

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

(21) **PI0617225-3 A2**

(22) Data de Depósito: 13/10/2006
(43) Data da Publicação: 19/07/2011
(RPI 2115)



(51) *Int.Cl.*:
B21C 33/02 2006.01
B22D 11/10 2006.01
B22D 17/20 2006.01

(54) Título: **APARELHO E MÉTODO PARA EXTRUSÃO DE ALTA PRESSÃO COM ALUMÍNIO FUNDIDO**

(30) Prioridade Unionista: 12/10/2006 US 11/548,726,
13/10/2005 US 60/726,280

(73) Titular(es): ALCOA INC.

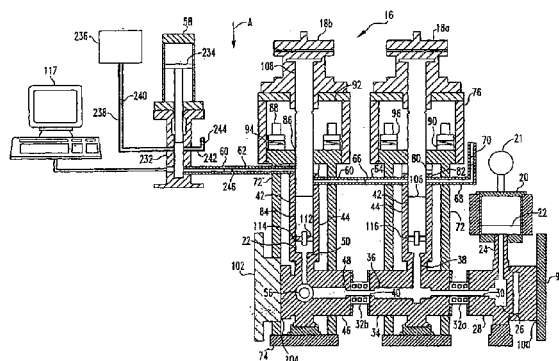
(72) Inventor(es): David Gaylord, Domenic A. Ghiardi, Jacob A. Kallivayalil, Ronald G. Chabal, Vincent A. Paola, Vivek M. Sample

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT US2006040280 de 13/10/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/044941 de 19/04/2007

(57) Resumo: APARELHO E MÉTODO PARA EXTRUSÃO DE ALTA PRESSÃO COM ALUMÍNIO FUNDIDO. A presente invenção refere-se a um sistema de fornecimento de metal fundido que pode fornecer metal fundido para um processo a jusante em uma pressão e taxa de fluxo de metal fundido constantes. O sistema de fornecimento de metal fundido inclui uma fonte de fornecimento de metal fundido, uma pluralidade de injetores e uma pluralidade de válvulas de retenção.





Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**APARELHO E MÉTODO PARA EXTRUSÃO DE ALTA PRESSÃO COM ALUMÍNIO FUNDIDO**".

REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDOS RELACIONADOS

- 5 Este pedido é baseado no pedido provisório Estados Unidos Nº de Série 60/726.280 depositado em 13 de outubro de 2005 e reivindica o seu benefício.

Campo da Invenção

- 10 Esta invenção refere-se a um sistema de fornecimento de metal fundido. Especificamente, esta invenção refere-se a um sistema e método de fornecimento de metal fundido de pressão contínuo de extrusar um artigo de comprimento indefinido.

Antecedentes da Invenção

- 15 O processo de trabalhar metal conhecido como extrusão envolve pressionar haste de metal (lingote ou tarugo) através de uma abertura de matriz tendo uma configuração predeterminada a fim de formar um modelo tendo um maior comprimento e uma seção transversal substancialmente constante. Por exemplo, na extrusão de ligas de alumínio, a haste de alumínio é preaquecida até a temperatura de extrusão apropriada. A haste de a-
- 20 lumínio é então colocada dentro de um cilindro aquecido. O cilindro utilizado no processo de extrusão tem uma abertura de matriz em uma extremidade na forma desejada e um pistão ou aríete de movimento alternado tendo aproximadamente as mesmas dimensões seccionais transversais do furo do cilindro. Este pistão ou aríete se desloca contra a haste de alumínio para
- 25 comprimir a haste de alumínio. A abertura na matriz é o caminho de resistência mínima para a haste de alumínio sob pressão. A haste de alumínio se deforma e flui através da abertura de matriz para produzir um produto extrusado tendo a mesma forma seccional transversal da abertura de matriz.

- 30 Referindo-se à figura 1, o processo de extrusão descrito anteriormente está identificado pelo número de referência 2, e tipicamente consiste em diversas operações distintas e descontínuas incluindo: derretimento 4, moldagem 6, fresagem periférica 8, homogeneização 10, serração opcional

12, reaquecimento 14 e finalmente a extrusão 16. A haste de alumínio é moldada em uma temperatura elevada e tipicamente resfriada para a temperatura de sala ou ambiente. Depois da moldagem, a haste de alumínio é es-

5 calpada para remover a camada de óxido que naturalmente se forma na superfície da haste de alumínio por causa da reação entre a superfície de alumínio e o oxigênio na atmosfera. Por causa de a haste de alumínio ser fundida, existe uma certa falta de homogeneidade na estrutura da haste de alumínio. Portanto, a haste de alumínio é tipicamente aquecida em temperaturas elevadas para homogeneizar o metal fundido. Seguinte à etapa de ho-

10 mogeneização, a haste de alumínio é resfriada para a temperatura ambiente. Depois do resfriamento, a haste de alumínio homogeneizada é reaquecida em um forno para uma temperatura elevada chamada de temperatura de preaquecimento. Os versados na técnica perceberão que a temperatura de preaquecimento é de uma maneira geral a mesma para cada tarugo que é

15 para ser extrusado em uma série de tarugos. Ao alcançar a temperatura de preaquecimento, a haste de alumínio é colocada em uma prensa de extrusão e extrusada através da matriz de extrusão para formar um produto extrusado.

Todas as etapas indicadas anteriormente dizem respeito a práticas que são bem-conhecidas para os versados na técnica de fundição e extrusão. Cada uma das etapas anteriores está relacionada a controle metalúrgico do metal a ser extrusado. Estas etapas são muito onerosas, com custos de energia incorrendo cada vez que a haste de metal é reaquecida a partir da temperatura ambiente. Também existem custos de recuperação no

25 processo associados com a necessidade de acabamento da haste de metal, custos de mão-de-obra associados com estoque de processo, e custos de capital e operacional para o equipamento de extrusão.

Portanto, existe uma necessidade de consolidar as operações distintas e descontínuas de um processo de extrusão tradicional para reduzir

30 o custo de fabricação de um produto extrusado.

Tentativas anteriores para desenvolver um processo de extrusão contínuo estão descritas nas Patentes U.S. Nºs 6.536.508, 6.712.126 e

6.739.485 para Sample et al. Estas patentes estão incorporadas pela referência. Também, estas patentes descrevem um sistema para extrusar um artigo em um modo contínuo realizado pelo uso de múltiplos injetores de metal fundido operando seqüencialmente. Cada um dos injetores é conectado entre a fonte de metal fundido e o processo a jusante. Sincronização precisa é exigida entre os múltiplos injetores para uma operação bem-sucedida. A sincronização é alcançada por meio de válvulas que abrem ou fecham para facilitar ou impedir o fluxo de alumínio fundido. A confiabilidade e a facilidade de operação destas válvulas são cruciais para o sucesso destas invenções.

Embora estas patentes forneçam um processo contínuo, é desejável o fornecimento de um aparelho e método contínuo de extrusão que consolide as múltiplas operações de um processo de extrusão tradicional em uma única operação. A operação da invenção revelada aqui é de forma significativa mais segura do que invenções anteriores para alcançar a mesma meta. A confiabilidade aperfeiçoada é um resultado da simplificação de certos componentes e por causa da invenção de componentes adicionais que reduzem a complexidade de tarefas envolvidas em extrusar continuamente um artigo.

Sumário da Invenção

Falando de uma maneira geral, é fornecido de acordo com a invenção um sistema de fornecimento de metal fundido capaz de fornecer metal continuamente para uma operação de modelagem a jusante em uma pressão ou velocidade constante. O sistema de fornecimento de metal fundido inclui uma pluralidade de injetores de metal fundido com pelo menos um injetor de metal fundido referido aqui a seguir como cilindro de alimentação (FC) conectado diretamente à fonte de metal e um segundo injetor de metal fundido referido como o cilindro acumulador (AC) conectado ao primeiro injetor e ao processo a jusante. O sistema também inclui um sistema de alimentação de metal fundido de baixa pressão e um cilindro de controle de processo referido daqui por diante como o (PCC).

Os injetores FC e AC são ligados um ao outro e a um sistema de alimentação de metal fundido de baixa pressão por uma pluralidade de válvulas.

vulas de retenção para facilitar ou impedir o fluxo de metal fundido entre diferentes componentes do sistema de entrega de metal fundido. Uma primeira válvula de retenção referida daqui por diante como a válvula de retenção de entrada (ICV) liga o sistema de alimentação de baixa pressão ao injetor de metal fundido de cilindro de alimentação (FC). Uma segunda válvula de retenção referida como a válvula de retenção de saída (OCV) liga o injetor de metal fundido (FC) e o injetor de metal fundido (AC). Os injetores de metal fundido (FC, AC), as válvulas de retenção (ICV, OCV) e o cilindro de controle de processo (PCC) agem em conjunto para fornecer continuamente metal fundido do sistema de alimentação de baixa pressão para uma operação de modelagem a jusante de maneira tal que o metal fundido fornecido é em uma pressão constante ou uma velocidade de produto constante é mantida.

Cada um dos injetores de metal fundido tem um alojamento de injetor configurado para conter metal fundido e um pistão que é operável reciprocamente dentro do alojamento de injetor. Um curso para frente do pistão desloca fluido a partir do alojamento de injetor permitindo ao injetor alimentar metal fundido e um curso de retorno do pistão permite encher o alojamento de injetor com metal. Cada um dos injetores usa o conceito de pistão deslocando gás sobre metal tal como descrito na Patente U.S. Nº 6.739.485 para Sample et al.

O controle do fluxo de metal fundido e da velocidade de saída do produto é realizado por um cilindro de controle de processo (PCC) que está em comunicação gasosa com o injetor de metal fundido (AC). O cilindro de controle de processo tem um alojamento separado configurado para conter gás e um pistão que é modulado reciprocamente dentro do alojamento. O pistão é móvel através de um curso para frente e de um curso de retorno. O curso de retorno do PCC capacita o gás para expandir diminuindo assim a pressão no alojamento de injetor de metal fundido AC, o que resulta em uma diminuição na velocidade de saída do produto. O curso para frente do PCC comprime o gás aumentando assim a pressão no alojamento de injetor de metal fundido AC resultando em um aumento na velocidade do produto. A posição de pistão de PCC pode assim ser modulada para manter uma velo-

cidade-alvo.

