



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

**(21) PI 0807385-6 A2**



\* B R P I 0 8 0 7 3 8 5 A 2 \*

**(22) Data de Depósito: 21/02/2008**  
**(43) Data da Publicação: 20/05/2014**  
**(RPI 2263)**

**(51) Int.Cl.:**  
B22D 7/02  
B22D 15/04  
B22D 21/04  
B22D 7/08  
B22D 7/12  
B22D 9/00

---

**(54) Título: APARELHO E MÉTODO PARA LINGOTAR**   **(57) Resumo:**  
UM LINGOTE DE METAL.

**(30) Prioridade Unionista:** 28/02/2007 US 60/904212

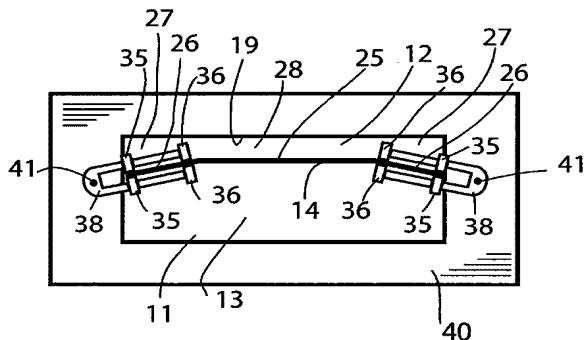
**(73) Titular(es):** Novelis INC.

**(72) Inventor(es):** Robert Bruce Wagstaff

**(74) Procurador(es):** Momsen, Leonardos & Cia.

**(86) Pedido Internacional:** PCT CA2008000332 de  
21/02/2008

**(87) Publicação Internacional:** WO 2008/104052de  
04/09/2008



## REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho para lingotar um lingote de metal compósito, caracterizado pelo fato de que compreende:

uma cavidade do molde o geral retangular aberta na extremidade que tem uma parte de extremidade de entrada, uma abertura de extremidade de descarga e um bloco inferior móvel adaptado para se encaixar na abertura da extremidade de descarga e mover-se axialmente do molde durante o lingotamento, a dita cavidade do molde tendo paredes laterais opostas e paredes de extremidade opostas adaptadas para lingotar um lingote compósito no geral retangular com faces opostas e extremidades opostas;

um elemento divisor longitudinal posicionado na dita cavidade do molde e estendendo-se através da cavidade em direção às suas paredes de extremidade opostas, dividindo assim pelo menos a parte de extremidade de entrada da cavidade do molde em primeira e segunda câmaras de alimentação, o dito elemento divisor sendo flexível em direções a favor e contra as ditas paredes laterais da cavidade do molde;

um primeiro arranjo de alimentação de metal em fusão para alimentar metal em fusão para uma primeira camada do dito lingote compósito em uma das ditas câmaras de alimentação;

20 um segundo arranjo de alimentação de metal em fusão para alimentar metal em fusão para uma segunda camada do dito lingote compósito na dita segunda câmara de alimentação; e

25 equipamento de flexão que age no dito elemento divisor para produzir flexão de pelo menos uma parte central do dito elemento divisor a favor e contra uma das ditas paredes laterais opostas.

2. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito elemento divisor tem partes de extremidade opostas, uma em cada lado da dita parte central, as ditas partes de extremidade sendo orientadas em relação à dita parte central de maneira tal que a dita segunda

camada do dito lingote compósito que emerge na dita extremidade de descarga da dita cavidade do molde tenha regiões de extremidade adjacentes às ditas extremidades opostas do dito lingote de maior espessura que uma região central posicionada entre as ditas regiões de extremidade.

5                   3. Aparelho, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o dito equipamento de flexão age somente na dita parte central do dito divisor, as ditas partes de extremidade permanecendo não flexionadas durante o lingotamento.

10                 4. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que guias para o dito elemento divisor são posicionadas em locais onde as ditas partes de extremidade encontram a dita parte central, as ditas guias sendo adaptadas para impedir que flexão da dita parte central cause flexão das ditas partes de extremidade.

15                 5. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que inclui um suporte para dito elemento divisor, dito suporte sendo móvel durante lingotamento para deslizar com dito elemento divisor aproximando-se e afastando-se da dita uma das ditas paredes laterais da cavidade do molde.

20                 6. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que ele inclui dois destes elementos divisores.

7. Aparelho, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que guias para o dito divisor compreendem roletes.

25                 8. Método para lingotar um lingote de metal com uma camada de metal interna e pelo menos uma camada externa, compreendendo prover um molde de lingotamento de resfriamento direto com uma cavidade do molde dividida em pelo menos duas câmaras por pelo menos um elemento divisor, introduzir separadamente metal em fusão nas pelo menos duas câmaras para produzir um lingote lingotado incluindo as ditas camadas e tendo uma região de topo, uma região de base, regiões laterais e uma região

central entre as regiões de topo, base e de extremidade, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma parte central de dito pelo menos um elemento divisor é flexionada dentro da dita cavidade de lingotamento em diferentes momentos durante o lingotamento.

5                   9. Aparelho para lingotar um lingote de metal compósito, caracterizado pelo fato de que compreende:

uma cavidade do molde no geral retangular aberta na extremidade que tem uma parte de extremidade de entrada, uma abertura de extremidade de descarga e um bloco inferior móvel adaptado para se encaixar na extremidade de descarga e mover-se axialmente do molde durante o lingotamento, a dita cavidade do molde tendo paredes laterais opostas e paredes de extremidade opostas adaptadas para lingotar um lingote compósito no geral retangular com faces opostas e extremidades opostas;

15                  um divisor posicionado na dita cavidade do molde e estendendo-se através da cavidade em direção às suas paredes de extremidade opostas, dividindo assim pelo menos a parte de extremidade de entrada da cavidade do molde em primeira e segunda câmaras de alimentação;

20                  um primeiro arranjo de alimentação de metal em fusão para alimentar metal em fusão para uma primeira camada do dito lingote compósito em uma das ditas câmaras de alimentação;

um segundo arranjo de metal em fusão para alimentar metal em fusão para uma segunda camada do dito lingote compósito na dita segunda câmara de alimentação;

25                  em que o dito divisor tem uma parte central e duas partes de extremidade opostas, as ditas partes de extremidade sendo orientadas em relação à dita parte central de maneira tal que a dita segunda camada do dito lingote compósito que emerge na dita extremidade de descarga da dita cavidade do molde tenha regiões de extremidade adjacentes às ditas extremidades opostas do dito lingote de maior espessura que uma região

central posicionada entre as ditas regiões de extremidade;

em que o dito divisor é flexível, pelo menos na dita parte central, e o dito aparelho inclui elementos de posicionamento móveis que agem no dito elemento divisor para fazer com que a dita parte central mude entre orientações planas e curvas.

10. Aparelho, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que ele inclui um suporte móvel para o dito divisor, o dito suporte sendo adaptado para deslizar com o dito divisor a partir de uma posição mais distante de uma das ditas paredes laterais para uma posição mais próxima da dita uma das ditas paredes laterais dentro da dita parte de extremidade de entrada da dita cavidade do molde.

11. Aparelho, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que guias para o dito divisor são posicionadas em locais onde as ditas partes de extremidade encontram a dita parte central, as ditas guias sendo adaptadas para impedir que a flexão da dita parte central cause flexão das ditas partes de extremidade.

12. Método para lingotar um lingote de metal com uma camada de metal interna e pelo menos uma camada externa, caracterizado pelo fato de que compreende prover um molde de lingotamento de resfriamento direto tendo paredes laterais opostas e paredes de extremidade opostas definindo uma cavidade de molde dividida em pelo menos duas câmaras por pelo menos um divisor, e introduzir separadamente metal em fusão nas pelo menos duas câmaras para produzir um lingote com as ditas camadas, em que o dito pelo menos um divisor tem uma parte central e duas partes de extremidade opostas, e em que as ditas partes de extremidade são anguladas em relação à dita parte central durante o lingotamento para fazer com que a dita pelo menos uma camada externa fique mais espessa adjacente às ditas bordas do lingote do que no seu centro, em que a dita parte central é flexionada durante o lingotamento em direção a uma das ditas paredes laterais

opostas por um momento durante o lingotamento.

