20 (vinte) anos contados a partir de 12/07/2006, observadas as condições legais.

Expedida em : 8 de Julho de 2014.

Assinado digitalmente por
Júlio César Castelo Branco Reis Moreira
Diretor de Patentes

**Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "APARELHO
DE LINGOTAMENTO PARA FUNDIR METAL E MÉTODO DE LINGOTA-
MENTO DE METAL PARA A OPERAÇÃO DO APARELHO".**

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

5 1. PEDIDOS RELACIONADOS A REFERÊNCIA CRUZADA

Esta é uma continuação em parte do pedido de série U.S. nº 11/179.835, registrada em 12 de julho de 2005, cuja descrição completa está aqui incorporada como referência.

2. Campo da invenção

10 A presente invenção refere-se a métodos de lingotamento. Mais especificamente, a presente invenção fornece um equipamento e um método para solidificar unidirecionalmente fundidos para fornecer uma taxa de solidificação uniforme, fornecendo assim um lingotamento de lingotes tendo uma microestrutura uniforme e menores estresses internos.

15 3. Descrição da técnica Relacionada

Vários métodos de solidificação direcional de fundidos dentro de um molde foram tentados em um esforço para melhorar as propriedades dos fundidos.

Um exemplo de um método de solidificação direcional atualmente disponível inclui a Patente U.S. nº 4.210.193, emitida para M. Rühle em 1º de julho de 1980, descrevendo um método de produção de um fundido de alumínio silicone. O material fundido é despejado em um molde tendo um fundo formado por uma chapa de estanho. Uma corrente de água é aplicada ao fundo da chapa de estanho, e um par termoelétrico inserido através da chapa de estanho no fundido é usado para monitorar a temperatura do fundido, e assim controlar adequadamente a corrente de resfriamento. O resfriamento é interrompido quando a temperatura na parte do fundo do molde cai de 301,66°C (575°F) para 246,11°C (475°F), até o calor do fundido em volta aumentar esta região para 282,22°C (540°F). Quando a liga de alumínio silicone é removida do molde, a chapa de estanho tornou-se parte do fundido. O resultado é uma estrutura de grãos finos na parte inferior do fundido. Esse método falha em produzir uma estrutura uniforme com baixo estresse, e re-

sulta provavelmente e perdas devido à necessidade de retirada da folha de estanho se ela não for parte do fundido final.

A patente U.S. nº 4.585.047, emitida para H. Kawai e outros em 29 de abril de 1986, descreve um equipamento para resfriamento de metal fundido em um molde. O equipamento inclui um tubo dentro do molde através do qual é passado um líquido de resfriamento. O tubo é localizado em uma parte inferior do molde, resultando em solidificação direcional do metal, do fundo do pote para o topo do mesmo. Uma vez que o fundido é solidificado, a parte em excesso do fundido é retirada do fundido, e então derretida do tubo de forma que o tubo possa ser reaproveitado. A necessidade de cortar a porção do fundido que circunda o tubo resulta em etapas adicionais de produção e em dejetos. O equipamento também falha em fornecer uma estrutura uniforme dentro do fundido ou o baixo estresse dentro do fundido que resultaria de uma solidificação direcional.

A patente U.S. nº 4.969.502, emitida para Eric L. Mawer em 13 de novembro de 1990, descreve um equipamento para lingotamento de metais. O equipamento inclui um dispositivo de despejo alongado estruturado para despejar metal fundido contra uma chapa vertical, dissipando assim a energia do metal fundido que flui. Alternadamente, um par de dispositivos de despejo alongados são usados para despejar metal fundido na direção um do outro, de forma que a interação das duas tensões do metal que flui na direção um do outro dissipa a energia do metal. O resultado é uma ação ondular reduzida dentro do molde, de forma que o fundido resfriado tem uma espessura mais uniforme. O equipamento falha em fornecer uma estrutura uniforme dentro do fundido. Ele também falha em fornecer baixo estresse dentro do fundido.

A patente U.S. nº 5.020.583, emitida para M.K. Aghajanian e outros em 4 de junho de 1991, descreve a solidificação direcional de compostos matriz metálicos. O método inclui a colocação de um lingote metálico sobre uma massa de material de enchimento e então fundir-se o metal de forma que o metal infiltra o material de enchimento. O metal pode ser ligado com melhoradores de infiltração tal como magnésio, e o aquecimento

pode ser feito dentro de um ambiente de gás nitrogênio para também facilitar a infiltração. Após a infiltração, a matriz metálica resultante é resfriada pela sua colocação no topo de um dissipador de calor, com isolamento colocado em volta da matriz metálica do resfriamento, resultando assim em solidificação direcional da liga fundida. Essa patente falha em fornecer o controle da taxa de solidificação, para uma estrutura uniforme dentro do fundido, ou de baixos estresses dentro do fundido.

A patente U.S. nº 5.074.353, emitida para A. Ohno em 24 de dezembro de 1991, descreve um equipamento e um método para lingotamento contínua horizontal do metal. O sistema inclui um forno de manutenção conectado a um molde quente tendo uma seção aberta na sua extremidade de entrada. Elementos aquecedores em torno dos lados e do fundo do molde quente aquecem o molde até uma temperatura que é pelo menos a temperatura de solidificação do metal fundido. Um pulverizador de resfriamento é aplicado ao topo do molde quente. Um membro falso protegido entre os cilindros puxadores superior e inferior é correspondido para dentro e para fora da extremidade de saída do molde para esticar o metal à medida que ele é solidificado. O método dessa patente é provável de resultar em dejetos devido à necessidade de separar o fundido do metal falso. O equipamento também falha em fornecer uma estrutura uniforme dentro do fundido ou um baixo estresse dentro do fundido que resulte de uma solidificação direcional.

Conseqüentemente, há uma necessidade de um equipamento e de um método de solidificação unidirecional melhorados, fornecendo uma taxa de resfriamento controlada,. Relativamente uniforme. Tal método resulta em maior uniformidade dentro da estrutura cristalina do fundido, com menores estresses dentro do fundido e uma tendência reduzida na direção de fraturas.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

É fornecido um lingote de fundido de múltiplas camadas formado por um método de solidificação unidirecional de um fundido através da espessura do fundido a uma taxa de solidificação controlada. O método é particularmente útil para fundir lingotes de tamanho comercial da série 2xxx das

ligas de alumínio coberta com uma liga 1xxx e uma liga 3xxx coberta com uma liga 4xxx. Para os propósitos desta descrição, a espessura é definida como a dimensão mais fina do fundido.

Um molde de acordo com a invenção é preferivelmente substancialmente orientado horizontalmente, tendo quatro lados e um fundo que pode ser estruturado para permitir seletivamente ou resistir aos efeitos de um meio de resfriamento pulverizado ali. Uma modalidade do fundo é um substrato tendo furos de um tamanho que permita a entrada do meio de resfriamento, mas que resista à saída do metal fundido. Tais furos têm preferivelmente pelo menos cerca de 0,4 MM (1/64 polegada) de diâmetro, mas não mais que 2,54 CM (uma polegada) de diâmetro. Uma outra modalidade de fundo é um transportador tendo uma seção sólida e uma seção em rede. Outras modalidades de fundo incluem estruturas a serem removidas do resstante do molde após a solidificação do metal fundido no fundo do molde, com uma rede, pano, ou outra estrutura permeável que permaneça para apoiar o fundido.

Um canal para transportar o metal fundido do forno termina em um dos lados do molde, e é estruturado para transportar metal do forno ou outro receptáculo para uma câmara de alimentação de metal fundido disposita ao longo do lado do molde. Em outra modalidade, a câmara de alimentação de metal é disposta ao longo do topo de um dos lados do molde de forma que seja possível entregar o metal fundido verticalmente ao topo da cavidade do molde de maneira controlada. A câmara de alimentação de metal fundido e o molde são separados um do outro por uma ou mais portas. Uma porta preferida é uma passagem cilíndrica, montada giratoriamente, definindo ali uma ranhura helicoidal, de forma que à medida que a porta gira, o metal fundido é liberado horizontalmente no molde, apenas no nível do topo do metal fundido dentro do molde. Uma outra porta preferida são meramente ranhuras em diferentes alturas na parede que separa o molde da câmara de alimentação, de forma que a taxa na qual o metal fundido é adicionado à câmara de alimentação determina a taxa e a altura na qual o metal fundido entra no molde. Uma outra porta preferida é uma passagem de fluxo entre

os moldes e a câmara de alimentação tendo um cursor vertical em cada extremidade, de forma que o cursor vertical resista ao fluxo do metal fundido através de uma ranhura tanto no molde quanto na câmara de alimentação, enquanto permite o fluxo do metal fundido através do canal. O fluxo de metal fundido é, portanto, limitado a uma altura desejada dentro do molde, ajustada pela altura do canal.

Em algumas modalidades, um segundo canal e uma segunda câmara de alimentação de metal fundido podem ser fornecidos em outro lado do molde, permitindo assim que uma segunda liga seja introduzida no molde durante o lingotamento de uma primeira liga, por exemplo, para aplicar uma cobertura a um item fundido. Esse procedimento pode ser estendido para produzir um produto lingote de múltiplas camadas tendo pelo menos duas camadas de ligas diferentes. Os lados do molde são preferivelmente isolados. Uma pluralidade de jatos de resfriamento, jatos de ar/água, serão colocados abaixo do molde, e estruturados para pulverizar o meio de resfriamento contra a superfície do fundo do molde.

O metal fundido é introduzido substancialmente uniformemente através das portas. Ao mesmo tempo, um meio de resfriamento é aplicado uniformemente sobre a área do fundo do molde. A taxa à qual o metal fundido flui para o molde, e a taxa à qual o meio de resfriamento é aplicado ao molde, são ambas controladas para fornecer uma taxa relativamente constante de solidificação. O meio de resfriamento pode começar como ar, e então ser mudado gradativamente de ar para uma névoa de ar e água, e então para água. Após o metal fundido no fundo do molde se solidificar, o fundo do substrato pode ser movido de forma que a seção sólida sob o molde seja substituída por uma seção tendo aberturas, permitindo assim que o meio de resfriamento contate diretamente o metal solidificado, e mantenha a taxa de resfriamento desejada. No caso de um substrato chapa perfurada, o fundo do molde não precisa ser removido.

Conseqüentemente, é um objetivo da presente invenção fornecer um método melhorado de solidificar direcionalmente fundidos durante o resfriamento.

É um outro objetivo da invenção fornecer um método para manter a taxa de solidificação relativamente constante durante a solidificação do fundido.

5 É um outro objetivo da invenção fornecer um método de linctamento tendo um dejeto minimizado.

É um outro objetivo da invenção fornecer um método de linctamento que resulte em uma estrutura de cristais uniformes dentro do material.

10 É um outro objetivo da invenção fornecer um método de linctamento que resulte em menores estresses e em uma probabilidade reduzida de fratura e/ou vácuos de encolhimento dentro do fundido.

É um outro objetivo da invenção fornecer um fundido tendo uma estrutura mais uniforme.

15 É um outro objetivo da invenção fornecer um equipamento e um método para produção de uma cobertura em torno do fundido, com a cobertura tendo melhor adesão do que antes da cobertura.

É um outro objetivo da presente invenção fornecer um equipamento e um método para produção de um produto lingote de múltiplas camadas tendo pelo menos duas camadas.

20 Esse e outros objetivos da invenção tornar-se-ão mais aparentes através da descrição e dos desenhos a seguir.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

O pedido de patente contém pelo menos um desenho executado em cor. Cópias dessa patente ou pedido de patente com desenho(s) em 25 cor(es) será fornecida pelo Escritório mediante solicitação e pagamento da taxa necessária.

A figura 1 é uma vista isométrica de topo de um molde conforme a presente invenção mostrando a porção sólida do transportador abaixo do molde.

30 A figura 2 é uma vista isométrica de topo parcialmente seccional de um molde conforme a presente invenção, tomada ao longo das linhas 2-2 na figura 1.

A figura 3 é uma vista isométrica de topo de um molde conforme a presente invenção, mostrando a porção de rede do transportador abaixo do molde.

5 A figura 4 é uma vista isométrica de topo parcialmente seccional conforme a presente invenção, tomada ao longo das linhas 4-4 na figura 3.

A figura 5 é uma vista de topo de uma porta conforme a presente invenção.

A figura 6 é uma vista frontal de uma porta conforme a presente invenção.

10 A figura 7 é uma vista lateral de uma porta conforme a presente invenção.

A figura 8 é uma vista isométrica lateral, de corte parcial, de outra modalidade de um molde conforme a presente invenção.

15 A figura 9 é uma vista isométrica de corte lateral de outra modalidade alternativa de um molde conforme a presente invenção.

A figura 10 é uma vista isométrica lateral do molde conforme a figura 9.