Um método de operação de um sistema de fornecimento de metal fundido para fornecer metal fundido para um processo a jusante em uma taxa de fluxo ou pressão de metal fundido substancialmente constante também é fornecido. O método inclui acionar os pistões de injetor de maneira tal que o alojamento de injetor enche com metal fundido e distribui subsequentemente o metal fundido para um outro injetor ou para um processo a jusante. Quando um injetor está alimentando metal ele é referido como estando no estágio de alimentação ou extrusão e quando ele está sendo enchido com metal ele é referido como estando no estágio de enchimento. O sistema de fornecimento de metal fundido opera em um modo cíclico com um único ciclo sendo definido pelo injetor de metal fundido FC indo entre um estágio de enchimento e um estágio de alimentação. O injetor de metal fundido FC, durante seu estágio de enchimento, está em comunicação fluídica com a fonte ou recipiente de fornecimento de metal fundido (pela abertura da ICV e fechamento da OCV), e durante o estágio de alimentação ele está em comunicação fluídica com o injetor de metal fundido AC e o processo a jusante (pela abertura da OCV e fechamento da ICV). O gás no cilindro de alimentação é pré-pressurizado para a pressão no AC antes do estágio de alimentação. Durante o estágio de alimentação, a almofada de gás no cilindro FC é comprimida adicionalmente para facilitar a transferência de alumínio fundido do FC para o AC. Neste estágio o FC fornece metal fundido para o cilindro AC e para o processo a jusante. Isto resulta no enchimento do AC. O curso para frente do injetor de metal fundido FC é operado em uma velocidade mais alta que resulta na distribuição simultânea de metal fundido para o cilindro acumulador (AC) e para o processo a jusante. O pistão do AC está sempre escravizado ao nível de metal fundido no AC para manter uma almofada de gás constante. Conseqüentemente, os pistões de injetor de metal fundido FC e o AC deslocarão em direções opostas de maneira tal que quando um está alimentando o outro está enchendo. Antes do curso de retorno do FC, a OCV é fechada e o gás no FC é ventilado.

O controle da velocidade de saída de um produto do processo a

jusante é realizado pelo ajuste da pressão no injetor de metal fundido AC com um cilindro de controle de processo (PCC), o qual está em comunicação gasosa com injetor de metal fundido AC. O pistão de PCC é modulado com base no retorno do sensor de velocidade de produto.

5 As válvulas de retenção operam pelo congelamento e derretimento de metal fundido em um caminho de passagem para respectivamente impedir ou facilitar o fluxo de metal fundido. Estas válvulas fornecem um dispositivo seguro de isolamento de componentes quando eles estão operando em pressões de trabalho substancialmente diferentes.

10 Um outro aspecto da presente invenção é reduzir a quantidade total de custos associados com fabricação de um produto extrusado.

Breve Descrição dos Desenhos

15 Para um entendimento mais completo da invenção, é feita referência à descrição a seguir considerada em conexão com desenho(s) anexo(s), em que:

A figura 1 é uma vista esquemática de um processo de extrusão;

A figura 2 é uma vista seccional transversal esquemática de um sistema de fornecimento de metal fundido construído e arranjado de acordo com a invenção;

20 A figura 3 é uma vista seccional transversal de um injetor de fornecimento de metal fundido utilizado no sistema da figura 2;

A figura 4 é uma vista seccional transversal esquemática de um injetor de metal fundido;

25 A figura 5 é uma vista seccional transversal de um injetor de metal fundido, vedação e dispositivo para resfriar a vedação de acordo com a invenção;

A figura 6 é uma vista seccional transversal de uma válvula de retenção usada no sistema da figura 2;

30 A figura 7 é uma vista seccional transversal do molde de extrusão; e

A figura 8 é uma seção longitudinal do sistema de fornecimento de metal fundido.

Descrição Detalhada de Modalidades Preferidas

As figuras anexas e a descrição que se segue expõem esta invenção nas suas modalidades preferidas. Entretanto, considera-se que os versados na técnica de processos de extrusão e/ou sistemas de fornecimento de metal fundido serão capazes de aplicar as características inéditas das estruturas e métodos ilustrados e descritos neste documento em outros contextos pela modificação de certos detalhes. Desta maneira, as figuras e a descrição não são para ser consideradas como restrições no escopo desta invenção, mas devem ser entendidas como preceitos amplos e gerais.

Quando referindo-se a qualquer faixa numérica de valores, tais faixas são entendidas para incluir todos os números e/ou frações entre o mínimo e o máximo da faixa declarada. Finalmente, com o propósito da descrição em seguida, os termos "superior", "inferior", "direito", "esquerdo", "vertical", "horizontal", "topo", "fundo" e derivativos dos mesmos dizem respeito à invenção, tal como ela está orientada nas figuras dos desenhos.

A invenção é dirigida para um sistema de fornecimento de metal fundido pressurizado (sistema de entrega de metal contínuo) incorporando pelo menos dois injetores de metal fundido. O sistema de fornecimento de metal fundido pode ser usado para entregar metal fundido para um aparelho ou processo de extrusão a jusante. Particularmente, o sistema de fornecimento de metal fundido revelado nesta invenção fornece metal fundido em taxas de fluxo e pressões substancialmente constantes para um aparelho ou processo de extrusão a jusante.

Tal como mostrado na figura 2, um sistema de fornecimento de metal fundido 16 inclui uma pluralidade de injetores de metal fundido 18 identificados separadamente com as designações "a" e "b". Um injetor de metal fundido FC 18a e um injetor de metal fundido AC 18b são idênticos e suas partes de componente estão descritas daqui por diante em termos de um único injetor 18 para clareza. Um sistema de alimentação de baixa pressão 20 fornece metal fundido 22 para o injetor de metal fundido FC 18a. O sistema de alimentação de baixa pressão 20 é abastecido continuamente com metal fundido a partir de um recipiente 21 que está em comunicação

fluídica com o sistema de alimentação de baixa pressão 20. O sistema de alimentação de baixa pressão 20 também está em comunicação fluídica com uma primeira passagem de alimentação se estendendo substancialmente de forma vertical 24. A primeira passagem de alimentação 24 está em comunicação fluídica com uma primeira câmara de recebimento 26, a qual está encerrada em um primeiro alojamento 28. A primeira câmara de recebimento 26 está em comunicação fluídica com uma segunda passagem de alimentação se estendendo substancialmente de forma lateral 30. Uma válvula de retenção 32a pode ser usada tanto para impedir quanto para facilitar o fluxo de metal fundido 22 através da segunda passagem de alimentação 30.

A segunda passagem de alimentação 30 se estende para dentro de um segundo alojamento 34 que encerra uma segunda câmara de recebimento 36. A segunda câmara de recebimento 36 está em comunicação fluídica com a segunda passagem de alimentação 30, com uma terceira passagem de alimentação se estendendo substancialmente de forma vertical 38, e com uma quarta passagem de alimentação se estendendo substancialmente de forma lateral 40. A terceira passagem de alimentação 38 está em comunicação fluídica com o interior 42 de um alojamento de injetor 44 do injetor de metal fundido FC 18a. Uma válvula de retenção (OCV) 32b é usada para facilitar ou impedir o fluxo de metal fundido 22 através da quarta passagem de alimentação 40. Mesmo que a figura 2 represente as válvulas de retenção 32a e 32b como sendo posicionadas em torno do centro das segunda e quarta passagens de alimentação 30 e 40, as primeira e/ou segunda válvulas de retenção 32a e 32b também podem se estender substancialmente ao longo do comprimento total das segunda e quarta passagens de alimentação 30 e 40, respectivamente.

A quarta passagem de alimentação 40 se estende para dentro de um terceiro alojamento 46 que encerra uma terceira câmara de recebimento 48. A terceira câmara de recebimento 48 está em comunicação fluídica com a quarta passagem de alimentação 40, com uma quinta passagem de alimentação se estendendo substancialmente de forma vertical 50, e com uma sexta passagem de alimentação se estendendo para fora 52 (tal como

mostrado na figura 8). A quinta passagem de alimentação 50 está em comunicação fluídica com o interior 42 do alojamento 44 do segundo injetor 18b. A sexta passagem de alimentação 52 está em comunicação fluídica com um molde de extrusão 54 (tal como mostrado na figura 8), o qual é usado para solidificar o metal fundido 22 antes de o metal fundido 22 ser extrusado através de uma matriz de extrusão 56 que é fixada ao molde de extrusão 54. Mesmo que a figura 2 represente as passagens de alimentação 24, 30, 38, 40, 50 e 52 como tendo substancialmente o mesmo diâmetro, deve-se notar que isto não é pretendido para ser limitação uma vez que uma ou mais das passagens de alimentação 24, 30, 38, 40, 50 e 52 podem ter diâmetros variando em tamanho.

Como pode ser entendido na figura 2, um cilindro de controle de processo 58, o injetor de metal fundido AC 18b e o injetor de metal fundido FC 18a são unidos por um conduto de gás 60, o qual permite que gás seja conduzido entre o cilindro de controle de processo 58 e os injetores de metal fundido FC e metal fundido AC 18a, 18b. Uma almofada de gás 116 no injetor de metal fundido FC 18a é repostada pelo gás que passa (se desloca) do injetor de metal fundido AC 18b para o injetor de metal fundido FC 18a através do conduto de gás 60 que fica localizado entre os injetores de metal fundido FC e metal fundido AC 18a, 18b. A almofada de gás 116 do injetor de metal fundido AC 18b é repostada pelo gás que passa do cilindro de controle de processo 58 para o injetor de metal fundido AC 18b através do conduto de gás 60 que fica localizado entre o cilindro de controle de processo 58 e o injetor de metal fundido AC 18b. A função do conduto de gás 60 será descrita com detalhes adicionais a seguir.