13. Aparelho para lingotar um lingote de metal compósito, caracterizado pelo fato de que compreende:

uma cavidade do molde no geral retangular aberta na extremidade que tem uma parte da extremidade de entrada, uma abertura de extremidade de descarga e um bloco inferior móvel adaptado para se encaixar na abertura da extremidade de descarga e mover-se axialmente do molde durante o lingotamento, a dita cavidade do molde tendo paredes laterais opostas e paredes de extremidade opostas adaptadas para lingotar um lingote compósito retangular com faces opostas e extremidades opostas;

um divisor posicionado na dita cavidade do molde e estendendo-se através da cavidade em direção às suas paredes de extremidade opostas, dividindo assim pelo menos a parte de extremidade de entrada da cavidade do molde em primeira e segunda câmaras de alimentação;

um primeiro arranjo de alimentação de metal em fusão para alimentar metal em fusão para uma primeira camada do dito lingote compósito em uma das ditas câmaras de alimentação;

um segundo arranjo de alimentação de metal em fusão para alimentar metal em fusão para uma segunda camada do dito lingote compósito na dita segunda câmara de alimentação; e

um suporte para o dito divisor, o dito suporte sendo móvel para deslizar a partir de uma posição mais distante de uma das ditas paredes laterais para uma posição mais próxima da dita uma das ditas paredes laterais, permitindo assim que o dito divisor mova-se em momentos durante o lingotamento em relação à dita cavidade do molde em direções aproximando-se e afastando-se da dita uma das ditas paredes laterais da cavidade do molde.

14. Aparelho, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o dito divisor é um elemento divisor e o dito suporte é fixo em relação à dita cavidade do molde, mas inclui uma parte que é móvel para

fazer com que o dito elemento divisor se flexione aproximando-se e afastando-se de uma das ditas paredes laterais da cavidade do molde.

15. Aparelho, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o dito divisor tem uma parte central e duas partes de extremidade opostas, as ditas partes de extremidade sendo orientadas em relação à dita parte central de maneira tal que a dita segunda camada do dito lingote compósito que emerge na dita extremidade de descarga da dita cavidade do molde tenha regiões de extremidade adjacentes às ditas extremidades opostas do dito lingote de maior espessura que uma região central posicionada entre as ditas regiões de extremidade.

16. Aparelho, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que o dito divisor é flexível em direções aproximando-se e afastando-se das ditas paredes laterais opostas da cavidade do molde, e em que o dito suporte inclui equipamento de flexão agindo sobre o dito divisor para produzir flexão de pelo menos uma parte central do dito divisor aproximando-se e afastando-se de uma das ditas paredes laterais opostas em diferentes momentos durante o lingotamento.

17. Aparelho, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que as guias para o dito divisor são posicionadas em locais onde as ditas partes de extremidade encontram a dita parte central, as ditas guias sendo adaptadas para impedir que a flexão da dita parte central cause flexão das ditas partes de extremidade.

18. Aparelho, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o dito divisor tem uma parte central e duas partes de extremidade opostas, as ditas partes de extremidade sendo orientadas em relação à dita parte central de maneira tal que a dita segunda camada do dito lingote compósito que emerge na dita extremidade de descarga da dita cavidade do molde tenha regiões de extremidade adjacentes às ditas extremidades opostas do dito lingote de maior espessura que uma região

central posicionada entre as ditas regiões de extremidade, e em que a dita parte central do dito divisor é flexível em direções aproximando-se e afastando-se das ditas paredes laterais opostas da cavidade do molde, e o dito suporte inclui equipamento de flexão que age na dita parte central do dito divisor para permitir flexão de pelo menos uma parte central do dito divisor aproximando-se e afastando-se de uma das ditas paredes laterais opostas da dita cavidade do molde.

19. Método para lingotar um lingote de metal com uma camada de metal interna e pelo menos uma camada externa, caracterizado pelo fato de que compreende prover um molde de lingotamento de resfriamento direto com uma cavidade do molde dividida em pelo menos duas câmaras por pelo menos um elemento divisor, e introduzir separadamente metal em fusão nas pelo menos duas câmaras para produzir um lingote com as ditas camadas, em que o dito pelo menos um elemento divisor tem uma parte central e duas partes de extremidade opostas, e em que as ditas partes de extremidade são anguladas em relação à dita parte central durante o lingotamento para fazer com que a dita pelo menos uma camada externa fique mais espessa adjacente às ditas bordas do lingote do que no seu centro.

## “APARELHO E MÉTODO PARA LINGOTAR UM LINGOTE DE METAL”

### CAMPO TÉCNICO

Esta invenção diz respeito ao lingotamento de metais, 5 particularmente alumínio e ligas de alumínio, por técnicas de lingotamento com resfriamento direto. Mais particularmente, a invenção diz respeito ao co-lingotamento de camadas de metal por lingotamento com resfriamento direto.

### FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Lingotes de metais são normalmente produzidos por 10 lingotamento com resfriamento direto (DC) de metais em fusão em que metal em fusão é vazado em um molde com uma extremidade superior aberta e (depois do início) uma extremidade inferior aberta. O metal emerge na extremidade inferior do molde à medida que o lingote de metal desce enquanto a operação de lingotamento tem continuidade. Em outros casos, o 15 lingotamento ocorre horizontalmente, mas o procedimento é essencialmente o mesmo. Tais técnicas de lingotamento são particularmente adequadas para o lingotamento de alumínio e ligas de alumínio, mas são igualmente adequadas para o lingotamento de outros metais.

Técnicas de lingotamento deste tipo são discutidas 20 extensivamente na patente U.S. 6.260.602 de Wagstaff, que diz respeito exclusivamente ao lingotamento de lingotes monolíticos, isto é, lingotes produzidos do mesmo material por meio de lingotamento como uma única camada ou lingote. Aparelhos e métodos para lingotar estruturas em camadas por lingotamento DC são revelados, por exemplo, na patente U.S. 6.705.384 25 de Kilmer et al., concedida em 16 de março de 2004, e na publicação de patente U.S. 2005/0011630 de Anderson et al., publicada em 20 de janeiro de 2005. A patente de Kilmer et al. faz uso de um elemento divisor metálico suspenso em um molde de resfriamento direto. O elemento divisor separa o molde em duas câmaras que podem ser supridas com diferentes metais em

fusão, e o elemento torna-se parte do lingote à medida que o metal em fusão se solidifica. Conseqüentemente, o elemento divisor é continuamente alimentado no molde pela extremidade de entrada à medida que a operação de lingotamento continua, de forma que parte do elemento divisor fique sempre 5 presente no molde para manter os banhos de metal em fusão separados um do outro. Ao contrário, a publicação de Anderson et al. emprega a assim chamada solidificação sequencial que exige o lingotamento de uma primeira camada (por exemplo, um lingote do núcleo) e deixar que ela resfrie até o ponto de formar uma superfície externa sólida (ou pelo menos semissólida) e 10 então, subsequentemente, mas na mesma operação de lingotamento, lingotar uma ou mais camadas de outro metal na superfície solidificada da primeira camada de metal. Isto pode ser conseguido provendo-se uma parede divisora mais fria na entrada do molde para dividir a entrada do molde em duas câmaras para receber alimentações de diferentes metais em fusão. A parede divisora permanece no lugar durante a operação de lingotamento e não fica 15 incorporada no lingote solidificado. O comprimento da parede divisora (na direção axial do molde) é grande o bastante para permitir que a primeira camada forme sua pele sólida antes de entrar em contato com o metal em fusão que forma camadas adicionais. A revelação das referências de Wagstaff, 20 Kilmer et al. e Anderson et al. estão aqui especificamente incorporadas por esta referência.

Lingotes produzidos por ambas estas técnicas de colingotamento, isto é, o uso de um elemento divisor suprido continuamente que 25 fica incorporado no lingote e a provisão de uma parede divisora resfriada, pode apresentar certas desvantagens, especialmente quando é para a laminação subsequente em produtos chapa, tal como tira para brasagem. Um problema é que uma camada de cobertura relativamente fina no lingote de núcleo mais espesso pode ser "varrida" durante a laminação nas extremidades de avanço e fuga do lingote (isto é, as extremidades de topo e base do

lingote). e também nos lados da largura do lingote. Esses fenômenos são referidos, respectivamente, como varredura de topo, base e borda, e envolvem uma compressão do metal da camada de cobertura além das extremidades ou lados do lingote nos pontos onde pressões de laminação localizadas podem 5 ser maiores que aquelas no restante do lingote. Um outro problema é que, em virtude de suspeitar-se que o lingote é submetido a diferentes dinâmicas de resfriamento durante o estágio principal da operação de lingotamento do que no início e final do lingotamento, de forma que o lingote em resfriamento é submetido a diferentes taxas de contração nesses estágios, a interface das 10 camadas pode tornar-se não plana no lingote lingotado final. Isto pode causar diferenças de espessura da camada de cobertura depois da laminação.