A figura 11 é um gráfico mostrando a temperatura do fundido em relação ao tempo durante um exemplo de processo de solidificação.

20 A figura 12 é um gráfico mostrando a distribuição do estresse na seção transversal através de um lingote feito conforme a presente invenção.

A figura 13 é um gráfico mostrando o estresse em vários locais dentro de um lingote do fundido usando métodos da técnica anterior.

25 A figura 14 é uma vista isométrica de corte de uma outra modalidade de um molde e de uma câmara de transferência conforme a presente invenção.

A figura 15 é uma vista isométrica de corte frontal de uma cavidade de molde conforme a presente invenção.

30 A figura 16 é uma vista isométrica de topo de um molde conforme uma outra modalidade da presente invenção, mostrando a porção perfurada do transportador abaixo do molde.

A figura 17 é uma vista isométrica de topo parcialmente seccio-

nal do molde mostrado na figura 16, tomada ao longo das linhas 16-16 na figura 16.

A figura 18 é uma vista isométrica de topo parcialmente seccional do molde mostrado na figura 16, onde a porção de rede do transportador 5 está abaixo do molde.

A figura 19A é uma vista perspectiva de um lingote múltiplo de três camadas para o produto chapa pelicular tendo uma liga 2024 prensada entre duas camadas de liga 1050.

A figura 19B é uma microfotografia da porção marcada da figura 10 19A que mostra a interface entre a liga 2024 e a liga 1050.

A figura 20A é uma vista em perspectiva de um lingote múltiplo de três camadas para uma chapa de soldagem tendo uma liga 3003 prensada entre duas camadas da liga 4343.

A figura 20B é uma microfotografia da porção marcada da figura 15 20A que mostra a interface entre a liga 3003 e a liga 4343.

Caracteres de referência iguais denotam elementos iguais através dos desenhos.

DESCRÍÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES PREFERIDAS

A presente invenção fornece um equipamento e um método de 20 solidificar unidirecionalmente um fundido, enquanto também fornece uma taxa de solidificação uniforme, controlada.

Em relação às figuras 1-4, um molde 10 inclui quatro lados 12, 14, 16, 18, respectivamente, com uma cavidade de molde 19 definida por eles. Os lados 12, 14, 16, 18 são preferivelmente isolados. Um fundo 20 pode ser formado por um transportador tendo uma porção sólida 22 e uma porção rede 24. O transportador 20 é contínuo, cobrindo em torno dos cilindros 26, 28, 30, 32, respectivamente, de forma que ou a porção sólida 22 ou a porção rede 24 possa ser seletivamente posicionada sob os lados 12, 14, 16, 18. O transportador pode ser feito de qualquer material rígido tendo uma alta condutividade térmica, com exemplos incluindo cobre, alumínio, aço inoxidável, e Inconal. Note que a porção rede 24 é uma seção tendo aberturas.

Uma câmara de alimentação de metal fundido 34 definida pelos

lados 36, 38, 40 é definida ao longo do lado 12. Da mesma forma, uma câmara de alimentação de metal fundido similar 42 é definida pelos lados 44, 46, 48, ao longo do lado 16. Algumas modalidades da presente invenção podem ter apenas uma câmara de alimentação de metal fundido, e outras 5 podem ter múltiplas câmaras de alimentação de metal fundido. Uma alimentação através de 50, 52 se estende de um forno de metal fundido (não mostrado, e bastante conhecido na técnica de lingotamento) até um local diretamente acima de cada uma das câmaras de alimentação de metal fundido, 34, 42, respectivamente. Um cano 54 se estende do canal de alimentação 10 50 até a câmara de alimentação de metal fundido 34. Da mesma forma, um cano 56 se estende do canal de alimentação 52 até a câmara de alimentação de metal fundido 42.

O lado 12 inclui uma ou mais portas 58, 60 estruturadas para controlar o fluxo de metal fundido da câmara de alimentação 34 até a cavidade do molde 19. Da mesma forma, o lado 16 inclui as portas 62, 64, estruturada para controlar o fluxo de metal fundido da câmara de alimentação 42 para a cavidade do molde 19. As portas 58, 60, 62, 64 são substancialmente idênticas, e estão melhor ilustradas nas figuras 5-7. A porta 58 inclui um par 15 de paredes 66, 68 que definem um canal substancialmente cilíndrico 70 entre elas. O canal 70 inclui lados abertos 72, 74 em lados opostos das paredes 66, 68. Um membro de porta cilíndrico 76 é disposto dentro do canal 70. O membro porta cilíndrico 76 é substancialmente sólido, e define uma ranhura helicoidal 78 sobre sua circunferência. O canal 70, o membro porta cilíndrico 76, e a ranhura helicoidal 78 são estruturados de forma que seja permitido ao metal fundido fluir através de uma parte da ranhura helicoidal 78 que 20 está diretamente adjacente a uma das paredes 66, 68, e há uma resistência de que o metal fundido passe através de qualquer outra parte da porta 58. Um mecanismo de direção 80 é conectado operativamente ao membro porta cilíndrica 76, para controlar a rotação do membro porta cilíndrica 76. Mecanismos de direção adequados 80 são bastante conhecidos para aqueles que 25 são peritos na técnica, e, portanto, não serão descritos aqui em grandes detalhes. O mecanismo de direção 80 pode, por exemplo, incluir um motor elé-

trico conectado através de um sistema de marchas ao membro porta cilíndrica 76, com o motor elétrico sendo controlado ou através de chaveamento manual por um operador observando o processo de lingotamento, ou por um microprocessador adequado.

5 Em referência de volta às figuras 1-4, um tubo de distribuição de meio de resfriamento 82 é disposto dentro do transportador 20, e é estruturado para pulverizar um meio de resfriamento contra a superfície do fundo 22, 24, da cavidade do molde 19. Um tubo de distribuição de meio de resfriamento preferido 82 é estruturado para fornecer ar, água, ou uma mistura
10 deles, dependendo da taxa de resfriamento desejada.

Em uso, o transportador 20 estará na posição ilustrada nas figuras 1-2, com a porção sólida 22 diretamente sob a cavidade do molde 19. O metal fundido será introduzido do canal de alimentação 59, através do tubo 54 para a câmara de alimentação 34. As portas 58, 60 terão seus membros
15 portas cilíndricas 76 girados de forma que a porção inferior da ranhura helicoidal 78 é adjacente à parede 66 ou à parede 68, permitindo assim que o metal fundido entre na cavidade do molde 19 fluindo substancialmente horizontalmente na superfície do transportador 22. Ao mesmo tempo, o ar será pulverizado do tubo de distribuição de meio de resfriamento 82 na parte de
20 baixo da superfície 22. Como a cavidade do molde 19 é enchida com metal fundido, os membros porta cilíndricos 76 serão girados de forma que porções crescentemente elevadas da ranhura helicoidal 78 sejam adjacentes a cada uma das paredes 66, 68, de forma que, à medida que o nível de metal dentro da cavidade do molde 19 é aumentado, a porção da ranhura helicoidal 78 através da qual o metal fundido é deixado passar será aumentada em
25 uma quantidade correspondente de forma que o fluxo de metal fundido da câmara 34 para a cavidade do molde 19 é sempre horizontal, e sempre no topo do metal que está sempre dentro da cavidade do molde 19. O fluxo horizontal de metal na cavidade do molde 19 permitirá que o metal fundido encontre adequadamente seu próprio nível, garantindo assim uma espessura substancialmente regular de metal fundido dentro da cavidade do molde 19.
30

À medida que metal adicional é adicionado à cavidade do molde

19, a taxa de resfriamento para o metal dentro da cavidade do molde 19 se tornará mais lenta. Para manter uma taxa de resfriamento substancialmente constante, a mistura do meio de resfriamento do tubo de distribuição do meio de resfriamento 82 será mudado de ar para uma mistura de ar-água contendo 5 quantidades crescentes de água, e eventualmente somente água. Adicionalmente, como o metal na parte inferior da cavidade do molde 19 solidifica, o transportador 20 será adiantado de forma que a rede 24, ao invés da porção sólida 22, forme o fundo do molde 10, permitindo assim que o meio de resfriamento contate diretamente o metal solidificado, conforme mostrado 10 nas figuras 3-4. Adicionalmente, a taxa de adição de metal na cavidade do molde 19 pode ser reduzida controlando-se ou a rotação dos membros porta cilíndricos 76 ou as portas 58, 60 e/ou a taxa de introdução de metal na câmara de alimentação 34 a partir do cabal 50. Tipicamente, a taxa de resfriamento permanecerá entre cerca de 0,28°C (0,5°F/s) a té cerca de 1,67°C/s 15 (3°F/s), com a taxa de resfriamento diminuindo tipicamente de 1,67°C/s (3°F/s) no início do lingotamento até cerca de 0,28 °C/s (0,5°F/s) na direção do final do lingotamento. Da mesma forma, a taxa à qual o metal fundido é introduzido na cavidade do molde 19 será tipicamente diminuída de uma taxa inicial de cerca de 10,16 cm/min (4 polegadas/minuto) até uma taxa final 20 de 1,27 cm/min (0,5 polegada por minuto), à medida que o lingotamento progride.

Se desejado, uma segunda liga pode ser introduzida na câmara de alimentação 42 pelo canal de alimentação 52, e através do tubo 56. Essa segunda liga pode ser usada para formar uma cobertura em torno da primeira liga. Por exemplo, a cobertura pode ser uma camada resistente à corrosão. Um exemplo de uma cobertura pode ser formada introduzindo-se inicialmente uma liga a partir da câmara de alimentação 42, através das portas 62, 64, de forma que o metal flua da porção inferior do canal helicoidal 78 dentro dessas portas para a cavidade do molde 19, e então fechando-se as 25 portas 62,64. Os membros porta cilíndricos 76 das portas 68, 60 são então girados para permitir o fluxo de metal fundido da câmara de alimentação 34 para a cavidade do molde 19 em porções crescentemente elevadas da ra-

nhura helicoidal 78, até a cavidade do molde 19 estar quase completamente cheia até o topo, em cujo ponto as portas 58, 60 são fechadas. Os membros porta cilíndricos 76 das portas 62, 64, são então girados para permitir o fluxo do metal da câmara de alimentação 42 para a cavidade do molde 19 na por-

5 ção mais alta das ranhuras 78 dentro dos membros porta cilíndricos 76 das portas 62, 64, permitindo assim que esse metal fundido fluia para o topo do metal já no molde. O substrato resultante formado da liga dentro da câmara de alimentação 34 terá uma cobertura no topo e no fundo feita da liga dentro da câmara de alimentação 42.

10 Para garantir a ligação adequada na interface de quaisquer duas camadas sucessivas o procedimento a seguir deve ser seguido: a temperatura da superfície da camada base após a introdução da nova camada subsequente, que é uma composição diferente da camada base, deve ser menor que a temperatura líquida (T_{liq}) e maior que a temperatura eutética (T_{eut})

15 – 50°C onde T_{liq} é a temperatura líquida da camada base e T_{eut} é a temperatura eutética da camada base. Esse procedimento não é limitado a apenas coberturas. Esse procedimento permite o lingotamento de ligas múltiplas seqüencialmente para criar um produto lingote de camadas múltiplas.

Uma outra modalidade de um molde 84 está ilustrado na figura
20 8. O molde 84 inclui quatro lados, com três lados 86, 88, 90 ilustrados. Os lados 86, 88, 90, e o quarto lado substancialmente idêntico, mas não mostrado, podem ser isolados. O fundo do molde 84 é formado por um tecido 92, que pode ser feito do mesmo material que o transportador do fundo 20 da modalidade anterior 10. Um substrato de fundo 94 é estruturado para mover-
25 se entre uma posição superior ilustrada em linhas sólidas na figura 8, onde apóia o tecido 92, e uma posição inferior, ilustrada em linhas pontilhadas na figura 8, onde o substrato é removido do tecido 92 a uma distância suficiente de forma que as caixas de pulverização 96, 98, possam ser posicionadas entre eles. As caixas de pulverização 96, 98, são estruturadas para serem
30 movidas de uma posição abaixo do tecido 92 até uma posição onde o movimento do substrato 94 entre suas posições superior e inferior é permitido. As caixas de pulverização 96, 98, fornecerão, portanto, ar, água, ou uma mistu-

ra de ambos, ou possivelmente outros meios de resfriamento, ou para o fundo do substrato 94 ou para o fundo do tecido 92, dependendo se o substrato 94 está acima ou abaixo das caixas de pulverização 96, 98.