Na figura 2, o cilindro de controle de processo 58 está em comunicação gasosa com o injetor de metal fundido AC 18b por meio de um primeiro conduto de gás se estendendo substancialmente de forma lateral 62. Um segundo conduto de gás se estendendo substancialmente de forma lateral 64 conecta o injetor de metal fundido AC 18b ao injetor de metal fundido FC 18a. Fixada ao segundo conduto de gás 64 está uma primeira válvula de gás 66, a qual é usada para regular o fluxo de gás entre os injetores de me-

tal fundido FC e metal fundido AC 18a e 18b. Um terceiro conduto de gás 68 é fixado ao injetor de metal fundido FC 18a. O terceiro conduto de gás 68 é usado para ventilar (isto é, expelir ou liberar) gás do injetor de metal fundido FC 18a. A operação de ventilação é regulada por uma segunda válvula de gás 70 que é fixada ao terceiro conduto de gás 68.

O injetor de metal fundido FC e o injetor de metal fundido AC 18a e 18b são idênticos e suas partes de componentes serão descritas em seguida em termos de um único injetor "18" para clareza. Referindo-se às figuras 2 - 5, o injetor 18 inclui um alojamento de injetor 44 que é usado para conter o metal fundido 22 antes do deslocamento do metal fundido 22 para um aparelho ou processo a jusante. Em uma modalidade desta invenção, o alojamento de injetor 44 é revestido com a grafite 105 (tal como mostrado na figura 4). Isto, entretanto, não pretende ser limitação uma vez que o revestimento pode ser fabricado de qualquer material que não reaja adversamente com o metal fundido 22 que está sendo usado. Um pistão 84 se estende para baixo para dentro do alojamento de injetor 44 e é operável reciprocamente dentro do alojamento de injetor 44. Tal como visto nas figuras 2 - 4, uma primeira extremidade 106 do pistão 84 é acoplada a um atuador ou aríete hidráulico 108 que aciona o pistão 84 através do seu movimento alternado. A primeira extremidade 106 do pistão 84 é acoplada a um atuador hidráulico 108 por meio de um acoplamento auto-alinhante 110. A altura da almofada de gás 116, a qual fica localizada entre uma segunda extremidade 114 do pistão 84 e o metal fundido 22, é transportada para um computador ou uma unidade de controle 117 (tal como mostrado na figura 2), que regula o acionamento de um cilindro de controle de processo (PCC) 58, do injetor de metal fundido FC 18a e do injetor de metal fundido AC 18b. O acionamento do pistão de injetor 84 é de maneira tal que uma altura fixa de almofada de gás é mantida. O método no qual o computador 117 regula o acionamento do cilindro de controle de processo (PCC) 58, do injetor de metal fundido FC 18a e do injetor de metal fundido AC 18b está descrito com detalhes adicionais a seguir.

Referindo-se à figura 5, o gás é introduzido nos injetores FC e

AC 18a e 18b, respectivamente, por meio de uma ou mais passagens de entrada de gás 118 que se estendem através do alojamento de injetor 44. A passagem de entrada de gás 118 está em comunicação gasosa com pelo menos um injetor adjacente (não mostrado) ou com o cilindro de controle de processo (não mostrado). Como pode ser visto claramente na figura 5, uma superfície externa 120 do pistão 84 não está completamente nivelada (isto é, em contato) com a parede interna 122 do alojamento do injetor 18, permitindo assim que o gás proveniente dos injetores adjacentes ou do cilindro de controle de processo 58 entre no alojamento de injetor 44. Quando uma válvula de gás é aberta, o gás sai do alojamento do injetor 18 através de uma ou mais passagens de saída de gás 124 que se estendem através do alojamento de injetor 44.

O gás no alojamento de injetor 44 é impedido de escapar entre o pistão 84 e o alojamento de injetor 44 por pelo menos uma vedação 126 que é posicionada nas proximidades da primeira extremidade 82 do alojamento de injetor 44. Como pode ser visto claramente na figura 5, a vedação 126 é recebida em uma ranhura 128 que é localizada na parede interna 122 do alojamento de injetor 44 adjacente à superfície externa 120 do pistão 84. Posicionado adjacente à primeira extremidade 82 do alojamento de injetor 44 está um rebaixo anular 80, o qual fica situado abaixo do alojamento de suporte 76 ou das placas de topo 78.

A vedação 126 é resfriada para impedir degradação por causa do calor que é gerado pelo metal fundido 22, pelo gás aquecido no alojamento de injetor 44 e pelo atrito que é causado pelo acionamento do pistão 84. A figura 5 representa uma modalidade do dispositivo de resfriamento que pode ser implementado. Nesta modalidade, uma pluralidade de canais de resfriamento 132 é posicionada na superfície externa 130 do alojamento de injetor 44 nas proximidades da vedação 126. Uma blindagem 134, a qual é projetada para impedir que o refrigerante escape dos canais de resfriamento 132, circunda os canais de resfriamento e o alojamento de injetor 44. Em uma outra modalidade, canais de resfriamento são localizados no interior 136 da blindagem 134.

Como pode ser entendido a partir das figuras 2 e 6, o método de extrusão pode ser dividido em dois ciclos separados e distintos. Primeiro, existe um ciclo de enchimento que prepara o sistema de fornecimento de metal fundido 2 para o processo de extrusão. Uma vez que o sistema de fornecimento de metal fundido 2 tenha sido enchido com o metal fundido 22, o ciclo de extrusão é iniciado para extrusar o produto.

Durante o ciclo de enchimento o sistema de alimentação de baixa pressão 20 é enchido com o metal fundido 22 proveniente de um recipiente 21, o qual contém metal fundido. Uma vez que o sistema de alimentação de baixa pressão 20 é enchido com o metal fundido 22, o metal fundido 22 se desloca do sistema de alimentação de baixa pressão 20 para a primeira passagem de alimentação 24, a qual está em comunicação fluídica com a primeira câmara de recebimento 26. O movimento do metal fundido 22 do sistema de alimentação de baixa pressão 20 para a primeira passagem de alimentação 24 é um resultado da pressão de gás no sistema de alimentação de baixa pressão 20 sendo mais alta (isto é, maior) do que a pressão de gás no injetor de metal fundido FC 18a. Desta maneira, o metal fundido 22 se desloca do sistema de alimentação de baixa pressão 20 para o injetor de metal fundido FC 18a. À medida que o metal fundido 22 sai do sistema de alimentação de baixa pressão 20, metal fundido 22 adicional é introduzido no sistema de alimentação de baixa pressão 20 por meio do recipiente 21, de maneira que a altura do metal fundido 22 no sistema de alimentação de baixa pressão 20 permanece substancialmente constante. Da primeira câmara de recebimento 26 o metal fundido 22 se desloca para a segunda passagem de alimentação 30.

O metal fundido 22 se desloca através da segunda passagem de alimentação 30 para dentro da segunda câmara de recebimento 36, a qual está em comunicação fluídica com as terceira e quarta passagens de alimentação 38 e 40. Neste exato momento, o metal fundido 22 é capaz de se deslocar livremente através da segunda passagem de alimentação 30 por causa de a válvula de retenção ICV 32a incluir as bobinas de aquecimento 180 que estão ativas e estão aquecendo o metal fundido 22 para assegurar

que o metal fundido 22 permanece em um estado substancialmente líquido. À medida que a segunda câmara de recebimento 36 é enchida com o metal fundido 22, o metal fundido 22 é impedido de se deslocar através da quarta passagem de alimentação 40 pela válvula de retenção OCV 32b que está sendo resfriada a fim de abaixar a temperatura do metal fundido 22 para baixo de uma temperatura de solidificação. Ao contrário da válvula de retenção ICV 32a, as bobinas de aquecimento 180 na válvula de retenção OCV 32b estão inativas neste momento. Por impedir que o metal fundido 22 se desloque através da quarta passagem de alimentação 40, a segunda câmara de recebimento 36 é enchida com o metal fundido 22. Uma vez que a segunda câmara de recebimento 36 tenha sido enchida, o metal fundido 22 se desloca para a terceira passagem de alimentação 38, a qual está em comunicação fluídica com o interior 42 do alojamento de injetor 42 do injetor de metal fundido FC 18a. À medida que a altura do metal fundido 22 no injetor de metal fundido FC 18a aumenta, a sonda de metal fundido 116 transmite a distância entre o pistão 84 e o metal fundido 22 para o computador ou unidade de controle 117. O computador 117 instrui o pistão 84 do injetor de metal fundido FC 18a para se deslocar ou atuar para cima (isto é, curso de retorno) mantendo assim uma altura predeterminada constante entre o pistão 84 e o metal fundido 22.

Quando o metal fundido 22 no injetor de metal fundido FC 18a alcança uma altura crítica, a ICV é fechada pela remoção da energia de aquecimento por indução e resfria o corpo de válvula substancialmente para baixo do ponto de congelamento do alumínio. A almofada de gás no cilindro FC é então pré-pressurizada substancialmente próxima da pressão de almofada de gás no injetor de metal fundido AC 18b. Então as bobinas de aquecimento 180 da válvula de retenção OCV 32b são ativadas, elevando assim a temperatura do metal fundido 22 solidificado na válvula de retenção OCV 32b acima da temperatura de solidificação do metal fundido 22. Ao mesmo tempo, a pressão de gás entre os injetores de metal fundido FC e metal fundido AC 18a e 18b, respectivamente, são equalizadas pela condução de gás do injetor de metal fundido AC 18b através do conduto de gás 60 para o inje-

tor de metal fundido AC 18a, pela abertura da primeira válvula de gás 66. A equalização da pressão de gás faz com que a pressão no injetor de metal fundido FC 18a suba acima da pressão de gás no sistema de alimentação de baixa pressão 20, impedindo assim o fluxo do metal fundido 22 do sistema de alimentação de baixa pressão 20 para o injetor de metal fundido FC 18a. Uma vez acima da temperatura de solidificação, o metal fundido 22 na válvula de retenção OCV 32b se desloca através da quarta passagem de alimentação 40 para a terceira câmara de recebimento 36, a qual está em comunicação fluídica com as quinta e sexta passagens de alimentação 50 e 52. Ao mesmo tempo que o metal fundido 22 começa a se deslocar através da válvula de retenção OCV 32b, o pistão 84 do injetor de metal fundido FC 18a começa o seu curso descendente (isto é, curso de deslocamento) em uma velocidade predeterminada. O computador 117 monitora as medições que são feitas pela sonda de fundido 112 e ajusta a velocidade do pistão 84 para casar com a velocidade predeterminada desta maneira. O curso descendente do pistão 84 do injetor de metal fundido FC 18a empurra o metal fundido 22 no alojamento de injetor 44 através da terceira passagem de alimentação 38, da segunda câmara de recebimento 36 e da quarta passagem de alimentação 40. Durante o curso descendente do pistão 84, refluxo do metal fundido 22 através da segunda passagem de alimentação 30 é impedido pelo resfriamento da válvula de retenção ICV 32a e solidificação do metal fundido 22 localizado na mesma.