Portanto, existe uma necessidade de melhorias nos aparelhos e métodos de lingotamento deste tipo.

### REVELAÇÃO DA INVENÇÃO

15                   Uma modalidade exemplar da invenção fornece um aparelho para lingotar um lingote de metal compósito. O aparelho compreende uma cavidade do molde no geral retangular aberta na extremidade que tem uma parte de extremidade de entrada, uma abertura de extremidade de descarga e um bloco inferior móvel adaptado para se encaixar na abertura da 20 extremidade de descarga e mover-se axialmente do molde durante o lingotamento. A cavidade do molde tem paredes laterais opostas e paredes de extremidade opostas adaptadas para lingotar um lingote compósito no geral retangular com faces opostas e extremidades opostas. Um divisor fica posicionado na cavidade do molde e estende-se através da cavidade em 25 direção às suas paredes de extremidade opostas, dividindo assim pelo menos a parte da extremidade de entrada da cavidade do molde em primeira e segunda câmaras de alimentação. O aparelho inclui adicionalmente um primeiro arranjo de alimentação de metal em fusão para alimentar metal em fusão para uma primeira camada do lingote compósito em uma das câmaras de

alimentação, e um segundo arranjo de alimentação de metal em fusão para alimentar metal em fusão para uma segunda camada do lingote compósito na segunda câmara de alimentação. O aparelho inclui adicionalmente um suporte para o divisor, o suporte sendo móvel, pelo menos em parte, permitindo assim 5 que o divisor mova-se e/ou flexione-se em momentos durante o lingotamento em direções a favor e contra uma das paredes laterais da cavidade do molde.

Uma outra modalidade exemplar da invenção fornece um método de lingotar um lingote de metal com uma camada de metal interna e pelo menos uma camada externa. O método envolve prover um molde de 10 lingotamento com resfriamento direto que tem uma cavidade do molde dividida em pelo menos duas câmaras por pelo menos um divisor, introduzir separadamente metal em fusão nas pelo menos duas câmaras para produzir um lingote lingotado incluindo as camadas e tendo uma região de topo, uma região de base, regiões laterais e uma região central entre as regiões de topo, 15 base e lado. O método envolve adicionalmente mover e/ou flexionar o pelo menos um divisor dentro da cavidade do molde em diferentes momentos durante o lingotamento. Isto permite que pelo menos uma camada externa do lingote lingotado seja mais espessa em pelo menos uma da região de topo, da região de base e da região de extremidade do que na região central, ou manter 20 um arranjo plano na interface das camadas.

Uma outra modalidade exemplar fornece um aparelho para lingotar um lingote de metal compósito, compreendendo: uma cavidade do molde no geral retangular aberta na extremidade que tem uma parte da extremidade de entrada, uma abertura de extremidade de descarga e um bloco 25 inferior móvel adaptado para se encaixar na extremidade de descarga e mover-se axialmente do molde durante o lingotamento, a dita cavidade do molde tendo paredes laterais opostas e paredes laterais opostas adaptadas para lingotar um lingote compósito retangular com faces opostas e extremidades opostas; um divisor posicionado na dita cavidade do molde e estendendo-se

através da cavidade em direção às suas paredes de extremidade opostas, dividindo assim pelo menos a parte de extremidade de entrada da cavidade do molde em primeira e segunda câmaras de alimentação; um primeiro arranjo de alimentação de metal em fusão para alimentar metal em fusão para uma 5 primeira camada do dito lingote compósito em uma das ditas câmaras de alimentação; e um segundo arranjo de alimentação de metal em fusão para alimentar metal em fusão para uma segunda camada do dito lingote compósito na dita segunda câmara de alimentação; em que o dito divisor tem uma parte central e duas partes de extremidade opostas, as ditas partes de 10 extremidade sendo orientadas em relação à dita parte central de maneira tal que a dita segunda camada do dito lingote compósito que emerge na dita extremidade de descarga da dita cavidade do molde tenha regiões de extremidade adjacentes às ditas extremidades opostas do dito lingote de maior espessura do que uma região central posicionada entre as ditas regiões de 15 extremidade.

Uma outra modalidade exemplar fornece um aparelho para lingotar um lingote de metal, compreendendo: uma cavidade do molde no geral retangular aberta na extremidade que tem uma parte de extremidade de entrada, uma abertura de extremidade de descarga, e um bloco inferior móvel 20 adaptado para se encaixar na extremidade de descarga e mover-se axialmente do molde durante o lingotamento, a dita cavidade do molde tendo paredes laterais opostas e paredes de extremidade opostas adaptadas para lingotar um lingote compósito retangular com faces opostas e extremidades opostas; um divisor longitudinal posicionado na dita cavidade do molde e estendendo-se 25 através da cavidade em direção às suas paredes de extremidade opostas e segundas câmaras de alimentação, o dito divisor sendo flexível em direções a favor e contra as ditas paredes laterais opostas da cavidade do molde; um primeiro arranjo de alimentação de metal em fusão para alimentar metal em fusão para uma primeira camada do dito lingote compósito em uma das ditas

câmaras de alimentação; um segundo arranjo de alimentação de metal em fusão para alimentar metal em fusão para uma segunda camada do dito lingote compósito na dita segunda câmara de alimentação; um equipamento de flexão que age no dito divisor para produzir flexão de pelo menos uma parte central do dito divisor a favor e contra uma das ditas paredes laterais opostas em diferentes momentos durante o lingotamento.

Também uma outra modalidade exemplar fornece um aparelho para lingotar um lingote de metal compósito, compreendendo: uma cavidade do molde no geral retangular aberta na extremidade que tem uma parte de extremidade de entrada, uma abertura de extremidade de descarga e um bloco inferior móvel adaptado para se encaixar na extremidade de descarga e mover-se axialmente do molde durante o lingotamento, a dita cavidade do molde tendo paredes laterais opostas e paredes de extremidade opostas adaptadas para lingotar um lingote compósito retangular com faces opostas e extremidades opostas; um divisor posicionado na dita cavidade do molde e estendendo-se através da cavidade em direção às suas paredes de extremidade opostas, dividindo assim pelo menos a parte de extremidade de entrada da cavidade do molde em primeira e segunda câmaras de alimentação; um primeiro arranjo de alimentação de metal em fusão para alimentar metal em fusão para uma primeira camada do dito lingote compósito em uma das ditas câmaras de alimentação; um segundo arranjo de alimentação de metal em fusão para alimentar metal em fusão para uma segunda camada do dito lingote compósito na dita segunda câmara de alimentação; e uma guia para o dito divisor, a dita guia sendo móvel, permitindo assim que o dito divisor mova-se em momentos durante o lingotamento em relação à dita cavidade do molde em direções a favor e contra uma das ditas paredes laterais da cavidade do molde.

Outras modalidades exemplares dizem respeito da métodos de lingotamento para produzir lingotes tais como os anteriormente indicados.

O termo "divisor" na forma usada nesta especificação (tanto na descrição quanto nas reivindicações) deve incluir qualquer meio para dividir uma parte de entrada de um molde de lingotamento de resfriamento direto em duras câmaras internas (câmaras de alimentação) para lingotamento contínuo de metal. Se o divisor for na forma de uma chapa ou placa contínua alimentada no molde e destinada a ser parte do lingote (por exemplo, como revelado em Kilmer et al.), ela é aqui referida como um "elemento divisor". Por outro lado, um divisor que é resfriado e permanece estacionário no molde (por exemplo, como revelado em Anderson et al.) é referido aqui como uma "parede divisória". Certamente, o divisor pode ser rígido (como é normalmente o caso para paredes divisórias convencionais) ou completa ou parcialmente flexível (normalmente mais adequada para elementos divisores), pelo menos a temperaturas operacionais do aparelho de lingotamento. O divisor pode ser somente móvel, ou somente flexível, ou tanto móvel quanto flexível. Pela combinação apropriada de tais recursos, é possível produzir um lingote com uma camada externa que é mais espessa em qualquer uma ou todas das regiões de topo, base e bordas laterais para compensar varredura das partes periféricas da camada externa durante laminação posterior. Deve-se também perceber que, a despeito de tais diferenças na espessura das partes da camada externa, a espessura geral do lingote lingotado é preferivelmente constante (isto é, a espessura da camada interna é ajustada em tais partes para manter a espessura geral a mesma).

Deve-se notar que o termo "retangular" na forma usada nesta especificação deve incluir o termo "quadrado", embora lingotes destinados à laminação em geral não sejam quadrados. O termo "no geral retangular" inclui pequenas variações do esboço retangular que são comuns na fundição de lingotes. Por exemplo, a contração pode fazer com que as paredes do lingote fiquem ligeiramente côncavas. Formas geométricas precisas são geralmente difíceis de produzir, ou desnecessárias, em procedimentos de

lingotamento deste tipo, e assim a referência a "retangular" ou "quadrada" deve ser interpretada com isto em mente.

#### DESCRICAÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

5 A figura 1 é uma vista plana de topo simplificada de um aparelho de molde de co-lingotamento;

A figura 2 é uma elevação lateral do aparelho da figura 1, mostrando o lingotamento de um lingote;

A figura 3 é uma seção em corte transversal de um lingote lingotado de acordo com a figura 2;

10 A figura 4 é uma seção em corte longitudinal de um lingotamento fundido como na figura 2;

A figura 5 é uma vista plana de topo similar à figura 1, mas mostrando a angulação de extremidade de um elemento divisor usado na operação de lingotamento;

15 A figura 6 é uma seção em corte transversal de um lingote lingotado de acordo com a figura 5;

A figura 7 e a figura 8 são vistas planas de topo de um aparelho de lingotamento mostrando equipamento que permite que o elemento divisor mova-se a favor (figura 8) ou contra (figura 7) uma parede lateral do molde;

A figura 9 é uma seção em corte longitudinal de um lingote lingotado de acordo com as figuras 7 e 8;

20 A figura 10 é uma seção em corte transversal de um lingote de um metal com alto coeficiente de contração lingotado de acordo com a figura 1;

A figura 11 é uma vista plana de topo de um aparelho de lingotar (operado durante o estágio principal de lingotamento) com equipamento para evitar a curva no elemento divisor mostrado na figura 10;

As figuras 12 e 13 são seções transversais, parcialmente em

perspectiva, de um aparelho similar ao da figura 12, mostrando um elemento divisor forçado a fazer uma curva (figura 12) ou deixado com um arranjo plano (figura 13);

A figura 14 é uma vista plana de topo de um aparelho de molde de lingotamento mostrando equipamento para fazer com que um elemento divisor tenha partes de extremidade angulada e uma parte central que pode ficar plana (linhas cheias) ou forçada a adotar uma curva para fora (linhas tracejadas); e

A figura 15 é uma vista similar à da figura 14 de uma modalidade que tem uma parede divisória para co-lingotamento sequencial, em vez de um elemento divisor que se torna embutido no lingote.

### MELHOR MANEIRA DE REALIZAR A INVENÇÃO

As figuras 1 e 2 dos desenhos anexos mostram uma modificação do aparelho de lingotamento de Kilmer et al. referido anteriormente. Certamente, versados na técnica perceberão que as figuras 1 e 2 são bastante simplificadas e que a versão funcional do aparelho exigirá equipamento e estruturas adicionais, todas as quais ficarão aparentes aos versados na tecnologia.

As figuras 1 e 2 mostram um molde de lingotamento de resfriamento direto retangular 10 que tem uma cavidade do molde 11 que é dividida em duas câmaras de molde (isto é, câmaras de alimentação de metal) 12 e 13 por um elemento divisor vertical 14. O elemento divisor 14 pode ser anexado a um bloco inferior 15, que fica posicionado em uma abertura da extremidade de descarga (ou saída) 16 da cavidade do molde durante a fase inicial e é alimentado no molde por cima por um aparelho de suporte e alimentação (não mostrado). O elemento divisor 14 pode ser feito de um metal adequado, por exemplo, alumínio, uma liga de alumínio, ou um produto revestido com alumínio que preferivelmente tem uma temperatura solidus maior que a temperatura liquidus das ligas fundidas alimentadas nas câmaras

por meio de tubos de suprimento 19 e 19', ou aparelho de suprimento de metal equivalente tais como calhas, e lingotado em qualquer lado do elemento divisor nas câmaras 12 e 13. À medida que o bloco inferior 15 desce durante o lingotamento, água de resfriamento 17 é direcionada para a superfície externa 5 18 do lingote emergente 20 a fim de resfriar esta superfície do lingote o mais rápido possível. Como notado anteriormente, o elemento divisor 14 torna-se incorporado no lingote à medida que o lingote solidifica. Se desejado, mais de um elemento divisor 14 pode ser provido na cavidade do molde a fim de criar 10 um lingote consistindo em mais de duas camadas. Uma seção transversal horizontal de um lingote produzido de acordo com o equipamento das figuras 1 e 2 que incorpora um único elemento divisor 14 está mostrado nas figuras 3 e 4 (a figura 3 sendo uma seção em corte transversal e a figura 4 sendo uma seção em corte longitudinal do mesmo lingote). O lingote tem duas camadas distintas 21 e 22 de metal solidificado separadas pelo elemento divisor 14 15 incorporado na estrutura sólida. Deve-se perceber que uma das camadas, por exemplo, a camada 21, destina-se somente ao revestimento e pode assim ser muito mais fina do que o representado aqui.

Percebe-se que o elemento divisor 14 é essencialmente plano de forma que as camadas de metal em cada lado têm espessura constante em 20 todos pontos entre o elemento divisor 14 e a respectiva face de laminação 23 ou 24 das camadas de metal, tanto na direção transversal quanto longitudinal. Embora este tipo de estrutura seja desejável em certas aplicações, a maioria dos lingotes produzidos desta maneira destina-se à laminação em chapa fina ou chapa grossa de pequena espessura comparada com o lingote propriamente dito. Isto envolve passar o lingote diversas vezes em um laminador e existe 25 uma tendência de que uma camada superficial mais fina 21 (revestimento) seja "varrida" de uma camada interna 22 (núcleo) no sentido das extremidades e das bordas do lingote onde pressões exercidas pelos cilindros podem ser significativamente maiores, comparadas com a área restante da estrutura do

lingote. A redução de espessura resultante da camada de revestimento na estrutura laminada pode resultar em significante perda em virtude de as partes do produto chapa fina ou chapa grossa laminada que não têm uma espessura exigida de revestimento podem ter que ser aparadas e sucatadas.

5 A desvantagem do afinamento da camada nas bordas transversais (bordas da largura) da estrutura laminada é abordada pelo arranjo mostrado nas figuras 5 e 6. A modalidade ilustrada nessas figuras faz uso da flexibilidade relativa do elemento divisor 14 causada pela espessura relativa deste elemento e pelo fato de que ele fica aquecido a uma temperatura relativamente alta (por exemplo, 500 a 600 °C ou mais) imediatamente antes 10 da cavidade do molde 11 em virtude do calor conduzido ao longo do elemento divisor pela parte já incorporada no lingote quente. Isto permite que o elemento divisor 14 seja provido com o perfil mostrado na vista plana de topo da figura 5, isto é, tendo uma parte central 25 do elemento que permanece 15 essencialmente plana, e partes de extremidade opostas 26 que são dobradas ou anguladas em relação à parte central de uma maneira tal que uma das câmaras do molde (câmara 12) tenha regiões de extremidade 27 de maior espaçamento entre o elemento divisor 14 e a parede lateral adjacente 19, ao passo que a outra câmara 13 tem regiões de extremidade de menor espaçamento em 20 relação à distância entre o elemento divisor e a parede lateral oposta nas regiões de extremidade da cavidade do molde. A câmara com o maior espaçamento é no geral destinada à camada de revestimento mais fina geral do lingote resultante, conseqüentemente o lingote assim formado (mostrado de forma exagerada em seção em corte transversal na figura 6) tem uma 25 camada mais fina 21 que aumenta de espessura na região das bordas laterais (bordas da largura) do lingote. O lingote 20 tem espessura total constante em toda ela e assim o aumento de espessura da camada de revestimento 21 na região das extremidades laterais 30 do lingote é compensado por uma redução na espessura da camada do núcleo 22.