No uso, o substrato 94 estará na sua posição superior, apoando 5 o tecido 92. O metal fundido será introduzido no molde 84, com o ar sendo aplicado ao fundo do substrato 94 para fornecer resfriamento. À medida que o molde 84 é preenchido com metal fundido, e o metal fundido no fundo se solidifica, as caixas de pulverização 96, 98, serão brevemente retiradas de sua posição sob o substrato 94, permitindo assim que o substrato 94 seja 10 removido de sua posição sob o tecido 92. As caixas de pulverização 96, 98 serão então colocadas de volta debaixo do tecido 92, de forma que elas possam aplicar ar, uma mistura de ar/água, ou água ao fundo do tecido 92, com quantidades crescentes de água sendo aplicadas ao fundo do tecido 92 à medida que o lingotamento progride.

15 As figuras 9 e 10 ilustram ainda uma outra modalidade de um molde 100 que pode ser usado para o método da presente invenção. O molde 100 inclui paredes laterais 102, 104, 106 e 108, que podem ser isoladas. O fundo inclui uma chapa de piso fixa 110 definindo uma abertura abaixo das paredes 102, 104, 106, 108, onde uma chapa de piso removível 112 pode 20 de ser inserida. A chapa de piso removível 112 pode ser de um material como cobre. A chapa de piso fixa 110 pode em algumas modalidades definir uma ranhura 114 para receber as bordas da chapa de piso removível 112, apoiando assim a chapa de piso removível 112. As paredes 102, 104, 106, 108, e a chapa de piso removível 112, definem uma cavidade de molde 116.

25 Uma câmara de alimentação de metal fundido 118 é definida pelas paredes 120, 122 e 124 juntamente com a parede 108 e a chapa de piso fixa 110. Uma porta 126 é definida dentro da parede 108, e nos exemplos ilustrados formada por um par de ranhuras definido dentro da parede 108. Um canal de alimentação 128 se estende de um forno de metal fundido até 30 um local diretamente acima da câmara de alimentação de metal fundido 118. Um tubo 130 se estende do canal de alimentação 128 até a câmara de alimentação de metal fundido 118.

Um tubo de distribuição de meios de resfriamento 132 é disposto abaixo da chapa de piso removível 112. O tubo de distribuição de meios de resfriamento 132 é preferivelmente configurado para pulverizar seletivamente ar, água, ou uma mistura de ar e água contra a chapa de piso removível 112. A modalidade ilustrada também inclui uma caixa de gordura 134 disposta abaixo da câmara de alimentação 118. Todo o molde 100 é apoiado na base 136.

No uso, a chapa de piso removível 112 estará contida dentro da ranhura 114. O metal fundido será introduzido do canal de alimentação 128 para a câmara de alimentação 118, até o nível de metal fundido dentro da câmara de alimentação 118 alcançar o fundo das ranhuras 126. As ranhuras 126, combinadas com uma taxa de alimentação adequadamente selecionada na câmara de alimentação 118 garantirão que a taxa de alimentação do metal fundido na cavidade do molde 116 seja controlada. À medida que o nível de metal fundido dentro da cavidade do molde 116 aumenta, a taxa de alimentação de metal fundido na câmara de alimentação 118 pode ser ajustada de forma que o metal fundido esteja fluindo para fora das ranhuras 126 diretamente no topo do metal fundido dentro da cavidade do molde 116, garantindo, portanto, um fluxo substancialmente horizontal de metal fundido na cavidade do molde 116. O meio de resfriamento será pulverizado contra a chapa de piso removível 112 através do tubo de distribuição do meio de resfriamento 132, começando com ar, e então mudando para uma mistura ar/água, e finalmente somente água. À medida que o metal fundido dentro do fundo da cavidade do molde 116 solidifica, a chapa de piso removível 112 pode ser removida, permitindo assim que o meio de resfriamento contate diretamente o lado inferior do lingote dentro da cavidade do molde 116.

Em um exemplo de processo de lingotamento conforme a presente invenção, uma liga de alumínio 7085 foi fundida em um lingote de 22,86 cm x 33,02 cm x 17,78 cm (9" x 13" x 7") usando-se um molde 100 conforme mostrado nas figuras 9-10. A temperatura inicial do metal foi de 693,33°C (1280°F). A chapa de piso removível 112 foi feita de uma chapa de aço inoxidável com espessura de 1,27 cm (0,5"). Pares termoelétricos foram

colocados ao longo da linha central do lingote a 6,35 mm (0,25 polegada), 19,05 mm (0,75 polegada), 5,08 cm (2 polegadas), e 10,16 cm (4 polegadas) da chapa de piso removível 112. A cavidade do molde 116 foi inicialmente preenchida a uma taxa de 5,08 cm (2 polegadas) a cada 30 segundos, com 5 a taxa de enchimento diminuindo à medida que o lingotamento progredia. A taxa inicial de fluxo de água foi de 0,946 l (0,25 galões) por minuto, na forma de uma mistura combinada de ar/água. A chapa de piso removível 112 foi removida quando o par termoelétrico localizado a 6,35 mm (0,25 polegada) da chapa de piso removível 112 leu 582,22°C (1080°F). Nesse ponto, a taxa 10 de fluxo de água foi aumentada para 3,785 l (1 galão) por minuto.

A figura 11 mostra a taxa de resfriamento em cada um dos quatro pares termoelétricos. Como pode ser visto dessa figura, a taxa de resfriamento variou de 0,83 a 1,18°C/s (1,5 a 2,12°F/s), uma taxa de resfriamento substancialmente uniforme.

15 A figura 12 é um gráfico mostrando os estresses residuais através de uma seção transversal do lingote. Esses dados foram coletados cortando-se o lingote ao meio na direção de 22,86 cm (9"), e então medindo-se a deformação de superfície resultante à medida que os estresses dentro do material relaxaram. Com a exceção de um estresse de tensão no canto inferior esquerdo da figura 12, e um compreensível estresse na posição inferior central da figura 12, a magnitude dos estresses através do lingote é de 4,136 a 20,684 MPa (0,6 a 3 ksi). O maior estresse compressivo no centro do fundo do lingote é de pouca importância, porque estresse compressivo geralmente não resulta em fratura. Os altos estresses compressivos neste local e 20 os altos estresses de tensão no canto inferior esquerdo são provavelmente o resultado do metal fundido ser impingido primeiramente ao substrato nessas posições, resultando na formação de grânulos frios e possivelmente outros defeitos. O mais alto estresse de tensão foi de 4,136 MPa ($+6e^{+02}$ PSI).

30 Em relação à figura 13, são ilustrados os estresses residuais através da seção transversal de um lingote fundido por DC de uma liga de alumínio 7085 com 10,16 cm (4 polegadas) por 33,02 cm (13 polegadas). Como mostra a figura, os estresses residuais resultantes do lingotamento

DC ora executada pode ser alto, da ordem de 68,95 MPa (10 ksi). Entretanto, os estresses neste lingote foram provavelmente ainda maiores, porque o lingote ainda teve uma fratura longitudinal quando o estresse foi medido, o que teria relaxado esses estresses. Conforme usado na figura, sigma refere-se a estresse de tensão ou compressivo, tau refere-se a estresse a prumo, LT refere-se à direção substancialmente paralela ao comprimento, e ST refere-se à direção substancialmente paralela à espessura.

A aplicação de meios de resfriamento no fundo do molde, juntamente com, em algumas modalidades preferidas, o isolamento dos lados

10 12, 14, 16, 18, resulta em solidificação direcional do fundido a partir do fundo para o topo da cavidade do molde 19. Preferivelmente, a taxa de introdução de metal fundido na cavidade do molde 19, combinada com a taxa de resfriamento, serão controladas para manter cerca de 2,54 mm (0,1 polegada) até cerca de 25,4 mm (1 polegada) de metal fundido dentro da cavidade do molde 19 a qualquer momento. Em algumas modalidades, a zona mole entre o metal fundido e o metal solidificado pode ser também mantida a uma espessura substancialmente uniforme. Como resultado da solidificação direcional, da temperatura uniforme, e das seções finas de metal fundido e da zona mole, a macrossegregação é substancialmente reduzida ou eliminada.

20 Em relação à figura 14, é ilustrado um outro conjunto de molde 138. O conjunto de molde 138 inclui 140, 142, 144, e um quarto lado que não está ilustrado no desenho do corte, oposto ao lado 142. Todas as quatro paredes 140, 142, 144, e a parede não ilustrada podem ser isoladas, com o material isolante sendo preferivelmente grafite. O molde 138 também inclui 25 um fundo 146, que inclui preferivelmente uma pluralidade de aberturas 148 (melhor ilustradas na figura 15) tendo um diâmetro suficientemente grande para permitir a passagem de meios de resfriamento típicos tais como ar ou água, enquanto é também suficientemente pequeno para resistir à passagem do metal fundido através delas. Um diâmetro preferido para as aberturas 148 é de cerca de 0,4 mm (1/64 de polegada) até cerca de 2,54 cm (uma polegada). A cavidade do molde 150 é definida pelas paredes 140, 142, 144, a quarta parede, e o fundo 146. A parede 144 define uma ranhura, a borda

152 da ranhura sendo visível na figura 14.

A câmara de alimentação de metal fundido 154 é definida pelas paredes 156, 158, 160, uma quarta parede não ilustrada, e o fundo 162. Um canal de alimentação 164 se estende de um forno de metal fundido até um
5 local diretamente acima da câmara de alimentação de metal fundido 154. Um tubo 166 se estende do canal de alimentação 164 até a câmara de alimentação de metal fundido 154.

A porta 168 é uma estrutura em forma de H, tendo um par de membros ranhura verticais de fechamento 170, 172, conectados por um
10 membro horizontal 174 definindo um canal 176 através deles. O membro ranhura de fechamento 170 é estruturado para fechar substancialmente uma ranhura na parede 144 da cavidade de molde 150, enquanto o membro de fechamento 172 é estruturado para fechar substancialmente a ranhura definida dentro da parede 156 da câmara de alimentação de metal fundido 154.
15 A porta 168 é estruturada para deslizar entre uma posição inferior onde o canal 176 está localizado adjacente ao fundo 146 da cavidade de molde 150, e uma posição superior correspondente ao topo da cavidade do molde 150. Os membros de fechamento de ranhuras 170, 172, são estruturados para resistir ao fluxo de metal fundido através das ranhuras definidas nas paredes
20 144, 156, em qualquer ponto através do canal 176, independentemente da posição da porta 168.

Um tubo de distribuição de meio de resfriamento 178 é disposto abaixo do fundo 146. O tubo de distribuição de meio de resfriamento 178 é preferivelmente configurado para pulverizar seletivamente ar, água, ou uma
25 mistura de ar e água contra o fundo 146.

Um sensor laser 180 é colocado acima da cavidade do molde 150, e é preferivelmente estruturado para monitorar o nível de metal fundido dentro da cavidade do molde 150.

No uso, o metal fundido será introduzido através do canal de a-
30 limentação 164 na câmara de alimentação 154. O metal fundido pode então fluir através do canal 176 na cavidade do molde 150. À medida que o nível de metal fundido dentro da cavidade do molde 150 aumenta, a porta 168

será levantada de modo que o metal sempre fluia horizontalmente da câmara de alimentação 154 diretamente para o topo do metal fundido já na cavidade do molde 150. A taxa de alimentação de metal fundido para a cavidade do molde 150 pode ser diminuída à medida que o resfriamento progride para 5 controlar a taxa de resfriamento. Adicionalmente, o meio de resfriamento que flui do tubo de distribuição de meio de resfriamento 178 mudará de ar para uma mistura ar/água e para apenas água à medida que o lingotamento progride para controlar a taxa de resfriamento do metal fundido dentro da câmara de alimentação 150. Como o meio de resfriamento pode colidir diretamente 10 no metal dentro da câmara de alimentação 150, é desnecessário remover-se o fundo 146 durante o processo de lingotamento.

A figura 16 mostra uma vista isométrica de topo de um molde conforme outra modalidade da presente invenção, mostrando a porção perfurada do transportador abaixo do molde. Todos os elementos da figura 16 15 estão presentes e identificados pelas mesmas referências numerais conforme mostrado na figura 1. O molde 10 inclui quatro lados 12, 14, 16, 18, respectivamente, com uma cavidade de molde 19 definida ali. Os lados 12, 14, 16, 18, são preferivelmente isolados. Um fundo 20 pode ser formado por um transportador tendo uma porção perfurada 22 e uma porção em rede 24. O 20 transportador 20 é contínuo, enrolando-se em volta dos cilindros 26, 28, 30, 31, respectivamente, de forma que ou a porção perfurada 22 ou a porção em rede 24 podem ser seletivamente posicionadas sob os lados 12, 14, 16, 18. O transportador pode ser feito de qualquer material rígido que tenha uma alta condutividade térmica, com exemplos incluindo cobre, alumínio, aço inox 25 xidável, e Inconal.

A figura 17 mostra uma vista de topo isométrica parcialmente seccional do molde mostrado na figura 16, tomada ao longo das linhas 16-16 na figura 16.