Uma vez que o metal fundido 22 esteja na terceira câmara de recebimento 48, o metal fundido 22 se desloca através de ambas as quinta e sexta passagens de alimentação 50 e 52 simultaneamente. A quinta passagem de alimentação 50 está em comunicação fluídica com o interior 42 do alojamento de injetor 44 do injetor de metal fundido AC 18b, enquanto que a sexta passagem de alimentação 52 está em comunicação fluídica com o molde de extrusão 54. O alojamento de injetor 44 do injetor de metal fundido AC 18b é enchido e o computador 117 desloca o pistão 84 do injetor de metal fundido AC 18b para cima (isto é, curso de retorno), de maneira que uma altura predeterminada constante (isto é, a almofada de gás 116) é mantida

entre o pistão 84 e o metal fundido 22.

O ciclo de extrusão é definido pelo injetor de metal fundido FC 18a indo através de um curso de deslocamento seguido por um curso de retorno. Durante o ciclo de extrusão o pistão 84 do injetor de metal fundido AC é monitorado pelo computador 117, o qual é programado para manter uma distância predeterminada entre o pistão 84 e o metal fundido 22. Em outras palavras, é sempre mantida uma altura constante da almofada de gás 116. Esta distância é medida pela sonda de fundido 112 e as medições são transmitidas continuamente para o computador 117. O curso descendente do pistão 84 do injetor de metal fundido AC 18b desloca o metal fundido 22 no injetor de metal fundido AC 18b para o molde de extrusão 54 através da quinta passagem de alimentação 50, da terceira câmara de recebimento 48 e da sexta passagem de alimentação 52. Refluxo do metal fundido 22 através da quarta passagem de alimentação 40 é impedido pelo fechamento da válvula de retenção OCV 32b e pela solidificação do metal fundido 22 que está localizado na mesma.

Referindo-se à figura 6, uma vez que no molde de extrusão 54 o metal fundido 22 é solidificado e extrusado através da matriz de extrusão 226, a qual fica localizada na segunda extremidade 188 do molde de extrusão 54. Dispositivo para medir a velocidade 228 na qual uma extrusão sólida 230 sai da matriz de extrusão 226 é posicionado a jusante da matriz de extrusão 226. O dispositivo de detecção de velocidade é monitorado por um computador (não mostrado) que regula o cilindro de controle de processo 58.

Tal como descrito nos parágrafos precedentes, o cilindro de controle de processo 58 regula a pressão de gás no injetor de metal fundido AC 18b. Referindo-se à figura 2, o cilindro de controle de processo 58 inclui um alojamento separado 232 e um pistão separado 234 que é operável reciprocamente dentro do alojamento 232. O acionamento do segundo pistão 234 afetará a pressão de gás no injetor de metal fundido AC 18b uma vez que o cilindro de controle de processo 58 e o injetor de metal fundido AC 18b estão em comunicação gasosa. Uma fonte de fornecimento de gás 236 fornece gás adicional para o cilindro de controle de processo 58 se exigido. A fonte

de fornecimento de gás 236 e o cilindro de controle de processo 58 são conectados por meio de um quarto conduto de gás 238. Em outras palavras, a fonte de fornecimento de gás 236 e o cilindro de controle de processo 58 estão em comunicação gasosa um com o outro por meio do quarto conduto de gás 238. Fixada ao quarto conduto de gás 238 está uma terceira válvula de gás 240, a qual é usada para regular o fluxo de gás entre a fonte de fornecimento de gás 236 e o cilindro de controle de processo 58. Um quinto conduto de gás 242 é fixado ao cilindro de controle de processo 58. O quinto conduto de gás 242 é usado para ventilar (isto é, expelir ou liberar) gás do cilindro de controle de processo 58. O gás é ventilado através do quinto conduto de gás 242 a fim de reduzir a quantidade de gás localizado no cilindro de controle de processo 58. A quantidade de gás ventilado através do quinto conduto de gás 242 é controlada por uma quarta válvula de gás 244, a qual é fixada ao quinto conduto de gás 242. Uma quinta válvula de gás 246 é fixada ao primeiro conduto de gás 62 a fim de regular o fluxo de gás entre o cilindro de controle de processo 58 e o injetor de metal fundido AC 18b.

Se a velocidade de saída da extrusão 230 estiver abaixo de uma velocidade desejada, então o computador 117 instruirá o pistão de cilindro de controle de processo (PCC) 234 para se deslocar para baixo (curso de deslocamento), aumentando assim a quantidade de pressão que é aplicada ao gás no cilindro de controle de processo 58. Em outras palavras, quando o pistão de PCC 234 entra no curso de deslocamento a pressão total no sistema de fornecimento de metal fundido 16 é aumentada. A pressão de gás aumentada no cilindro de controle de processo 58 translada para um aumento na pressão de gás no injetor de metal fundido AC 18b, uma vez que o gás no cilindro de controle de processo 58 está sendo deslocado para dentro do injetor de metal fundido AC 18b. Por causa de o pistão 84 no injetor de metal fundido AC 18b ser projetado para manter uma altura particular como medida pela sonda de metal fundido 112 entre o pistão 84 e o metal fundido 22, a velocidade de curso descendente do pistão 84 aumentará para compensar a altura da almofada de gás expandido.

Se a velocidade de saída da extrusão 230 estiver acima de uma

velocidade desejada (isto é, taxa), então o computador 117 instruirá o pistão de PCC 234 para se deslocar para cima (curso de retorno), reduzindo assim a quantidade de pressão que é aplicada ao gás no cilindro de controle de processo 58 e conseqüentemente no injetor de metal fundido AC 18b. Em
5 outras palavras, quando o segundo pistão 234 entra no curso de retorno, a pressão total no sistema de fornecimento de metal fundido 16 é reduzida. Uma vez que o pistão 84 do injetor de metal fundido AC 18b é projetado para manter uma altura constante da almofada de gás 116 (isto é, a distância entre o pistão 84 e o metal fundido 22) como medida pela sonda de metal
10 fundido 112, a velocidade de curso descendente do pistão 84 do injetor de metal fundido AC 18b é reduzida para compensar os níveis mais altos do metal fundido 22 no alojamento de injetor 42.

Se a velocidade de saída da extrusão 230 estiver na velocidade desejada, então o computador 117 instruirá o segundo pistão 234 para permanecer estacionário. Pela retenção do segundo pistão 234 estacionário, a
15 quantidade de pressão que é aplicada ao gás no cilindro de controle de processo 58 e conseqüentemente no injetor de metal fundido AC 18b permanecerá constante. Em outras palavras, a pressão de ponta a ponta no sistema de fornecimento de metal fundido 16 não será aumentada ou reduzida. Desta maneira, a extrusão 230 sairá da matriz de extrusão 226 na velocidade
20 desejada.

Antes da conclusão do curso descendente do injetor de metal fundido AC 18b, a primeira válvula de gás 66, a qual impede que gás proveniente do injetor de metal fundido AC 18b entre no injetor de metal fundido
25 FC 18a, é aberta a fim de equalizar a pressão de gás entre os injetores de metal fundido FC e metal fundido AC 18a e 18b. Uma vez que a pressão de gás tenha sido equalizada entre os injetores de metal fundido FC e metal fundido AC 18a e 18b, a primeira válvula de gás 66 é fechada e o injetor de metal fundido FC 18a começa o seu curso descendente para encher o injetor
30 de metal fundido AC 18b e o molde de extrusão 54 com o metal fundido 22. Quando o curso de deslocamento do injetor de metal fundido FC 18a está completo, a segunda válvula de gás 70 é aberta para suavizar a pressão de

gás que tenha acumulado no injetor de metal fundido FC 18a, reduzindo assim a pressão do injetor de metal fundido AC 18a para abaixo daquela do sistema de alimentação de baixa pressão 20. Isto faz com que o sistema de alimentação de baixa pressão 20 encha o injetor de metal fundido FC 18a com o metal fundido 22 e o ciclo de extrusão é repetido de maneira que o metal fundido 22 é continuamente extrusado em uma taxa constante.

Válvula de Retenção

As primeira e segunda válvulas de retenção 32a e 32b são idênticas e as suas partes de componentes serão descritas daqui por diante em termos de uma única válvula de retenção 32. A operação bem-sucedida do sistema de entrega de metal fundido pode ser realizada com o emprego de qualquer válvula de retenção de metal fundido segura. Um exemplo de uma válvula de retenção como esta é uma válvula de dupla ação descrita na Patente U.S. No. 6.739.485 para Sample et al. Uma modalidade preferida de uma válvula de retenção baseada no congelamento e derretimento de metal fundido de acordo com a invenção está descrita nos parágrafos que se seguem.

Referindo-se à figura 6, a válvula de retenção 32 inclui um primeiro núcleo condutor termicamente 138 tendo uma primeira extremidade 140 e uma segunda extremidade 142 com um furo central 144 se estendendo substancialmente ao longo do comprimento total. Em uma modalidade, o primeiro núcleo 138 é substancialmente de forma cilíndrica. Em uma outra modalidade, o primeiro núcleo condutor termicamente 138 é fabricado de grafite. Isto, entretanto, não pretende ser limitação uma vez que o primeiro núcleo 138 pode ser fabricado de qualquer material condutor termicamente, desde que o material não reaja adversamente com o metal fundido 22. O fluxo do metal fundido 22 através do furo central 144 é representado por uma seta Y. Como pode ser entendido a partir da figura 6, o metal fundido 22 entra no primeiro núcleo 138 através da primeira extremidade 140 e sai do primeiro núcleo 138 pela segunda extremidade 142. Na figura 6, o furo central 144 inclui um primeiro furo de menor diâmetro 146 e um segundo furo de maior diâmetro 148. O primeiro furo de menor diâmetro 146 torna

mais difícil para o metal fundido 22 fluir na direção de uma seta X. Mesmo que a figura 6 represente o primeiro e o segundo furos 146 e 148 do núcleo 138 como tendo substancialmente o mesmo comprimento, os versados na técnica reconhecerão que os primeiro e segundo furos 146 e 148 podem ter
5 comprimentos desiguais. Em uma modalidade, o furo central 144 tem um diâmetro substancialmente uniforme.