Durante a laminação de um lingote desta estrutura, a maior espessura da camada de revestimento nas bordas laterais do lingote compensa a perda do material desta camada causada por "varredura de borda" e assim reduz ou elimina a necessidade de aparamento de borda causadora de sucateamento de produtos chapa fina ou chapa grossa resultantes. O perfil do elemento divisor é preferivelmente mantido constante por toda a operação de lingotamento para produzir um lingote lingotado com uma camada de revestimento com bordas laterais de maior espessura ao longo de todo o comprimento do lingote. As posições onde as extremidades 26 do elemento divisor são dobradas para fora do plano da seção central 25, e o ângulo do dobramento nessas posições, são certamente escolhidos para fazer com que a espessura da camada de cobertura seja o mais uniforme possível na direção de uma borda lateral até a outra no produto chapa fina ou chapa grossa laminado acabado. No geral, o ângulo entre as extremidades e a parte central (isto é, o 15 ângulo no qual as partes de extremidade desvia da posição plana) não é mais que 30 ° e, mais preferivelmente, 15 a 25 °. Os comprimentos das extremidades anguladas, em um lingote com uma largura de 753 mm (69 polegada) pode ser, por exemplo, até 381 mm (15 polegadas). O comprimento e o ângulo podem ter que variar de acordo com as propriedades inerentes dos 20 metais que estão sendo lingotados (particularmente as propriedades do metal usado para a camada externa), das pressões empregadas durante a laminação e da espessura final dos produtos chapa fina ou chapa grossa, bem como do lingote lingotado. Entretanto, o comprimento e espessura exigidos para cada caso podem ser obtidos empiricamente realizando lingotamentos e laminações 25 de teste, ou teoricamente com base no conhecimento dos materiais envolvidos e das pressões de laminação empregadas. Por exemplo, quando se usa uma liga de alumínio AA4045 como o metal da camada externa para um lingote, as dimensões do lingote podem ser as seguintes:

largura do lingote:

753 mm (69 polegadas)

espessura do lingote:	702 mm (27,63 polegadas)
Comprimento do lingote lingotado:	4.699 mm (185 polegadas)
Espessura da camada externa:	77 mm (3,01 polegadas)
Comprimento de cada parte angulada 5 do elemento divisor:	381 mm (15 polegadas)
Ângulo de cada parte angulada do elemento divisor:	25 °

Como mostrado na figura 5, o dobramento exigido do elemento divisor 14 pode ser conseguido passando o elemento divisor entre dois conjuntos opostos de cilindros 35, 35 e 36, 36 suportados em carros 38 anexados na superfície superior 40 do molde ou por outra estrutura de suporte. Se desejado, em vez de se usarem dois conjuntos de cilindros, um único conjunto de cilindros alongados cobrindo todo o comprimento das partes de extremidade 26 pode ser usado em substituição, ou qualquer dispositivo de guia equivalente. Se os carros 38 forem pivotáveis em pivôs 41, o ângulo do dobramento no elemento divisor pode ser alterado e os carros então impedidos de girar ainda mais, possibilitando assim produzir lingotes com diferentes espessuras de borda. Isto pode ser adequado para lingotar diferentes combinações de metais em diferentes operações de lingotamento.

Como notado anteriormente, tal como varredura da borda lateral, assim chamada varredura de topo e base, pode também ocorrer durante a laminação, isto é, perda do metal de revestimento nas extremidades longitudinais (topo e base) de um produto laminado a partir de um lingote. Compensação adequada desta perda de metal pode ser provida de acordo com o aparelho mostrado na figura 7. Esta mostra um molde de lingotamento similar ao da figura 1, mas o aparelho de guia para o elemento divisor 14 é móvel da maneira mostrada pelas setas de dupla direção 43 e 44 para deslizar de uma posição mais distante da parede lateral 19 do molde (figura 7), ou mais próximo dela (figura 8). Este movimento pode ser feito durante uma

operação de lingotamento, por exemplo, de forma que o elemento divisor 14 move-se ainda mais para fora da parede lateral 19 durante a fase inicial de lingotamento e também durante a fase final de lingotamento, e então se move em direção à parede lateral 19 para o restante do lingotamento (referido como 5 a "corrida"). Durante os momentos em que o elemento divisor move-se desta maneira, a parte imediatamente acima do metal é mantida plana e não muda de forma ou flexiona significativamente. À medida que o elemento divisor move-se de uma posição para a outra, a parte que entra e desce no metal em fusão assume uma curva suave antes de ficar embutida no metal solidificado 10 do lingote lingotado. Em outras vezes, o elemento divisor é mantido plano por todo o lingotamento. Isto produz um lingote tal como mostrado de forma simplificada na figura 9, que é uma seção transversal longitudinal de um lingote produzido desta maneira. Como mostrado na figura, a camada de revestimento 21 é mais espessa no topo 45 e base 46 do lingote para 15 compensar perda de metal por causa da varredura da camada de revestimento nesses locais.

Novamente, as posições nas quais o elemento divisor 14 move-se durante o lingotamento dependem dos metais que estão sendo fundidos (particularmente o metal e espessura da camada de revestimento) e 20 podem ser determinadas empiricamente ou por cálculo. O objetivo, certamente, é produzir um produto chapa grossa ou chapa fina laminado com uma camada de revestimento com uma espessura constante ao longo de todo o comprimento do lingote. Por exemplo, quando se usa uma liga AA4045 como 25 o elemento de revestimento para um lingote das dimensões citadas, o elemento divisor pode mover-se em posições aproximadamente 508 mm (20 polegadas) das extremidades de topo e de base. A extensão na qual o elemento divisor move-se depende do produto que está sendo lingotado, mas pode representar até 17 % da espessura da camada de revestimento produzida durante a corrida de lingotamento. Entretanto, aumentos menores que 5 % ou

mesmo menores que 2 % podem ser satisfatórios, dependendo das propriedades desejadas.

A mobilidade desejada do aparelho de guia 38 pode ser provida montando-se o aparelho de guia 38 em trilhos 48 e 49 posicionados 5 na superfície superior 40 do molde e movimentado por um motor adequado, por exemplo, um acionamento linear ou engrenagem cônica (não mostrada). A flexibilidade do elemento divisor torna este movimento possível, como explicado anteriormente.

Em algumas circunstâncias, por exemplo, com uma 10 combinação particular de metais usados para as camadas de núcleo e revestimento, pode ser desejável prover o elemento divisor 14 com uma curva ou arco adequado (visto em uma vista plana de topo) pelo menos durante um estágio particular do processo de lingotamento, tanto por toda a largura do elemento divisor quanto pelo menos na parte central 25 quando se usa o 15 aparelho da figura 5. Isto se deve à contração da camada de núcleo durante a solidificação e resfriamento poder fazer com que o metal se contrai mais no centro de uma face de laminação do que em uma região próxima das bordas laterais. Esta contração, por sua vez, faz com que a camada de revestimento siga a contração da camada de núcleo e pode produzir um lingote com uma 20 camada de revestimento com uma maior espessura no centro da face de laminação do que nas bordas laterais. Certamente, todo o lingote pode ter uma face de laminação que é feita cônica desta maneira. A figura 10 mostra um lingote deste tipo de forma exagerada (mostrada como uma seção transversal em uma posição intermediária ao topo e a base) produzido a partir de um 25 molde retangular e provido com um elemento divisor 14 inicialmente introduzido no molde na forma plana.

Para compensar tais problemas de contração, o elemento divisor 14 pode ser curvo para fora à medida que é alimentado no molde de forma que, mediante solidificação do lingote, o elemento divisor adote uma

configuração mais plana. Isto pode ser conseguido, por exemplo, empregando-se o aparelho mostrado nas figuras 11 e 12, em que uma haste empurradora 50 é montada de forma móvel em uma braçadeira transversal 51 e tem um cilindro 52 na sua extremidade externa que apoia-se em uma superfície 53 do elemento divisor 14 no seu centro. Durante o lingotamento, o lingote passa por um maior resfriamento no início e no final do processo de lingotamento, e a solidificação do metal é mais rápida nesses momentos. Em virtude disto, forças de contração têm menos distância para agir e menos tempo para agir no metal da camada de núcleo, de forma que existe menos tendência para que a camada de núcleo seja puxada no centro durante essas fases final e inicial. Portanto, durante o início e fim de lingotamento, o elemento divisor pode adotar uma configuração plana, mostrada na figura 13. Durante lingotamento em estado estacionário (a corrida de lingotamento) entre as fases de início e fim, entretanto, o elemento divisor 14 é provido com uma configuração convexa pelo movimento da haste empurradora 50 para a posição mostrada nas figuras 11 e 12. A haste empurradora 50 pode ser acionada por qualquer motor adequado (não mostrado), por exemplo, por meio de um pinhão (não mostrado) que age em uma cremalheira 55 para cortar o lado de baixo da haste empurradora mostrada nas figuras 12 e 13.

Como com outras modalidades anteriormente referidas, o grau no qual o elemento divisor torna-se convexo pode ser determinado empiricamente ou por cálculo com uma meta de permitir que o elemento divisor retorne para a configuração plana no lingote solidificado. No geral, entretanto, a parte curva pode representar 10 % ou menos da espessura total da camada de revestimento, e no geral 5-7 %. Percebe-se nas figuras 11 a 13 que as paredes laterais 19, 19' do molde de lingotamento são por si arqueadas para fora para compensar a contração das faces de laminação do lingote resultante com vistas em produzir um lingote que é próximo de retangular (faces de laminação planas) depois do lingotamento e resfriamento.