A figura 18 mostra uma vista de topo isométrica parcialmente 30 seccional do molde mostrado na figura 16, onde a porção em rede do transportador está abaixo do molde.

As figuras 16, 17 e 18 são similares às figuras 1, 2 e 4. A princi-

pal diferença entre os dois jogos de figuras é que as figuras 1, 2 e 4 mostram uma porção sólida e uma porção em rede do transportador abaixo do molde, respectivamente, enquanto as figuras 16, 17 e 18 mostram uma porção perfurada e uma porção em rede do transportador debaixo do molde, respectivamente.

A figura 19A mostra um lingote de três camadas para um produto de chapa pelicular tendo uma liga 2024 prensada entre duas camadas de liga 1050. Aqui a liga 2024 tem uma temperatura líquida de 637,8°C (1180°F) e uma temperatura eutética de 501,7°C (935 °F), e a liga 1050 tem uma temperatura líquida de 647,8°C (1198°F) e uma temperatura eutética de 642,8°C (1189°F). Nesse exemplo, na fusão de uma camada com 19,05 mm (0,75") de espessura da primeira camada de liga 1050, uma camada de 8,89 cm (3,5") de espessura da liga de núcleo 2024 foi despejada a uma taxa controlada de 17,78 mm por minuto (0,7 ipm) garantindo que a temperatura da interface suba até um valor entre 620°C e 642,8°C (1148°F e 1189°F). Após fundir-se o material de núcleo, uma segunda camada de cobertura com espessura de 19,05 mm (0,75") de liga foi despejada garantindo que a temperatura da interface aumente até um valor entre 473,9°C e 637,8°C (885°F e 1180°F).

A figura 19B mostra uma microfotografia apresentando a interface entre a liga 2024 e a liga 1050 da porção marcada do lingote de três camadas da figura 19A. Isto mostra que a interface entre a liga 2024 e a liga 1050 está bem ligada.

A figura 20A mostra um lingote de três camadas para um produto chapa de soldagem tendo uma liga 3003 prensada entre duas camadas de liga 4343. Aqui, a liga 3003 tem uma temperatura líquida de 655°C (1211°F) e uma temperatura eutética de 633,9°C (117 3°F) e a liga 4343 tem uma temperatura líquida de 611,7°C (1133°F) e uma temperatura eutética de 575,5°C (1068°F). Nesse exemplo, no lingotamento de uma camada de 19,05 mm (0,75") de espessura da primeira camada de cobertura da liga 4343, uma camada de 8,89 cm (3,5") de espessura da liga de núcleo 4343 foi despejada a uma taxa controlada de 17,78 mm por minuto (0,7 ipm) ga-

rantindo que a temperatura da interface aumente até um valor entre 547,8°C (1018°F e 1083°F). Após o lingotamento do material de núcleo, uma segunda camada de cobertura de 19,05 mm (0,75") de espessura de liga foi despejada garantindo que a temperatura da interface subisse para um valor entre 606,1°C e 655°C (1123°F e 1211°F).

5 A figura 20B mostra uma microfotografia mostrando a interface entre a liga 3003 e a liga 4343 da porção marcada do lingote de três camadas na figura 20A. Isto mostra que a interface entre a liga 3003 e a liga 4343 está bem ligada.

10 Na presente invenção, o produto lingote de múltiplas camadas não é limitado a duas ou três camadas de ligas. O produto lingote de múltiplas camadas pode ter mais de três camadas de ligas.

15 A presente invenção, portanto, fornece um equipamento e um método para produzir lingotes solidificados direcionalmente, e resfriar esses lingotes a uma taxa de resfriamento controlada, relativamente constante. A invenção fornece a capacidade de fundir-se lingotes isentos de fraturas sem a necessidade de alívio de estresse. O método reduz ou elimina a macrossegregação, resultando em uma microestrutura uniforme através de todo o lingote. O método também produz lingotes tendo uma espessura substancialmente uniforme, e que pode ser mais fina que os lingotes fundidos usando-se outros métodos. A grande área de superfície em contato com o meio de resfriamento resulta em um resfriamento relativamente rápido, resultando em maior produtividade.

20 Embora modalidades específicas da invenção tenham sido descritas em detalhes, será notado por aqueles que são peritos na técnica que várias modificações e alternativas àqueles detalhes podem ser desenvolvidas à luz dos ensinamentos totais da descrição. Conseqüentemente, os arranjos particulares descritos são apenas ilustrativos e não são limitativos quanto ao escopo da invenção à qual é dada toda a abrangência das reivindicações anexas e todas e quaisquer de suas equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho de lingotamento para fundir metal **caracterizado por** compreender:

uma pluralidade de lados e um fundo (20, 146) definindo uma 5 cavidade de molde (19, 150), em que o fundo tem pelo menos duas superfícies, incluindo uma primeira superfície e uma segunda superfície;

pelo menos uma câmara de alimentação de metal (154) adjacente à cavidade de molde (19, 150);

10 pelo menos um aparelho de controle entre a câmara de alimentação (154) e a cavidade de molde (19, 150), o aparelho de controle sendo estruturado para controlar as taxas de fluxo de metal fundido sendo introduzido na cavidade de molde (19, 150),

em que o fundo compreende um substrato tendo (a) dimensões, e (b) uma pluralidade de aberturas (148), de modo que o fundo:

15 (i) permite que meios de resfriamento fluam através de aberturas (148) e diretamente contatem o metal, em que uma direção do fluxo do meio de resfriamento é a partir da primeira superfície do fundo na cavidade de molde (19, 150), e

20 (ii) simultaneamente opõe-se ao metal diretamente derramado inicialmente na segunda superfície do fundo de sair através das aberturas (148) da primeira superfície do fundo.

2. Aparelho de lingotamento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as aberturas (148) tem uma geometria que é equivalente à geometria de aberturas de rede.

25 3. Aparelho de lingotamento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as aberturas (148) tem uma geometria que é equivalente aos furos tendo um diâmetro equivalente de 0,4 mm (1/64") e de 2,54 cm (uma polegada).

30 4. Aparelho de lingotamento, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o fundo (20, 146) inclui rede sobre pelo menos uma porção de um da pluralidade de aberturas (148) da segunda superfície.

5. Método de lingotamento de metal para a operação do aparelho conforme definido na reivindicação 1, **caracterizado por** compreender as etapas de:

- proporcionar um molde (10) tendo um fundo (20, 146) que é relativamente móvel para proporcionar pelo menos duas superfícies diferentes e quatro lados (12, 14, 16, 18) definindo uma cavidade de molde (19, 150) neles, tendo pelo menos uma primeira entrada de metal fundido estruturada para introduzir um primeiro metal fundido horizontalmente sobre a cavidade do molde (19, 150), uma segunda entrada de metal fundido estruturada para introduzir um segundo metal fundido sobre uma cavidade de molde (19, 150);
- introduzir o metal fundido na porção de fundo da cavidade do molde (19, 150) através da primeira entrada;
- continuar a introduzir o metal fundido da entrada até a espessura desejada;
- introduzir o segundo metal fundido sobre o primeiro metal fundido; e
- direcionar simultaneamente um meio de resfriamento contra o fundo (20, 146) do substrato;
- em que o metal fundido é resfriado unidirecionalmente através de sua espessura.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a taxa de introdução do metal fundido na cavidade do molde (19, 150) é coordenada com a taxa de resfriamento.

- 25 7. Método, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a taxa de resfriamento é de 0,28°C/s (0,5°F/s) até 1,67°C (3°F/s).

- 30 8. Método, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a taxa de introdução de metal fundido na cavidade do molde (19, 150) diminui à medida que o lingotamento progride.

9. Método de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a taxa de resfriamento diminui de 1,67°C (3°F/s) até 0,28°C/s

(0,5°F/s) à medida que o lingotamento progride.

10. Método, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a taxa de introdução do metal fundido na cavidade do molde é de 1,27 cm/minuto (0,5 polegada/minuto) até 10,16 cm/minuto (4 polegadas/minuto).

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a taxa de introdução de metal fundido na cavidade do molde (19, 150) é reduzida à medida que o lingotamento progride.

12. Método, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que a taxa de introdução de metal fundido na cavidade do molde (19, 150) diminui de 10,16 cm/minuto (4 polegadas/minuto) até 1,27 cm/minuto (0,5 polegada/minuto) à medida que o lingotamento progride.

13. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a taxa de aplicação do meio de resfriamento é aumentada à medida que o lingotamento progride.

14. Método, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o meio de resfriamento é aplicado por pulverização contra o fundo (20, 146) do molde (10).

15. Método, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que pelo menos um material dentro do meio de resfriamento é selecionado do grupo consistindo em ar, água, e mistura de ar/água.

16. Método, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que o lingotamento começa com ar sendo usado como meio de resfriamento, com o meio de resfriamento mudando primeiramente para uma mistura de ar/água e então para água à medida que o lingotamento progride.