Circundante ao primeiro núcleo 138 está uma primeira luva 150. Em uma modalidade, a primeira luva 150 tem uma forma substancialmente cilíndrica e é fabricada de um material metálico condutor termicamente tal
10 como cobre. Um ou mais canais de resfriamento 152 são posicionados no interior da primeira luva 150 e se estendem substancialmente ao longo do comprimento da mesma. O canal de resfriamento 152 pode ser posicionado próximo ou distal da superfície externa 156 da primeira luva 150. O canal de resfriamento 152, o qual tem uma primeira extremidade 158 e uma segunda
15 extremidade 160, é fabricado por furação do canal 152 através do comprimento total da primeira luva 150. Uma vez fabricado, cada extremidade aberta do canal 152 é selada com um plugue 162 a fim de impedir que o refrigerante escape. Os métodos que são usados para furar o canal de resfriamento 152 e para fixar o plugue 162 à primeira luva 150 são conhecidos na
20 técnica. Em uma modalidade, os plugues são feitos de cobre. Entretanto, isto não pretende ser limitação uma vez que qualquer metal ou liga metálica pode ser usada para fabricar os plugues.

Em uma outra modalidade, a primeira luva 150 é fabricada de duas metades metálicas que são soldadas conjuntamente. Por causa de me-
25 tade do canal de resfriamento 152 ser usinado em cada metade metálica, esta modalidade particular elimina a necessidade de ter que usar os plugues 162 para vedar as extremidades dos dois canais de resfriamento 152, uma vez que os canais de resfriamento 152 não se estendem ao longo do comprimento total da primeira luva 150. Se mais de dois canais de resfriamento
30 152 forem utilizados na válvula de retenção 32 desta modalidade, então os canais de resfriamento 152 serão furados e vedados usando-se processos que são bem-conhecidos na técnica.

Tal como mostrado na figura 6, o refrigerante é introduzido no canal de resfriamento 152 por um conduto de entrada 164, o qual está em constante comunicação fluídica ou gasosa com a segunda extremidade 160 do canal de resfriamento 152. O conduto de entrada 164 se estende substancialmente de forma radial a partir do canal de resfriamento 152 e recebe refrigerante de um primeiro tubo de resfriamento de entrada 166, o qual é retido no lugar por um suporte 168 que se estende substancialmente ao longo da circunferência da primeira luva 150. O suporte 168 tem um canal interior 170 que está em contínua comunicação fluídica ou gasosa com o primeiro tubo de resfriamento de entrada 166. O canal interior 170 do suporte 168 também se estende substancialmente ao longo da circunferência do suporte 168, conduzindo assim refrigerante frio para outros canais de resfriamento 152 que estejam localizados na primeira luva 150.

À medida que refrigerante flui na direção da primeira extremidade 158 do canal de resfriamento 152, o refrigerante absorve calor que está sendo eliminado do metal fundido 22 solidificando ou congelando assim o metal fundido 22 que está localizado dentro do primeiro núcleo condutor termicamente 138, pela redução da temperatura do metal fundido 22 para abaixo de uma temperatura de solidificação. Referindo-se à figura 6, o refrigerante aquecido é expelido da primeira luva 150 através de um primeiro tubo de resfriamento de saída 172 que fica localizado perto da primeira extremidade 174 da primeira luva 150. Mesmo que a figura 6 represente o primeiro tubo de resfriamento de entrada 166 como estando localizado perto da segunda extremidade 176 da primeira luva 150 e o primeiro tubo de resfriamento de saída 172 como estando localizado perto da primeira extremidade 174 da primeira luva 150, a posição dos primeiros tubos de resfriamento de entrada 166 e de saída 172 pode ser invertida sem fugir do escopo desta invenção. Similar ao primeiro tubo de resfriamento de entrada 166, o primeiro tubo de resfriamento de saída 172 é retido no lugar pelo suporte 168 que se estende substancialmente ao longo da circunferência da primeira luva 150. O suporte 168 tem um canal interior 170 que está em constante comunicação fluídica ou gasosa com o primeiro tubo de resfriamento de saída 172

e o conduto de saída 178, o qual está em comunicação fluídica ou gasosa com a primeira extremidade do canal de resfriamento 158. O canal interior 170 se estende substancialmente ao longo da circunferência do suporte 168 conduzindo assim o refrigerante aquecido que é expelido dos tubos de resfriamento na direção do primeiro tubo de resfriamento de saída 172.

O fluxo do refrigerante através da primeira luva 150 pode ser resumido como se segue. Entretanto, para clareza o fluxo de refrigerante será descrito em relação ao canal de resfriamento 152 que está localizado perto do topo da primeira luva 150 na figura 6. Primeiro, refrigerante é recebido no primeiro tubo de resfriamento de entrada 166. O refrigerante então flui do primeiro tubo de resfriamento de entrada 166 para dentro do canal interno 170 do suporte 168. Do canal interno 170 o refrigerante flui para dentro do conduto de entrada 164, o qual é conectado à segunda extremidade 160 do canal de resfriamento 152. À medida que refrigerante se desloca da segunda extremidade 160 do canal de resfriamento 152 na direção da primeira extremidade 158 o refrigerante absorve o calor que é gerado pelo metal fundido 22. Refrigerante aquecido então flui da primeira extremidade 158 do canal de resfriamento 152 para o primeiro tubo de resfriamento de saída 172 por meio do conduto de saída 178 e do canal interno 170 do suporte 168.

A primeira luva 150 é circundada por uma bobina de aquecimento 180, a qual fornece calor para o primeiro núcleo condutor termicamente 138 e para a primeira luva 150, assegurando assim que o metal fundido 22 flui livremente através da válvula de retenção 32, pela manutenção do metal fundido 22 acima de uma temperatura de solidificação à medida que o metal fundido 22 se desloca através dos primeiro e segundo furos 146 e 148 do primeiro núcleo condutor termicamente 138. A bobina de aquecimento 180 também é usada para levar o metal fundido 22 de volta para um estado fundido depois de o metal fundido 22 ter sido solidificado ou congelado. Mesmo que a figura 6 represente a bobina de aquecimento 180 como sendo posicionada entre os dois suportes 168, esta figura não pretende ser limitação uma vez que a bobina de aquecimento 180 também pode ser posicionada

adjacente a ambos os lados dos suportes 168.

O projeto das válvulas de controle de fluxo tradicionais conta com abertura e fechamento de um orifício para alcançar uma certa taxa de fluxo, dada uma queda de pressão. Na indústria de alumínio, válvulas de retenção são utilizadas para permitir ou impedir o fluxo de um metal fundido para um dado sistema. Entretanto, estas válvulas de retenção tradicionais são problemáticas quando elas são usadas para controlar o fluxo de alumínio fundido sob alta pressão (isto é, $\geq 34.473.785$ Pa (5.000 psi)). Parte do problema é proveniente da afinidade do alumínio fundido para reagir com a maioria dos materiais que são usados para fabricar válvulas de retenção tradicionais. Um outro problema é causado pela incapacidade das válvulas de retenção tradicionais para manter a sua forma ou configuração em temperaturas em torno de 670°C (1.238°F), ou acima disto, por causa de os materiais usados para fabricar as válvulas de retenção começarem a derreter em altas temperaturas (isto é, $\geq 670^{\circ}\text{C}$). Em outras palavras, os materiais usados para fabricar válvulas de retenção tradicionais carecem de estabilidade dimensional em temperaturas em torno de 670°C (1.238°F), ou acima disto. Além disso, a operação confiável de projetos de válvula de retenção tradicionais é impedida por contaminantes que são encontrados no alumínio fundido propriamente dito. Estes contaminantes são freqüentemente partículas sólidas duras que impedem que uma válvula de retenção tradicional forme uma vedação mecânica completa, o que resulta finalmente em uma quantidade significativa de vazamento quando o alumínio fundido está sob alta pressão.

O benefício do uso do projeto de válvula de retenção que é revelado nesta invenção é que ele tem a capacidade para operar sob alta pressão (isto é, $\geq 34.473.785$ Pa (5.000 psi)) e em altas temperaturas (isto é, $\geq 670^{\circ}\text{C}$). Ao contrário das válvulas de retenção tradicionais, esta válvula de retenção não tem partes móveis. Desta maneira, a vida útil desta válvula de retenção é substancialmente aumentada uma vez que a maioria dos componentes que compreendem a válvula de retenção não está sujeita a desgaste mecânico. Um outro benefício desta válvula de retenção é que ela é insensí-

vel aos contaminantes que são algumas vezes encontrados no alumínio fundido, uma vez que a válvula de retenção não se baseia em uma vedação mecânica para impedir o fluxo de alumínio fundido através da válvula de retenção. Em vez disto, a válvula de retenção que está descrita nesta invenção conta com congelamento do alumínio fundido que está localizado no furo central para impedir o fluxo do alumínio fundido através da válvula de retenção. Também um outro benefício do projeto da válvula de retenção que é revelada nesta invenção é que ela é facilmente fabricada por causa de tolerâncias rígidas ou restritas não serem exigidas na fabricação da válvula de retenção que é revelada nesta invenção.

Uma vantagem do uso do sistema de fornecimento de metal fundido que é revelado nesta invenção é que o sistema aumenta a quantidade de metal recuperado durante um processo de extrusão. Durante um processo de extrusão típico, a cabeça e o final do produto extrusado teriam que ser rejeitados e serrados uma vez que a cabeça do produto extrusado teria atributos físicos que seriam diferentes do resto do produto, enquanto que o final do produto extrusado teria contaminantes que são tipicamente inadequados para um produto de ponta.