A figura 14 mostra um molde de lingotamento provido com uma combinação dos recursos supradescritos. Isto é conseguido provendo-se tanto os arranjos de cilindro 35, 36 da figura 5, os carros móveis 38, 43, 44 da figura 7 quanto o empurrador móvel 50, 52 das figuras 11 a 13. Um arranjo 5 deste tipo pode compensar todas as deficiências seguintes de co-lingotamento convencional deste tipo, a saber:

redução da espessura da camada de revestimento por causa de varredura da borda lateral durante a laminação;

10 redução da espessura de uma camada de revestimento no topo e base de um lingote por causa de varredura de topo e base durante laminação;

concavidade da interface de uma camada de núcleo e uma camada de revestimento em uma parte central de um lingote por causa da contração do metal na corrida de lingotamento; e

15 concavidade das faces de laminação do lingote por causa da contração de metal na corrida de lingotamento.

Quando se emprega aparelho de lingotamento sequencial do tipo revelado por Anderson et al., uma parede divisória fixa é usada em vez de um elemento divisor flexível alongado que é incorporado no lingote. Como a parede divisória permanece dentro da parte de entrada do molde, não existe 20 necessidade de rolos guias mostrados nas modalidades anteriores providos para guiar e suportar o elemento divisor à medida que ele move-se para baixo através do molde de comum acordo com o lingotamento do lingote. A figura 15 é uma vista equivalente à figura 14, mas de uma modalidade com uma parede divisória resfriada. A parede divisória 14 por si pode ser flexível, mas 25 as seções de extremidade 26 são firmemente mantidas por barras de suporte 58 posicionadas na extremidade superior da parede divisória. A seção central 25 não tem tal suporte, e é portanto livre para mover-se entre uma forma plana e uma forma arqueada (mostrada em linhas tracejadas) previamente descritas com relação à figura 14. Como é também o caso para a modalidade

da figura 14, a parede divisória 14 pode ser montada em trilhos 48, 49 ou similares de forma que ela possa mover-se para trás e para a frente, como mostrado pelas setas de dupla direção 43 e 44, permitindo assim maior espessura da camada de revestimento nas regiões de topo e base do lingote.

5 Desta maneira, o aparelho de lingotamento que incorpora uma parede divisória e suportes 58 pode ser feito para operar da mesma maneira que em qualquer das modalidades das figuras 3 a 14 e essencialmente os mesmos detalhes se aplicam.