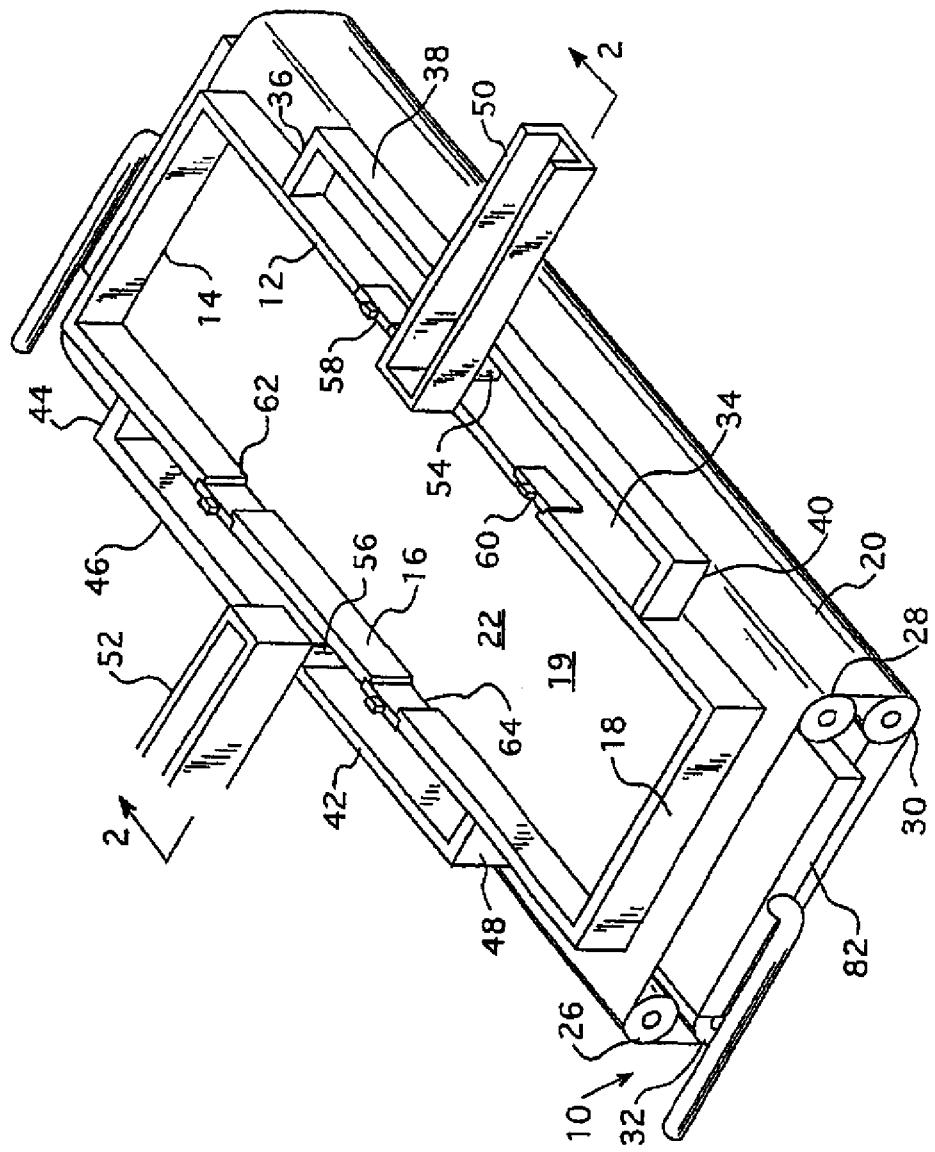


FIG 1

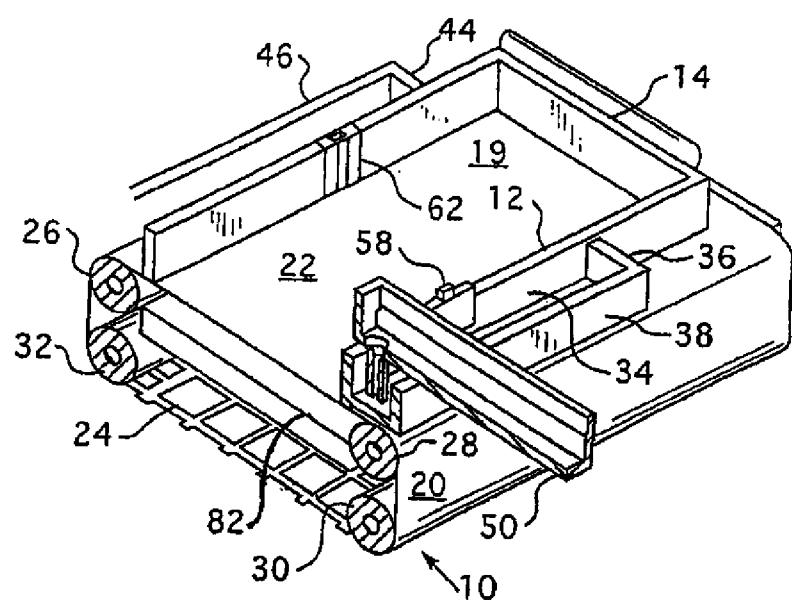


FIG 2

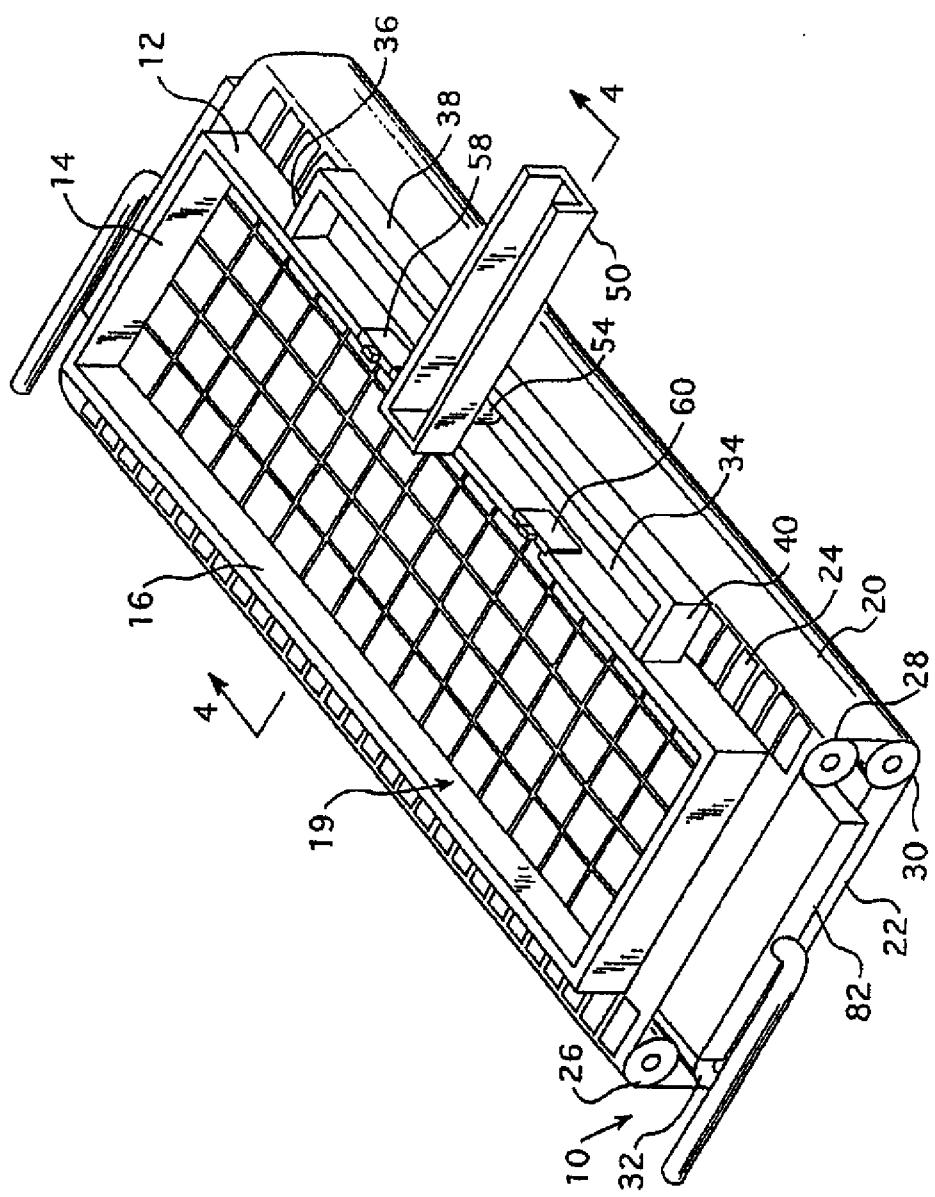


FIG 3

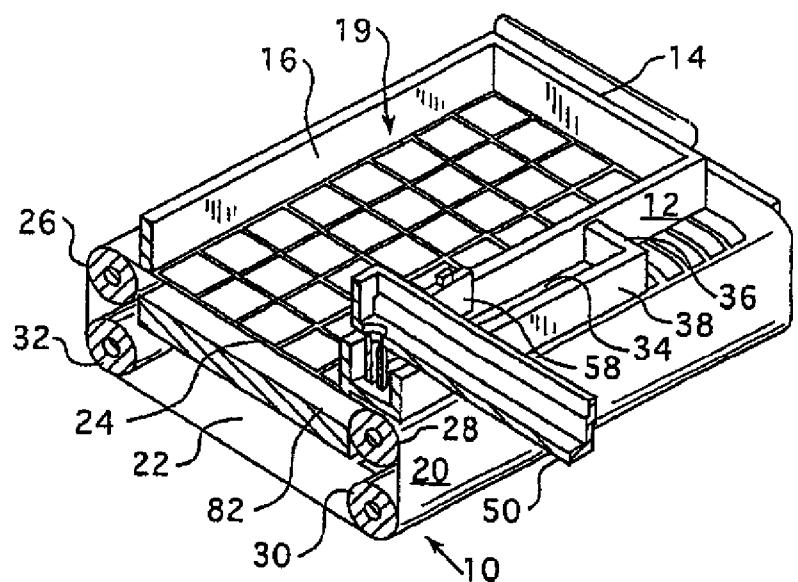


FIG 4

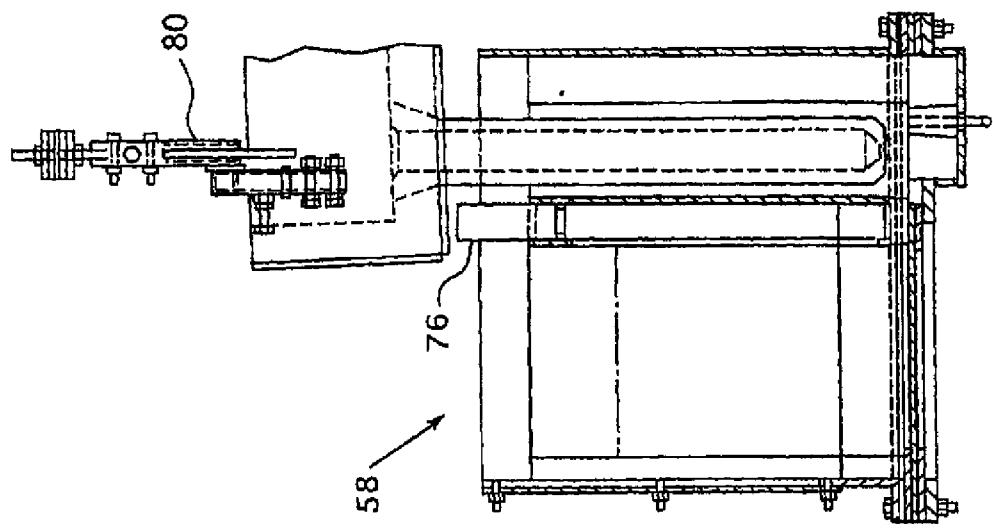
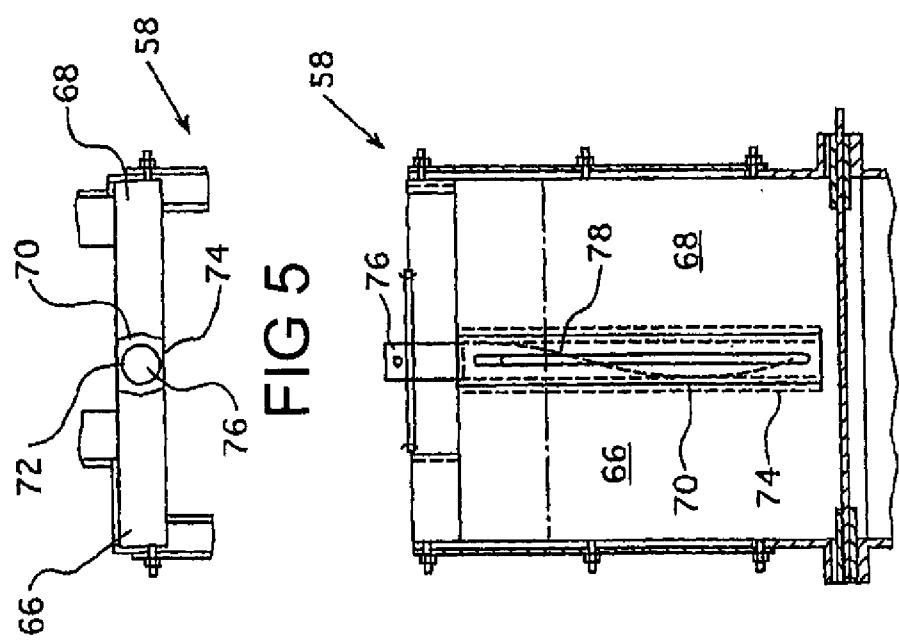