Tal como exposto acima, uma outra vantagem do uso do sistema de fornecimento de metal fundido que é revelado nesta invenção é que um produto de comprimento indefinido ou arbitrário pode ser produzido, eliminando assim a necessidade de ter que usar um tarugo ou lingote com uma grande área de seção transversal e a falta de homogeneidade microestrutural que tipicamente acompanha um tarugo como este. Por preceder o uso de um tarugo ou lingote com uma grande área de seção transversal, o produto que é extrusado usando o sistema de fornecimento de metal fundido não exhibe a falta de homogeneidade microestrutural que normalmente ocorreria se um tarugo tendo uma grande área de seção transversal fosse usado.

Uma outra vantagem é que uma extrusão pode ser produzida em uma taxa mais alta (isto é, maior produtividade de metal) por causa da taxa de solidificação mais rápida que é alcançada enquanto se usa esta invenção.

Também uma outra vantagem do uso do sistema de fornecimento de metal fundido que é revelado nesta invenção é que porosidade de contração no produto extrusado pode ser evitada por causa de o produto de alumínio ser solidificado sob pressão. Pela eliminação ou redução da ocorrência de porosidade de contração, o produto que é extrusado através do sistema de fornecimento de metal fundido exibe pouca a nenhuma redução de seção transversal depois de ser extrusado. Isto está em completo contraste com as técnicas de processamento convencionais (isto é, métodos de extrusão tradicionais), as quais exigem grandes reduções seccionais transversais no produto extrusado a fim de compensar a porosidade de contração que tipicamente se forma no estágio de moldagem de lingote.

Quando um produto é extrusado usando-se métodos de extrusão convencionais, tais como extrusão direta ou indireta, a temperatura do produto varia ao longo do comprimento do produto. Por exemplo, durante a extrusão direta a temperatura do produto aumenta por causa do aquecimento por atrito do tarugo ou lingote. Durante a extrusão indireta a temperatura do produto pode cair à medida que o tarugo é resfriado no recipiente. Estas variações de temperatura no produto, as quais ocorrem normalmente durante o uso de métodos de extrusão tradicionais, tornam a têmpera com restrição física de partes sujeitas à distorção ("press quenching") do produto tratável com calor não confiável uma vez que o produto tende a torcer depois do processo de têmpera. Além da distorção, as propriedades físicas do produto também variariam ao longo do comprimento do produto depois de o produto ser temperado com restrição física de partes sujeitas à distorção. Têmpera com restrição física de partes sujeitas à distorção inclui têmpera por meio de água, ar e gás tal como nitrogênio ou argônio. A distorção no produto é causada pela interação entre a ação térmica severa do processo de têmpera e as variações de temperatura que são encontradas ao longo do comprimento do produto. Em contraste, o sistema de fornecimento de metal fundido leva em conta a extrusão de um produto tendo uma temperatura uniforme, permitindo assim que o produto tratável com calor seja temperado com restrição física de partes sujeitas à distorção com mais segurança. Em

outras palavras, o produto que fosse extrusado usando o sistema de fornecimento de metal fundido que é revelado nesta invenção teria pouca a nenhuma distorção depois de o produto ser temperado porque o comprimento total do produto teria uma temperatura uniforme.

5 Uma outra vantagem do uso do sistema de fornecimento de metal fundido é que ele leva em conta a extrusão de ligas de alumínio de alta resistência que não são capazes de ser extrusadas usando-se técnicas e métodos convencionais, uma vez que estas ligas de alumínio não podem ser moldadas em tarugos ou haste. Por exemplo, quando uma liga metálica de
10 alta resistência é moldada em um tarugo, o tarugo tipicamente racha. Por causa de estas ligas de alumínio tratáveis com calor de alta resistência não poderem ser moldadas em tarugos ou haste elas não podem ser extrusadas usando-se técnicas tradicionais. Entretanto, estas ligas de alumínio de alta resistência podem ser extrusadas usando-se o sistema de fornecimento de
15 metal fundido que é revelado nesta invenção, por causa de o sistema de fornecimento de metal fundido eliminar a necessidade de ter um tarugo ou haste para extrusar um produto porque o produto é extrusado a partir do alumínio fundido.

 Também uma outra vantagem desta invenção diz respeito à solubilidade de elementos de liga em uma liga de alumínio. A solubilidade de
20 elementos de liga em alumínio fundido muda com a pressão aplicada. Desta maneira, a solubilidade destes elementos de liga pode ser aumentada pelo manejo da pressão no sistema de fornecimento de metal fundido, levando em conta assim a extrusão de uma liga de alumínio tratável com calor de
25 alta resistência tendo resistência mais alta do que as ligas de alumínio tratáveis com calor de alta resistência convencionais, uma vez que maior supersaturação de elementos de liga na liga de alumínio é possível com esta invenção.

 Tendo descrito as modalidades preferidas atualmente, deve ser
30 entendido que a invenção pode ser de outro modo incorporada dentro do escopo das reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de fornecimento de metal fundido compreendendo:
uma fonte de fornecimento de metal fundido; e
uma pluralidade de injetores de metal fundido compreendendo
5 pelo menos um primeiro injetor de metal fundido e pelo menos um segundo injetor de metal fundido,
o primeiro injetor de metal fundido alternando entre e estando em comunicação fluídica em um primeiro instante com a fonte de fornecimento de metal fundido e em um segundo instante simultaneamente com o
10 segundo injetor de metal fundido e um processo a jusante,
o segundo injetor de metal fundido em comunicação fluídica em um primeiro instante com o primeiro injetor de metal fundido e com um processo a jusante e em um segundo instante somente com o processo a jusante,
15 cada um dos injetores tendo um alojamento de injetor configurado para conter metal fundido e um pistão que é operável reciprocamente dentro do alojamento, o pistão móvel através de um curso de retorno e de um curso para frente, o curso de retorno permite que o metal fundido seja recebido dentro do alojamento e o curso para frente desloca o metal fundido
20 a partir do alojamento, o curso para frente do primeiro injetor de metal fundido distribui simultaneamente o metal fundido para o alojamento do segundo injetor de metal fundido e para o processo a jusante, o curso para frente do segundo injetor de metal fundido distribui o metal fundido para o processo a jusante.
- 25 2. Sistema de fornecimento de metal fundido de acordo com a reivindicação 1, em que os cursos para frente de cada um dos primeiro e segundo injetores de metal fundido distribuem o metal fundido para o processo a jusante em uma taxa exigida para manter operação contínua.
- 30 3. Sistema de fornecimento de metal fundido de acordo com a reivindicação 1, compreendendo adicionalmente um dispositivo para controlar a velocidade de saída de um produto do processo a jusante, o dispositivo compreendendo:

um cilindro de controle de processo em comunicação gasosa com o segundo injetor de metal fundido, o cilindro de controle de processo tendo um segundo alojamento configurado para conter um gás e um segundo pistão que é operável reciprocamente dentro do segundo alojamento,

5 o pistão é móvel através de um curso para frente e de um curso de retorno, o curso de retorno diminuindo a quantidade de pressão aplicada ao gás no segundo alojamento e assim diminuindo a velocidade do curso para frente do segundo injetor de metal fundido, o que diminui a velocidade de saída do produto extrusado, o curso para frente aumentando a quantidade de de pressão aplicada ao gás no segundo alojamento, o que aumenta a
10 velocidade de saída do produto.

4. Sistema de fornecimento de metal fundido de acordo com a reivindicação 1, em que cada um dos injetores está em comunicação gasosa com pelo menos um injetor adjacente.

15 5. Sistema de fornecimento de metal fundido de acordo com a reivindicação 1, compreendendo adicionalmente uma almofada de gás localizada entre o pistão e o metal fundido no primeiro injetor de metal fundido.

6. Sistema de fornecimento de metal fundido de acordo com a reivindicação 5, em que as almofadas de gás são argônio ou outro gás adequado.
20

7. Sistema de fornecimento de metal fundido de acordo com a reivindicação 4, compreendendo adicionalmente uma pluralidade de válvulas de gás compreendendo pelo menos uma primeira válvula de gás posicionada entre o primeiro injetor de metal fundido e o segundo injetor de metal fundido e uma segunda válvula de gás posicionada adjacente ao primeiro injetor
25 de metal fundido, cada uma das válvulas de gás estando em comunicação gasosa com pelo menos um dos injetores em que:

antes de o segundo injetor de metal fundido completar o curso para frente a primeira válvula de gás é aberta, durante o curso de retorno do
30 segundo injetor de metal fundido a primeira válvula de gás é fechada;

durante o curso de deslocamento do primeiro injetor de metal fundido cada uma das primeira e segunda válvulas de gás é fechada; e

quando o primeiro injetor de metal fundido completa o curso descendente a segunda válvula de gás é aberta, durante o curso de retorno do primeiro injetor de metal fundido cada uma das primeira e segunda válvulas de gás é fechada.

- 5 8. Sistema de fornecimento de metal fundido de acordo com a reivindicação 1, em que o sistema de fornecimento de metal fundido compreende adicionalmente:

uma pluralidade de válvulas de retenção compreendendo pelo menos uma primeira válvula de retenção posicionada entre o primeiro injetor de metal fundido e a fonte de fornecimento de metal fundido e uma segunda
10 válvula de retenção posicionada entre os primeiro e segundo injetores de metal fundido;

em que a primeira válvula de retenção está aberta e a segunda válvula de retenção está fechada durante o curso de retorno do primeiro inje-
15 tor de metal fundido, a primeira válvula de retenção está fechada e a segunda válvula de retenção está aberta durante o curso de deslocamento do primeiro injetor de metal fundido e durante o curso de retorno do segundo injetor de metal fundido, a segunda válvula de retenção está fechada durante o curso para frente do segundo injetor de metal fundido, os primeiro e segundo
20 injetores de metal fundido estando sincronizados para se deslocar em direções substancialmente opostas.

9. Sistema de fornecimento de metal fundido de acordo com a reivindicação 1, em que o processo a jusante é um molde de extrusão.

10. Válvula de retenção para aplicações de metal fundido compreendendo adicionalmente uma primeira luva metálica circundando um primeiro núcleo condutor termicamente, a primeira luva metálica tendo um dispositivo para resfriar e aquecer o primeiro núcleo condutor termicamente.
25

11. Válvula de retenção de acordo com a reivindicação 10, em que o primeiro núcleo condutor termicamente é fabricado de grafite.