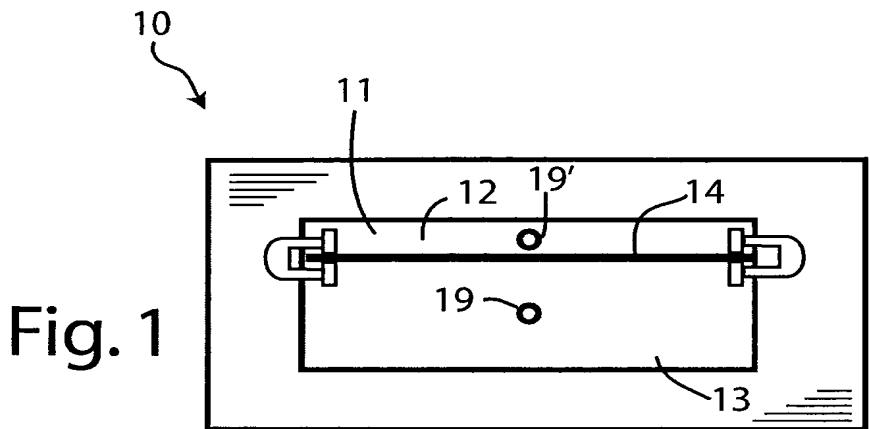


Fig. 1

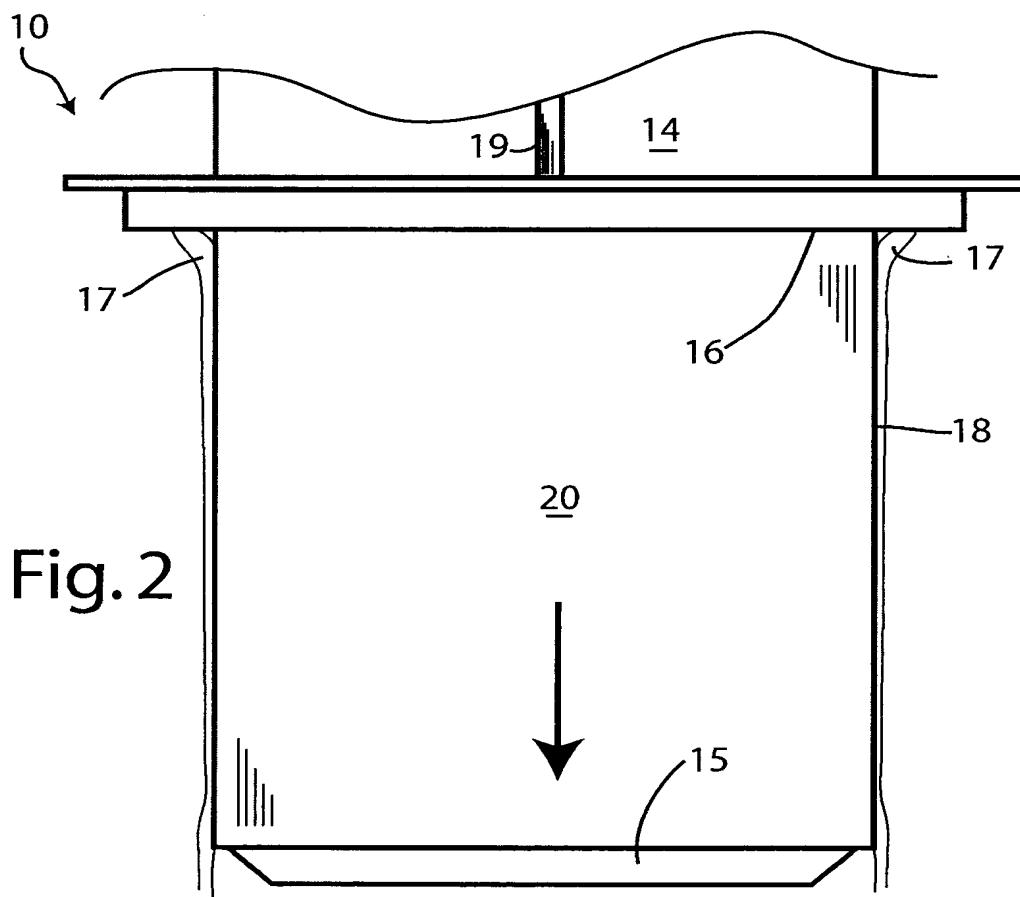


Fig. 2

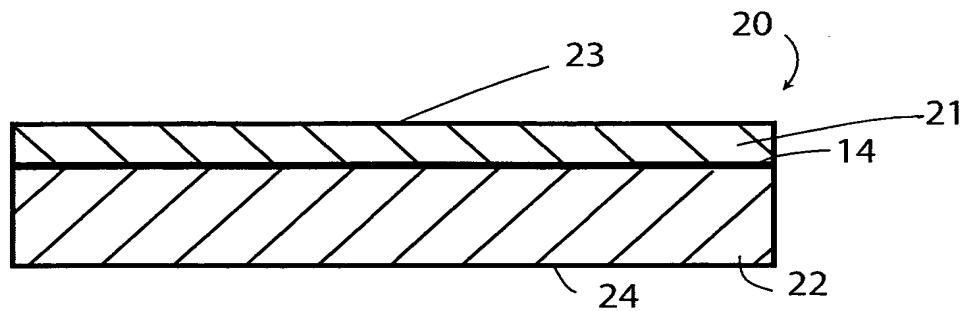


Fig. 3

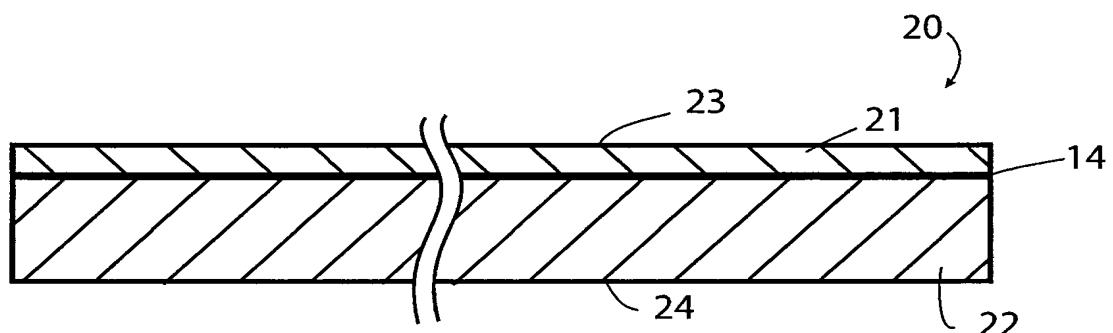


Fig. 4

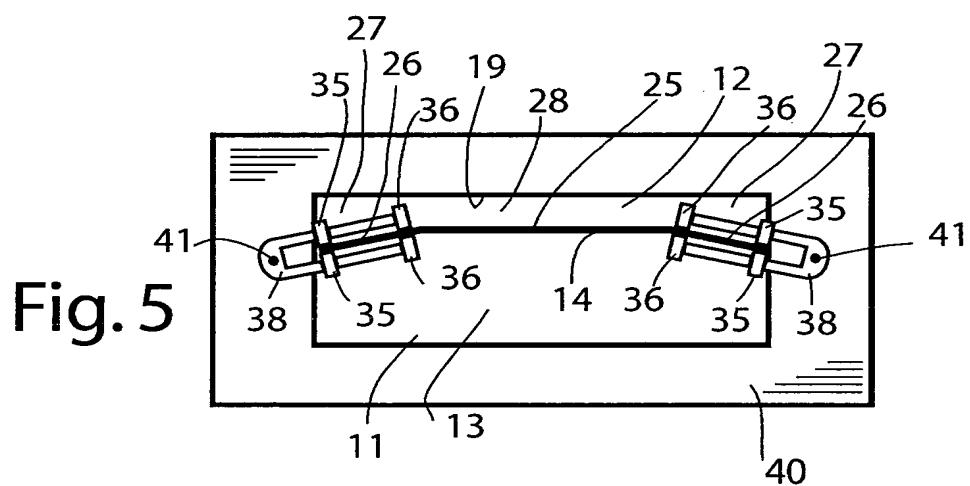


Fig. 5

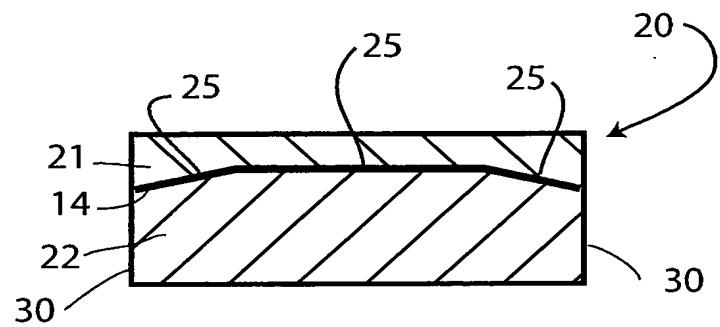


Fig. 6

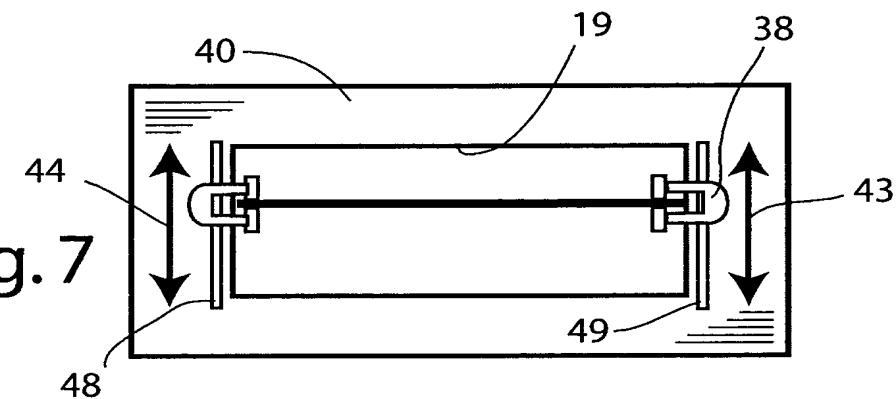


Fig. 7

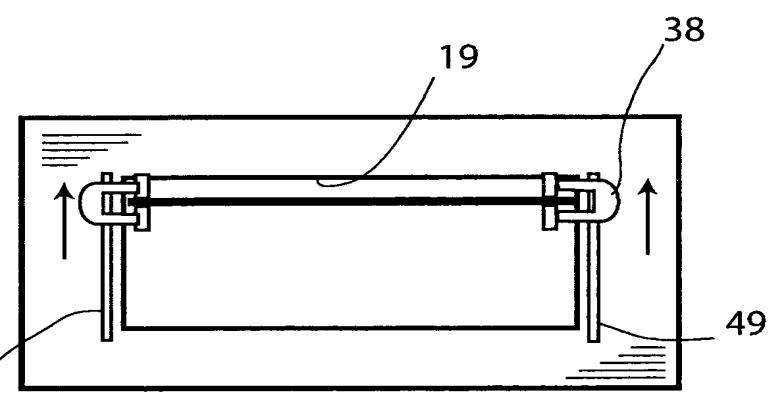
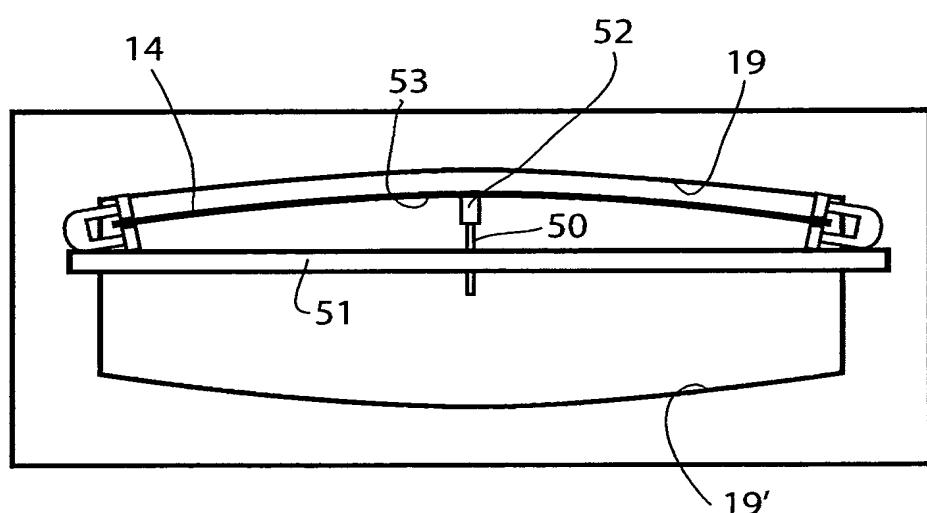
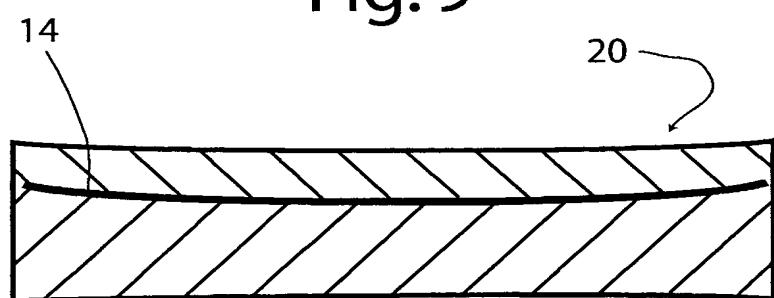
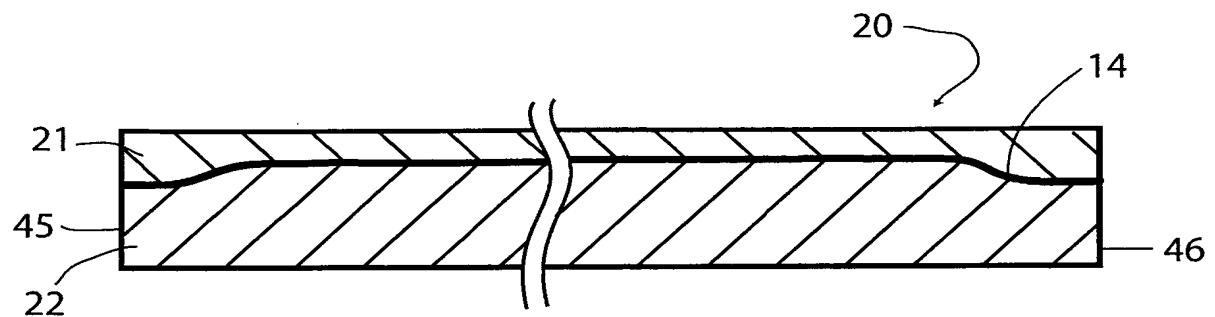