FIG 7



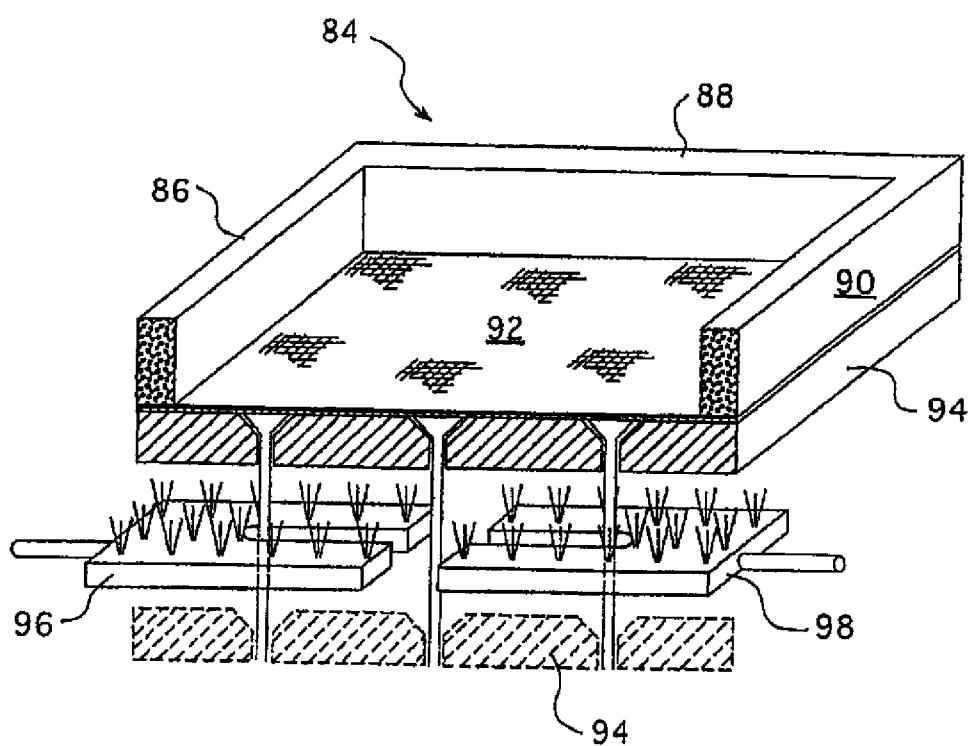


FIG 8

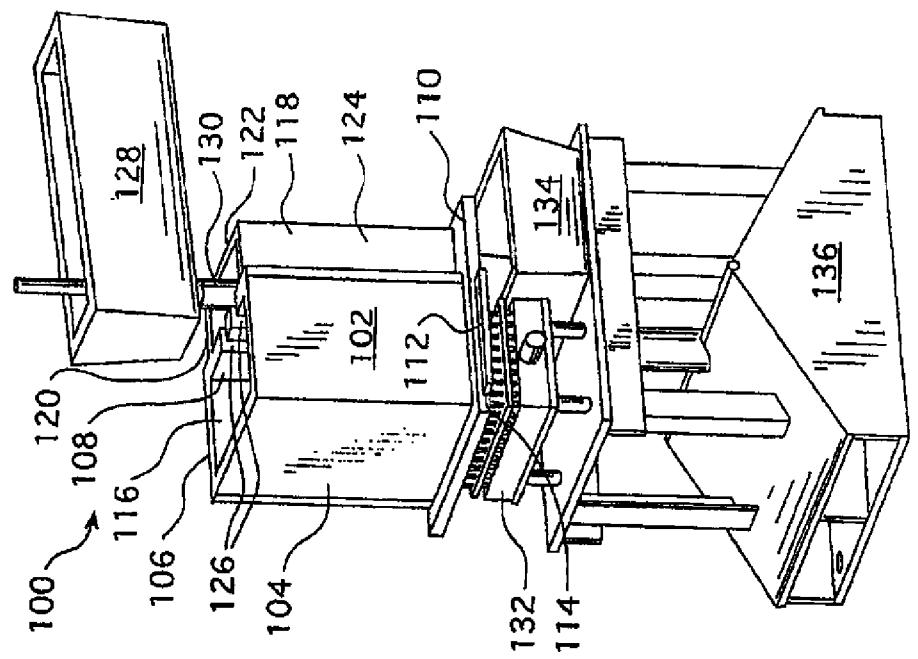


FIG 10

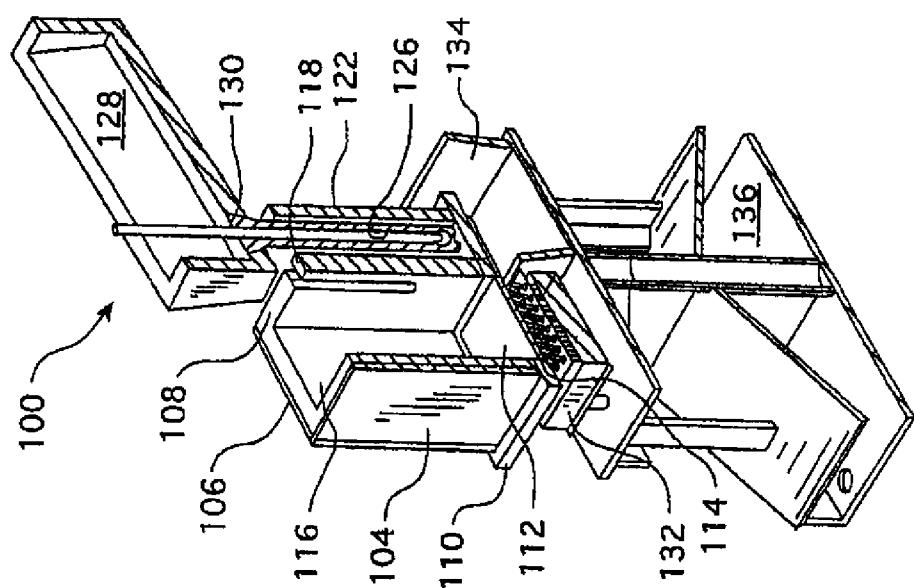


FIG 9

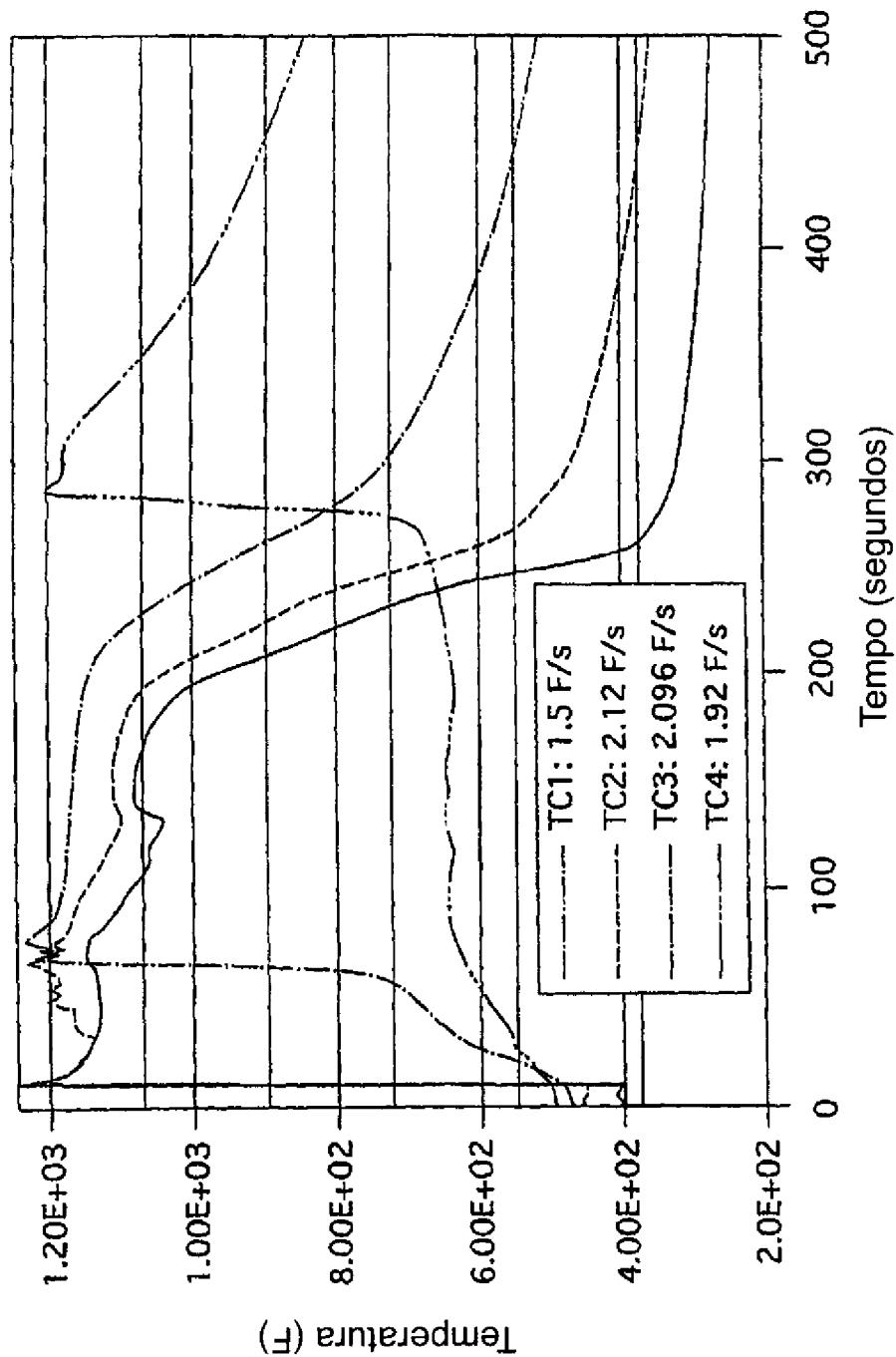
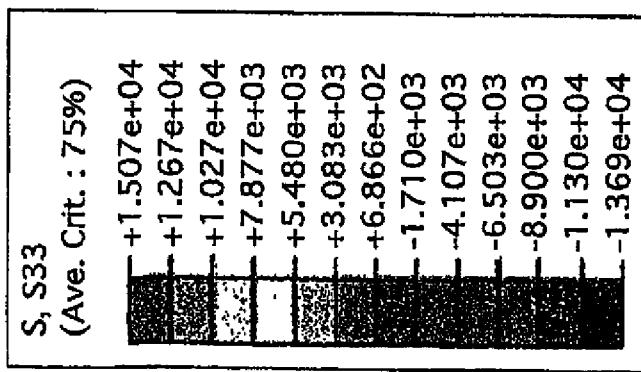
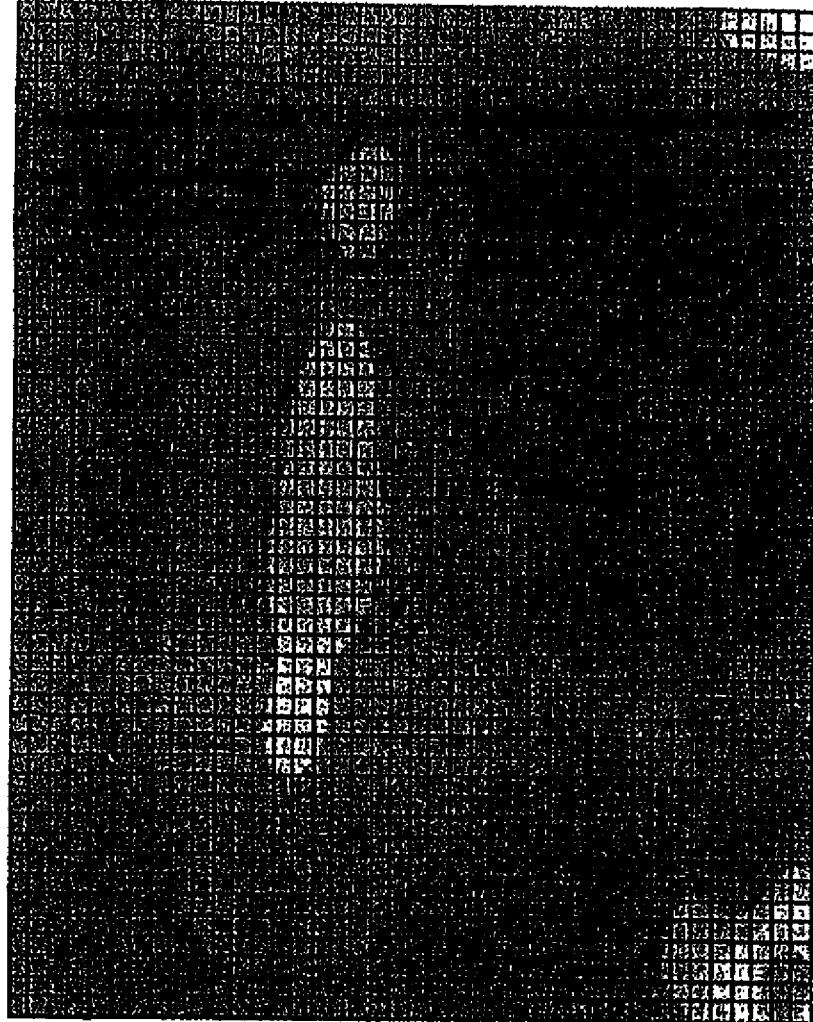


FIG 11



1 ODB: Part CD4mmGridn7v2.odb ABAQUS/ Padrão 6.3 1 Thu Dec 09 11:06:09 EST
 Etapa: Etapa -1
 Incremento 1: Tempo de etapa = 1,000
 PrimárioVar: S, S33