30 12. Válvula de retenção de acordo com a reivindicação 10, em que a primeira luva metálica é fabricada de um material metálico de alta resistência.

13. Válvula de retenção de acordo com a reivindicação 10, em que o dispositivo para resfriar a primeira luva metálica é pelo menos um canal de resfriamento posicionado em um interior da luva metálica, o canal de resfriamento estando em comunicação fluídica ou gasosa com um primeiro tubo de resfriamento de entrada e com um primeiro tubo de resfriamento de saída.

14. Válvula de retenção de acordo com a reivindicação 10, em que o dispositivo para aquecer a primeira luva metálica é pelo menos uma bobina de aquecimento por indução ou outro dispositivo de aquecimento rápido.

15. Válvula de retenção de acordo com a reivindicação 10, em que o furo do primeiro núcleo condutor termicamente compreende um primeiro furo e um segundo furo, o primeiro furo tendo um diâmetro menor do que o do segundo furo.

16. Válvula de retenção de acordo com a reivindicação 10, em que:

a válvula de retenção é fechada pelo resfriamento da válvula de retenção para solidificar um metal fundido no furo; e

a válvula de retenção é aberta pelo aquecimento da válvula de retenção para liquefazer um metal fundido solidificado no furo.

17. Método para operar um sistema de fornecimento de fundido para fornecer metal fundido a um processo a jusante em uma taxa de fluxo e pressão de metal fundido substancialmente constantes, com o sistema compreendendo:

uma fonte de fornecimento de metal fundido;

uma pluralidade de injetores de metal fundido compreendendo pelo menos um primeiro injetor de metal fundido e um segundo injetor de metal fundido,

o primeiro injetor de metal fundido alternando entre e estando em comunicação fluídica com a fonte de fornecimento de metal fundido ou em comunicação simultaneamente com o segundo injetor de metal fundido e um processo a jusante,

o segundo injetor de metal fundido alternando entre e estando em comunicação fluídica com o primeiro injetor de metal fundido e com um processo a jusante ou somente com o processo a jusante,

5 cada um dos injetores tendo um alojamento de injetor configurado para conter um metal fundido e um pistão que é operável reciprocamente dentro do alojamento, o pistão é móvel através de um curso de retorno e de um curso para frente, o curso de retorno permite que o metal fundido seja recebido dentro do alojamento e o curso para frente desloca o metal fundido a partir do alojamento; e

10 uma pluralidade de válvulas de retenção compreendendo pelo menos uma primeira válvula de retenção posicionada entre o primeiro injetor de metal fundido e a fonte de fornecimento de metal fundido e pelo menos uma segunda válvula de retenção posicionada entre os primeiro e segundo injetores de metal fundido,

15 o método compreendendo as etapas de:

acionar os injetores para deslocar os injetores através dos cursos de retorno e para frente em diferentes momentos, os primeiro e segundo injetores de metal fundido estando sincronizados para se deslocar em direções substancialmente opostas;

20 abrir a primeira válvula de retenção durante o curso de retorno do primeiro injetor de metal fundido e fechar a segunda válvula de retenção;

abrir a segunda válvula de retenção durante o curso de deslocamento do primeiro injetor de metal fundido e durante o curso de retorno do segundo injetor de metal fundido e fechar a primeira válvula de retenção;

25 fechar a segunda válvula de retenção durante o curso de deslocamento do segundo injetor de metal fundido; e

alimentar simultaneamente o segundo injetor de metal fundido e o processo a jusante com o metal fundido durante o curso de deslocamento do primeiro injetor de metal fundido.

30 18. Método para operar um sistema de fornecimento de fundido para fornecer metal fundido a um processo a jusante em uma taxa de fluxo e pressão de metal fundido substancialmente constantes de acordo com a rei-

vindicação 17, compreendendo adicionalmente:

controlar a velocidade de saída de um produto do processo a jusante pelo ajuste da velocidade do curso de deslocamento do segundo injetor de metal fundido com um cilindro de controle de processo, o cilindro de controle de processo estando em comunicação gasosa com o segundo injetor de metal fundido, o cilindro de controle de processo compreendendo:

um segundo alojamento configurado para conter um gás e um segundo pistão que é operável reciprocamente dentro do segundo alojamento,

o segundo pistão móvel através de um curso de retorno e de um curso para frente, o curso de retorno diminuindo a quantidade de pressão aplicada ao gás no segundo alojamento e assim diminuindo a velocidade do curso para frente do segundo injetor de metal fundido, o que diminui a velocidade de saída do produto, o curso de retorno aumentando a quantidade de pressão aplicada ao gás no segundo alojamento e assim aumentando a velocidade do curso de deslocamento do segundo injetor de metal fundido, o que aumenta a velocidade de saída do produto, cada um dos injetores estando em comunicação gasosa com pelo menos um injetor adjacente.

19. Método para operar um sistema de fornecimento de fundido para fornecer metal fundido a um processo a jusante em uma taxa de fluxo e pressão de metal fundido substancialmente constantes de acordo com a reivindicação 17, com o sistema compreendendo adicionalmente:

uma pluralidade de válvulas de gás compreendendo pelo menos uma primeira válvula de gás e pelo menos uma segunda válvula de gás, cada uma das válvulas de gás estando em comunicação gasosa com pelo menos um dos injetores,

o método compreendendo adicionalmente:

abrir a primeira válvula de gás antes da conclusão do curso para frente do segundo injetor de metal fundido, fechar a primeira válvula de gás durante o curso de retorno do segundo injetor de metal fundido;

fechar cada uma das primeira e segunda válvulas de gás durante o curso para frente do primeiro injetor de metal fundido; e

abrir a segunda válvula de gás quando o primeiro injetor de metal fundido completa o curso para frente, fechar cada um dos primeiro e segundo injetores durante o curso de retorno do primeiro injetor de metal fundido.

5 20. Método para operar um sistema de fornecimento de fundido para fornecer metal fundido a um processo a jusante em uma taxa de fluxo e pressão de metal fundido substancialmente constantes de acordo com a reivindicação 17, compreendendo adicionalmente a etapa de extrusar o produto através do processo a jusante.

10 21. Método de acordo com a reivindicação 20, em que o produto extrusado é de um comprimento indefinido.

22. Método para fornecer um metal fundido a um processo a jusante em uma taxa de fluxo e pressão de metal fundido substancialmente constantes com um sistema incluindo:

15 um recipiente de fornecimento de metal fundido;
 pelo menos um primeiro injetor de metal fundido e pelo menos um segundo injetor de metal fundido, cada injetor em comunicação fluídica com o outro, com o recipiente de fornecimento de metal fundido e com o processo a jusante,

20 os injetores tendo um alojamento configurado para conter um metal fundido e um pistão móvel através de um curso de retorno e de um curso para frente, o curso de retorno permitindo que o metal fundido seja recebido dentro do alojamento e o curso para frente deslocando o metal fundido a partir do alojamento;

25 uma primeira válvula de retenção posicionada entre o primeiro injetor de metal fundido e o recipiente de fornecimento de metal fundido;

uma segunda válvula de retenção posicionada entre os primeiro e segundo injetores de metal fundido; e

uma saída levando ao processo a jusante, o método compreendendo:

30 fornecer metal fundido para o recipiente de fornecimento de metal fundido;

fechar a segunda válvula de retenção e abrir a primeira válvula de retenção durante um curso de retorno do primeiro injetor de metal fundido para encher o primeiro injetor de metal fundido com metal fundido proveniente do recipiente de fornecimento de metal fundido;

- 5 abrir a segunda válvula de retenção e deslocar o pistão no primeiro injetor de metal fundido e retrain o pistão no segundo injetor de metal fundido e fechar a primeira válvula de retenção para encher o segundo injetor de metal fundido com metal fundido;

- deslocar o pistão no segundo injetor de metal fundido para alimentar o processo a jusante enquanto alimentando simultaneamente o segundo injetor de metal fundido com metal fundido pelo deslocamento do pistão no primeiro injetor de metal fundido; e
- 10

fechar a segunda válvula de retenção e retrain o pistão no primeiro injetor para reabastecer de metal fundido o mesmo,

- 15 em que os primeiro e segundo injetores de metal fundido são sincronizados para se deslocar em direções substancialmente opostas para fornecer um fluxo de metal fundido contínuo para a saída.

23. Método de acordo com a reivindicação 22, em que o sistema inclui um cilindro de pressão de gás para controlar pressão de gás no espaço nos injetores acima do pistão, e incluindo a etapa de regular a pressão de gás nos injetores para controlar a distribuição de metal fundido para a saída.
- 20

24. Método de acordo com a reivindicação 22, incluindo alimentar o metal fundido na saída através de uma matriz de extrusão.