Fig. 8



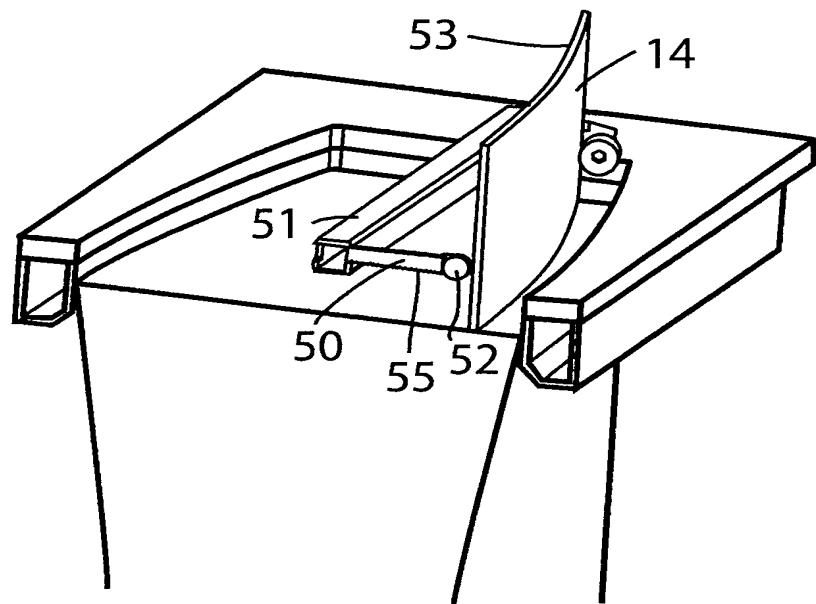


Fig. 12

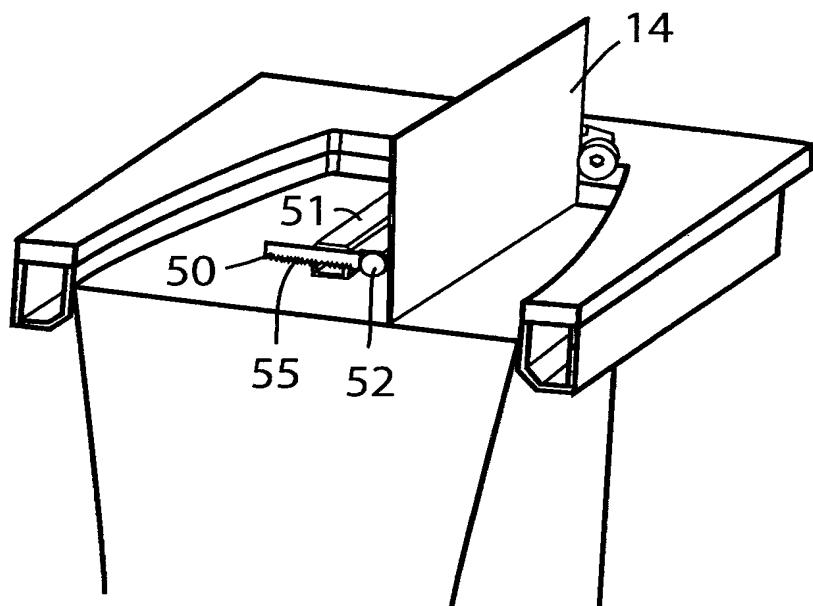


Fig. 13

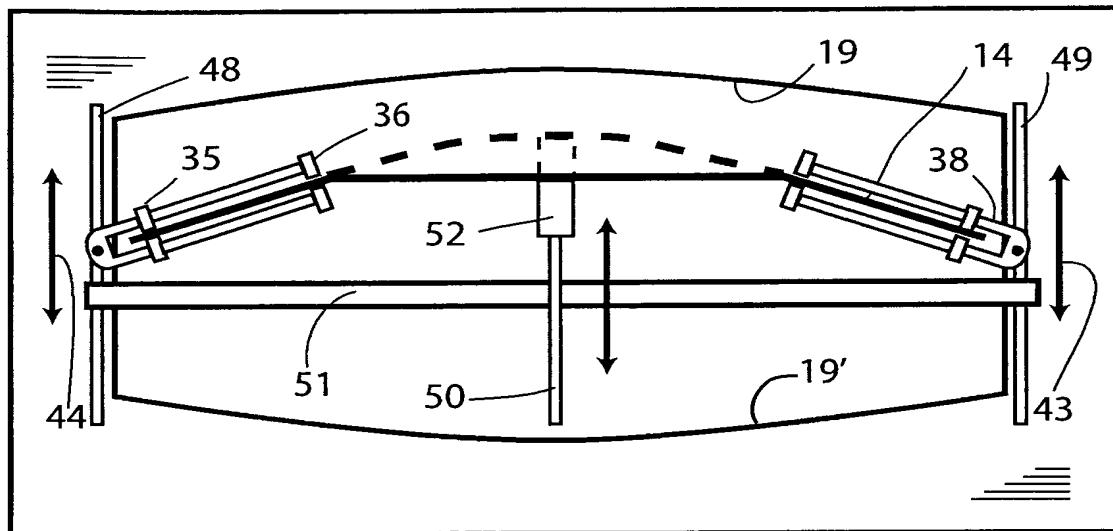


Fig. 14

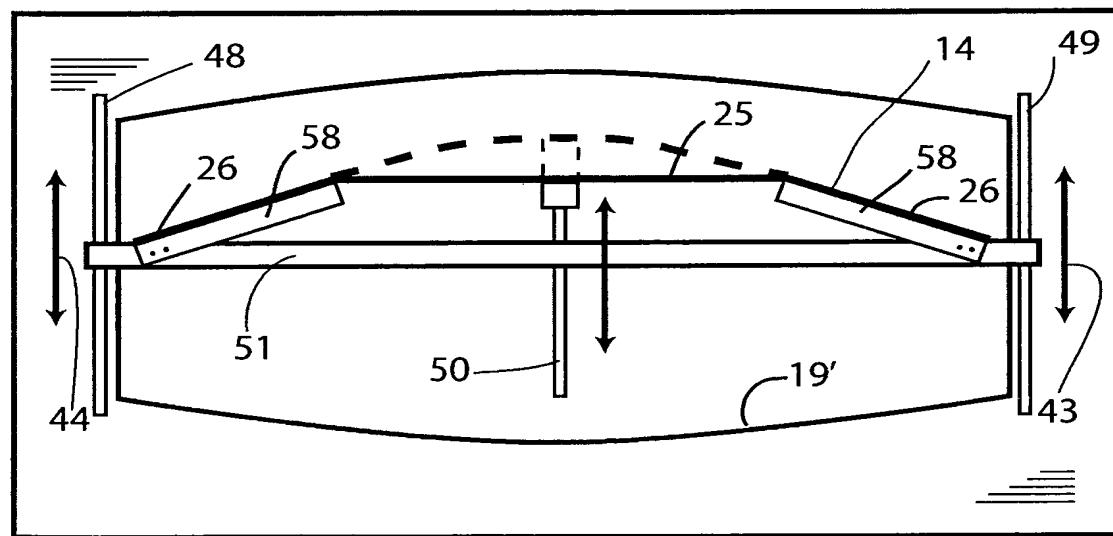


Fig. 15

## RESUMO

### **“APARELHO E MÉTODO PARA LINGOTAR UM LINGOTE DE METAL”**

A presente invenção diz respeito a aparelho e método para co-  
5 lingotar lingotes de metal em aparelho de lingotamento com resfriamento direto. O aparelho e método empregam pelo menos um divisor (elemento divisor ou parede divisória) que separa o molde de lingotamento em duas ou mais câmaras para receber metal em fusão que é combinado em um único lingote. O divisor pode mover-se, angular-se e/ou flexionar-se durante o  
10 lingotamento para produzir lingotes que são projetados basicamente para laminação em chapa grossa de pequena espessura ou chapa fina. O lingote tem pelo menos uma camada externa que é mais espessa adjacente às bordas laterais (largura) do que no centro, e/ou mais espessa adjacente às regiões de base ou topo. Isto compensa varredura da camada externa do núcleo do  
15 lingote durante a laminação. Também, o divisor pode ser arqueado para fora em direção a uma das paredes do molde durante a corrida de lingotamento.