FIG 12

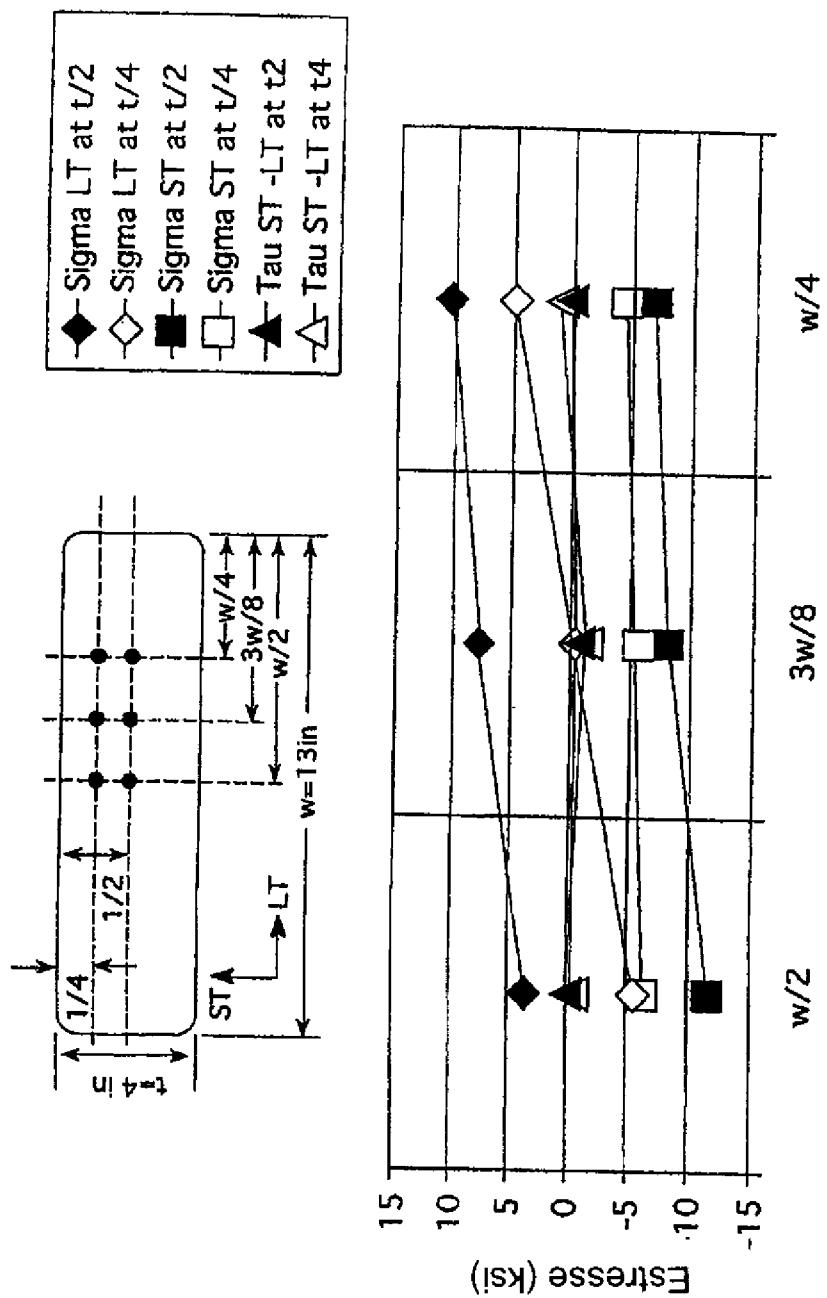


FIG 13

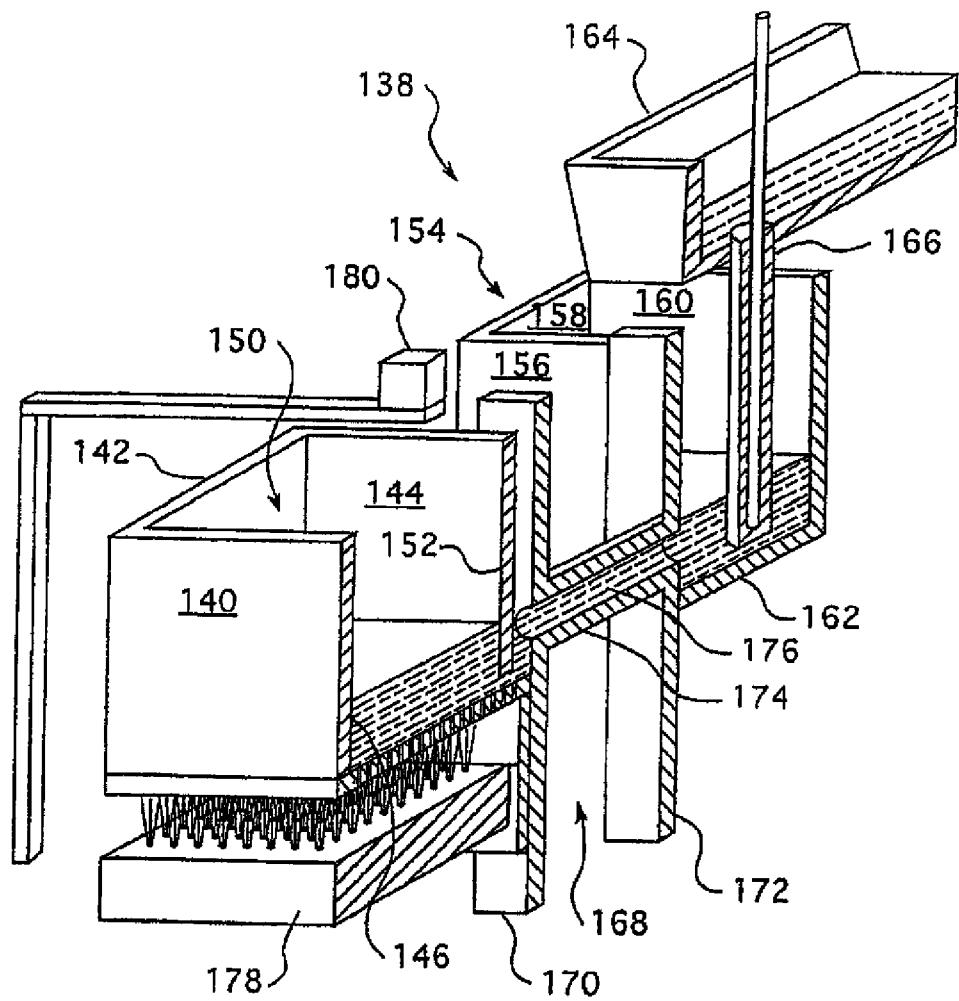


FIG 14

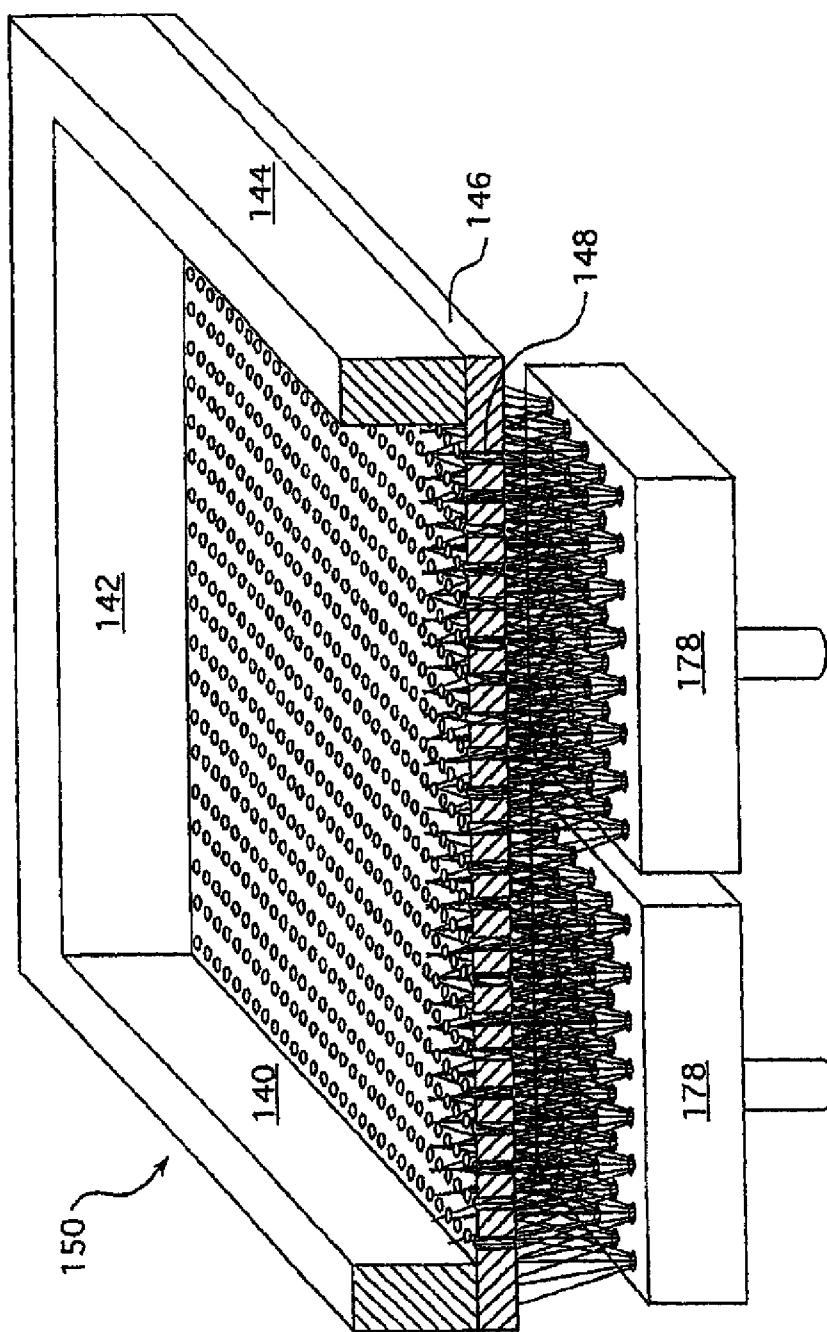


FIG 15

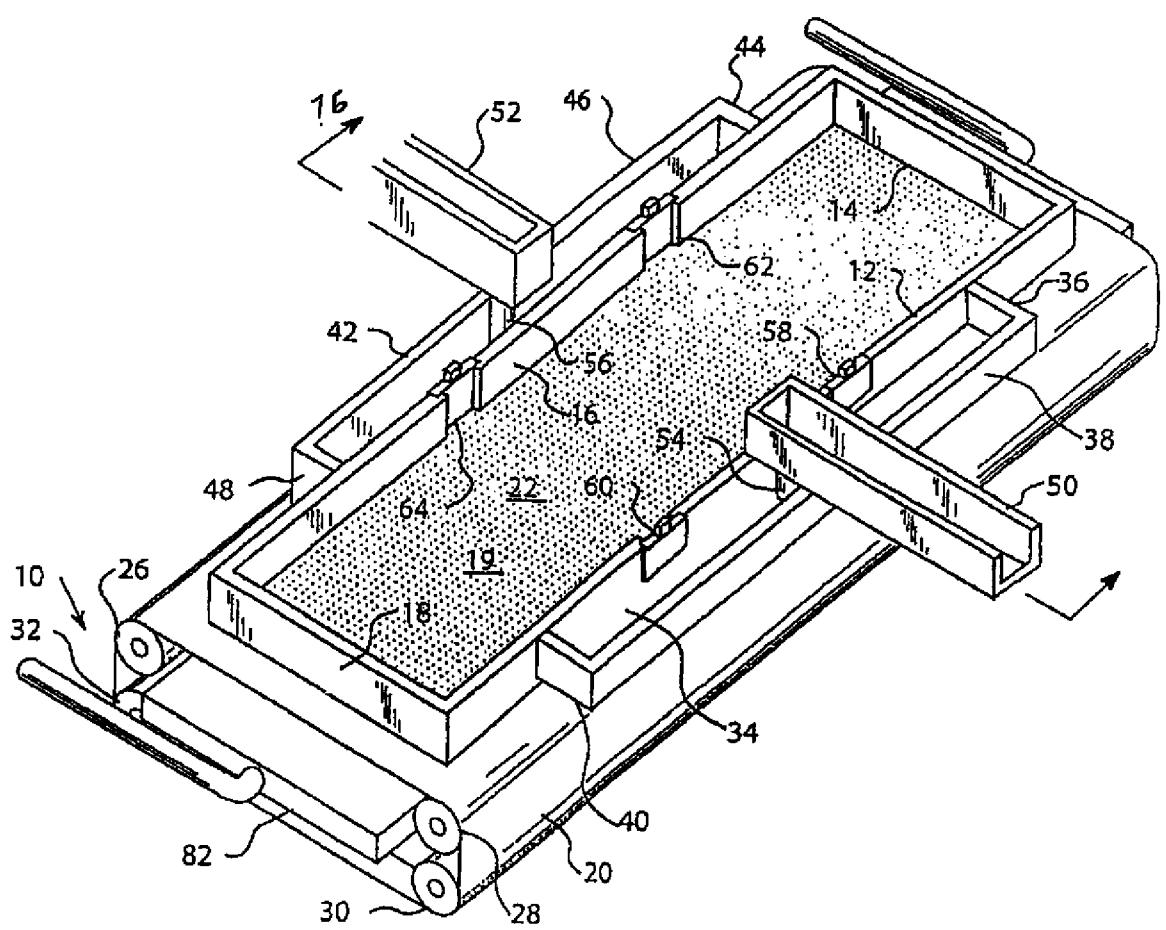


FIG 16

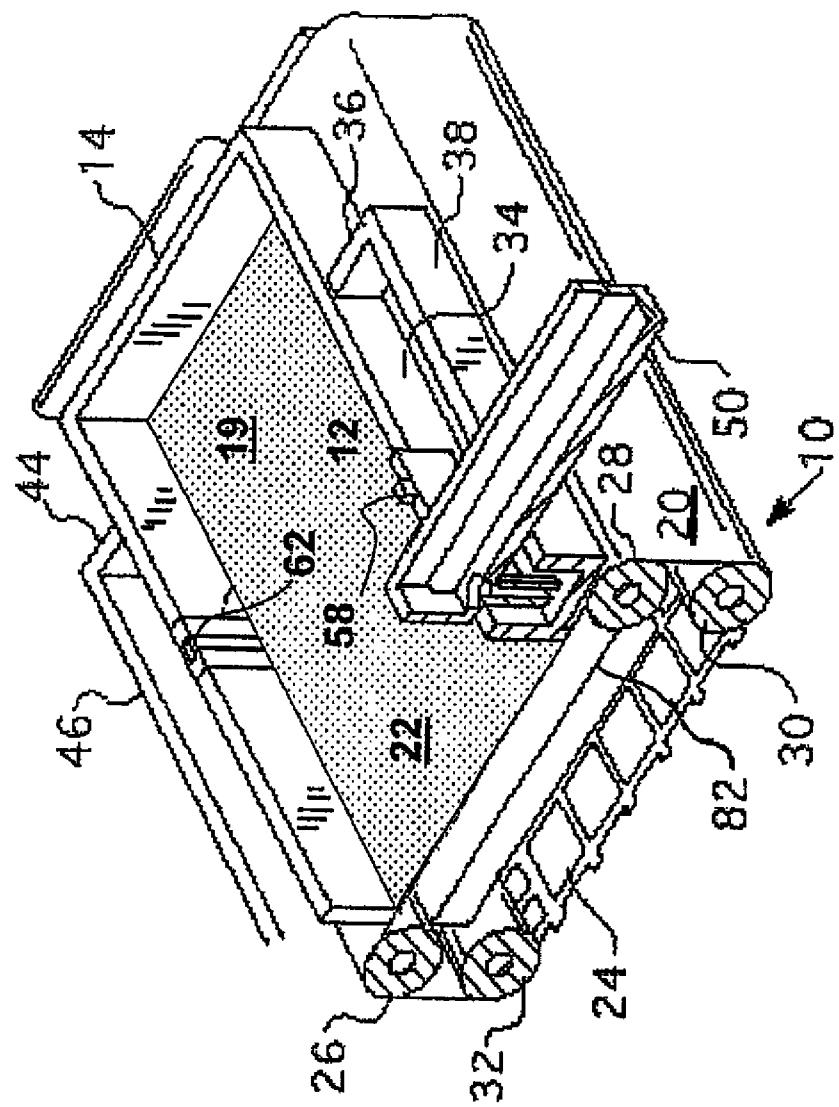


FIG 17

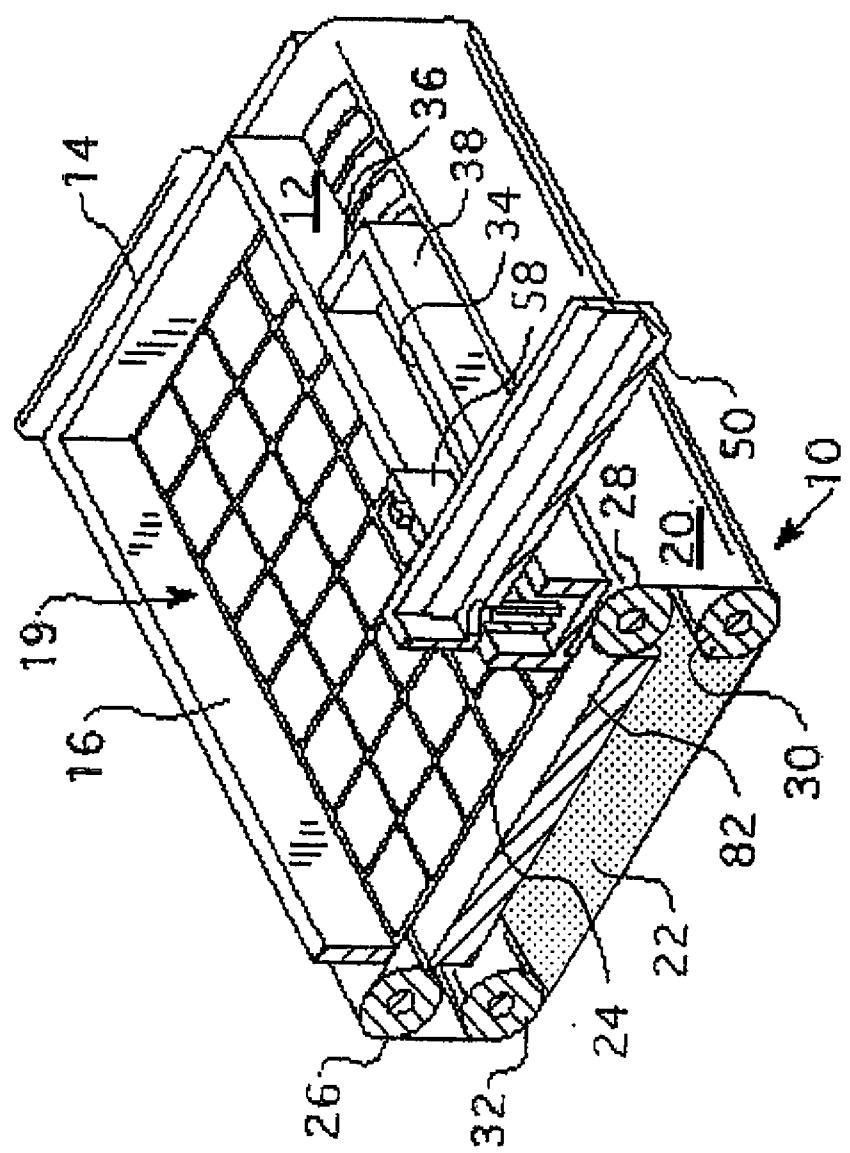


FIG 18

Chapa Skin

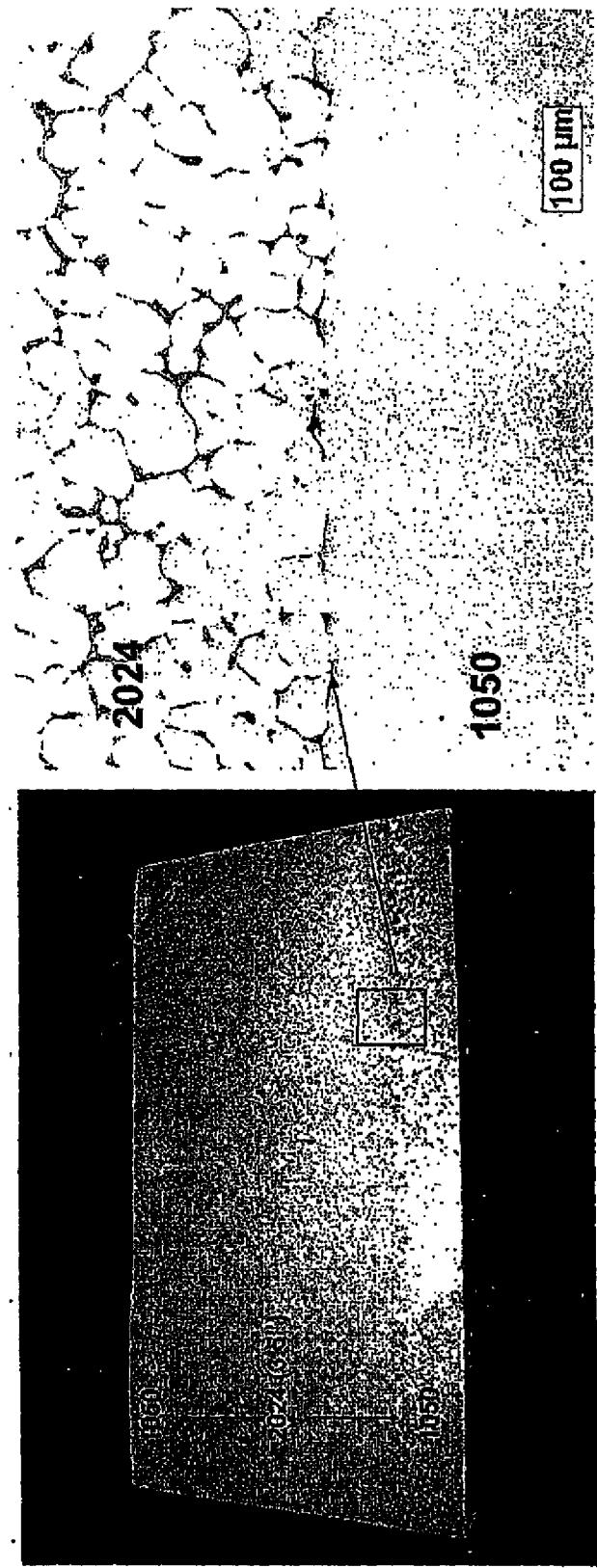


FIG 19A

FIG 19B

Chapa de soldagem

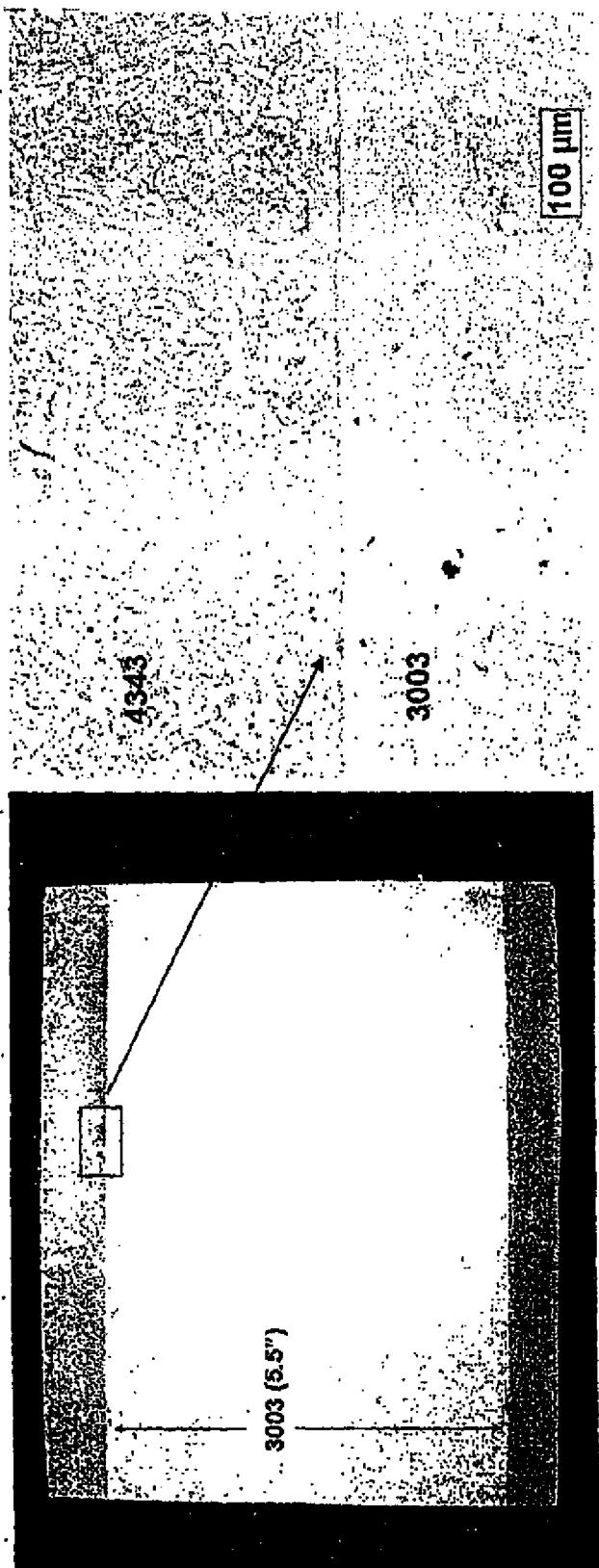


FIG 20A

FIG 20B

RESUMO

Patente de Invenção: "**APARELHO DE LINGOTAMENTO PARA FUNDIR METAL E MÉTODO DE LINGOTAMENTO DE METAL PARA A OPERAÇÃO DO APARELHO**".

5 A presente invenção refere-se a um metal fundido é injetado uniformemente em um molde (10) a partir de uma câmara de alimentação (154) em uma direção horizontal ou vertical a uma taxa controlada, diretamente sobre o topo do metal já dentro do molde. É aplicado um meio de resfriamento à superfície inferior do substrato com o tipo e a taxa de fluxo do meio
10 10 de resfriamento sendo variados para produzir uma taxa de resfriamento controlada através do processo de lingotamento. A taxa de introdução de metal fundido e a taxa de fluxo do meio de resfriamento são ambas controladas para produzir uma taxa de solidificação relativamente uniforme dentro do molde, produzindo assim uma microestrutura uniforme através do fundido, e
15 15 baixo estresse através do fundido. Um produto lingote de múltiplas camadas é também fornecido, compreendendo uma camada de liga base e pelo menos uma primeira camada de liga adicional, as duas camadas tendo composições de ligas diferentes, onde a primeira camada de liga adicional é ligada diretamente à camada de liga base pela aplicação de uma primeira liga adicional no estado fundido à superfície da liga base enquanto a temperatura da superfície da liga base é menor que a temperatura líquida e maior que a temperatura eutética da liga base – 50 graus Celsius.
20