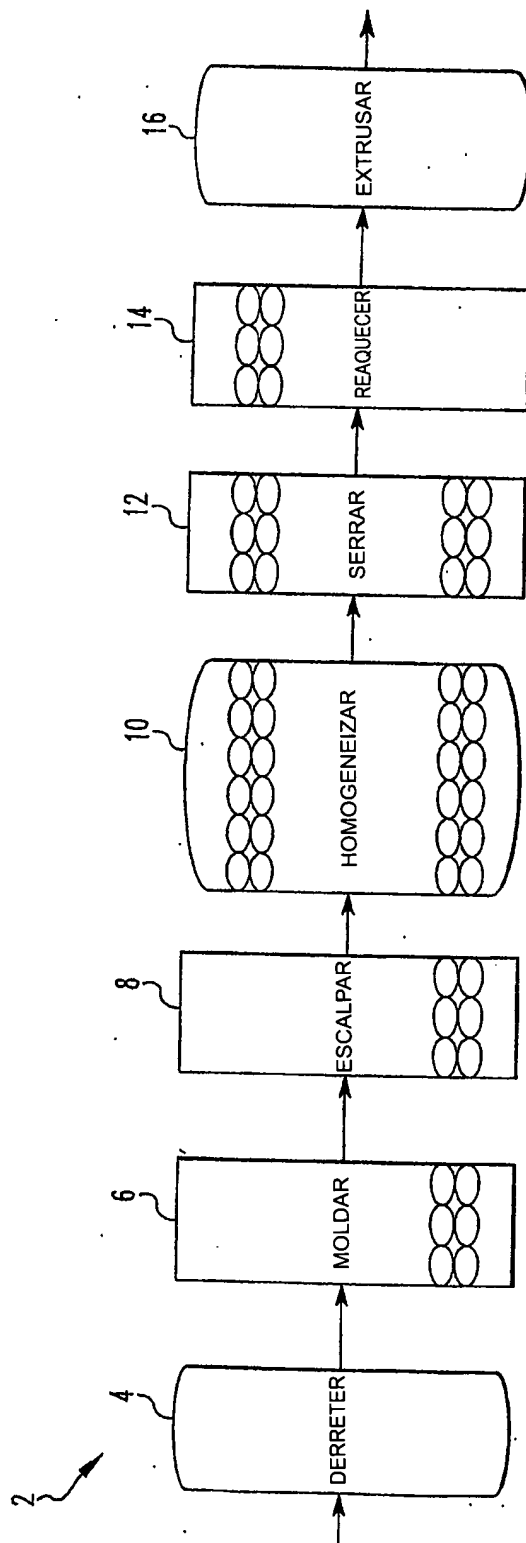
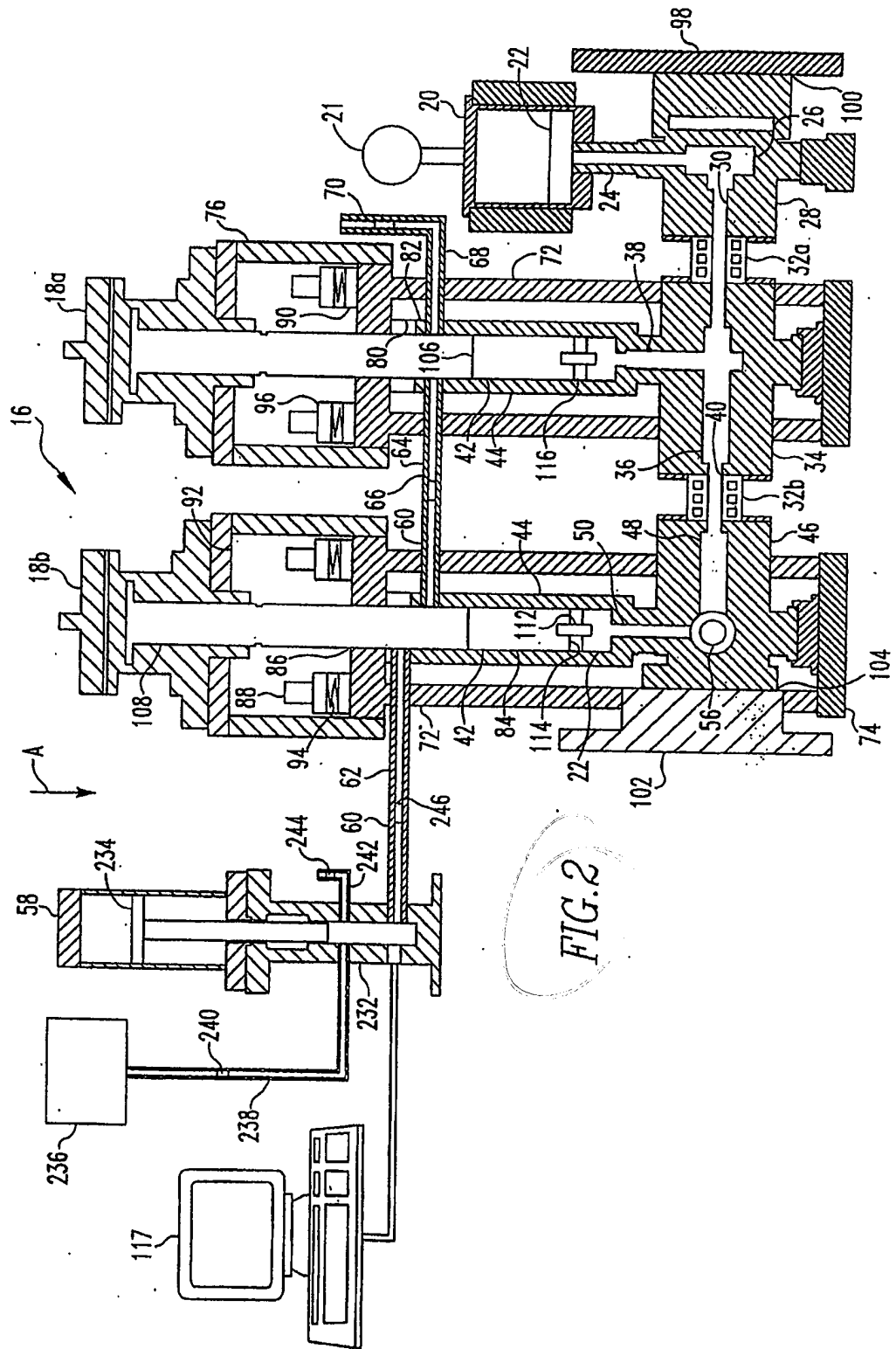
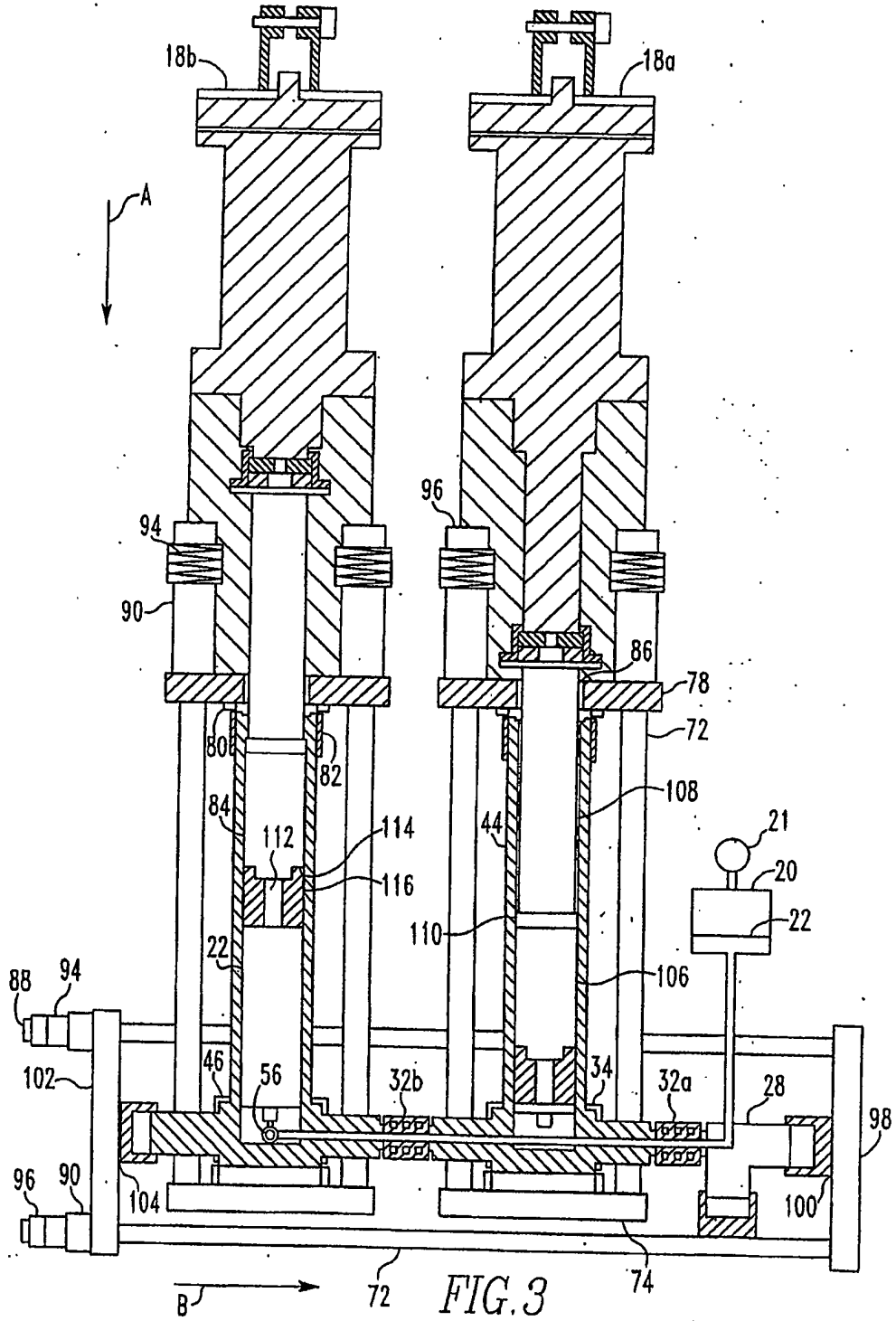


FIG.1
TÉCNICA ANTERIOR





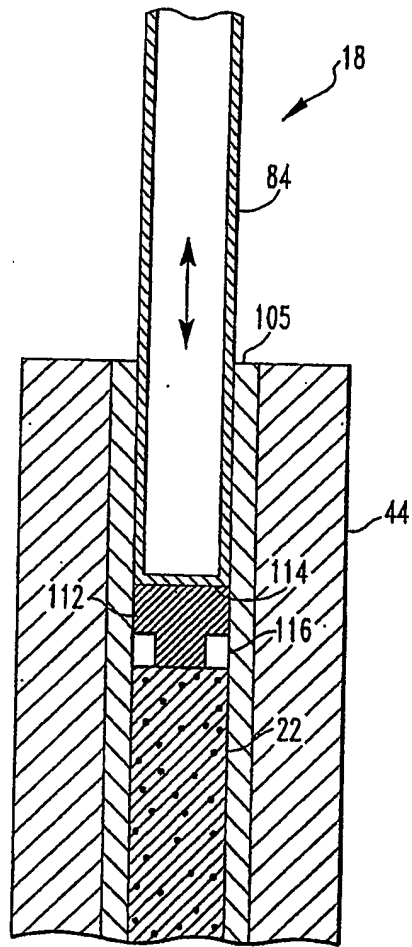
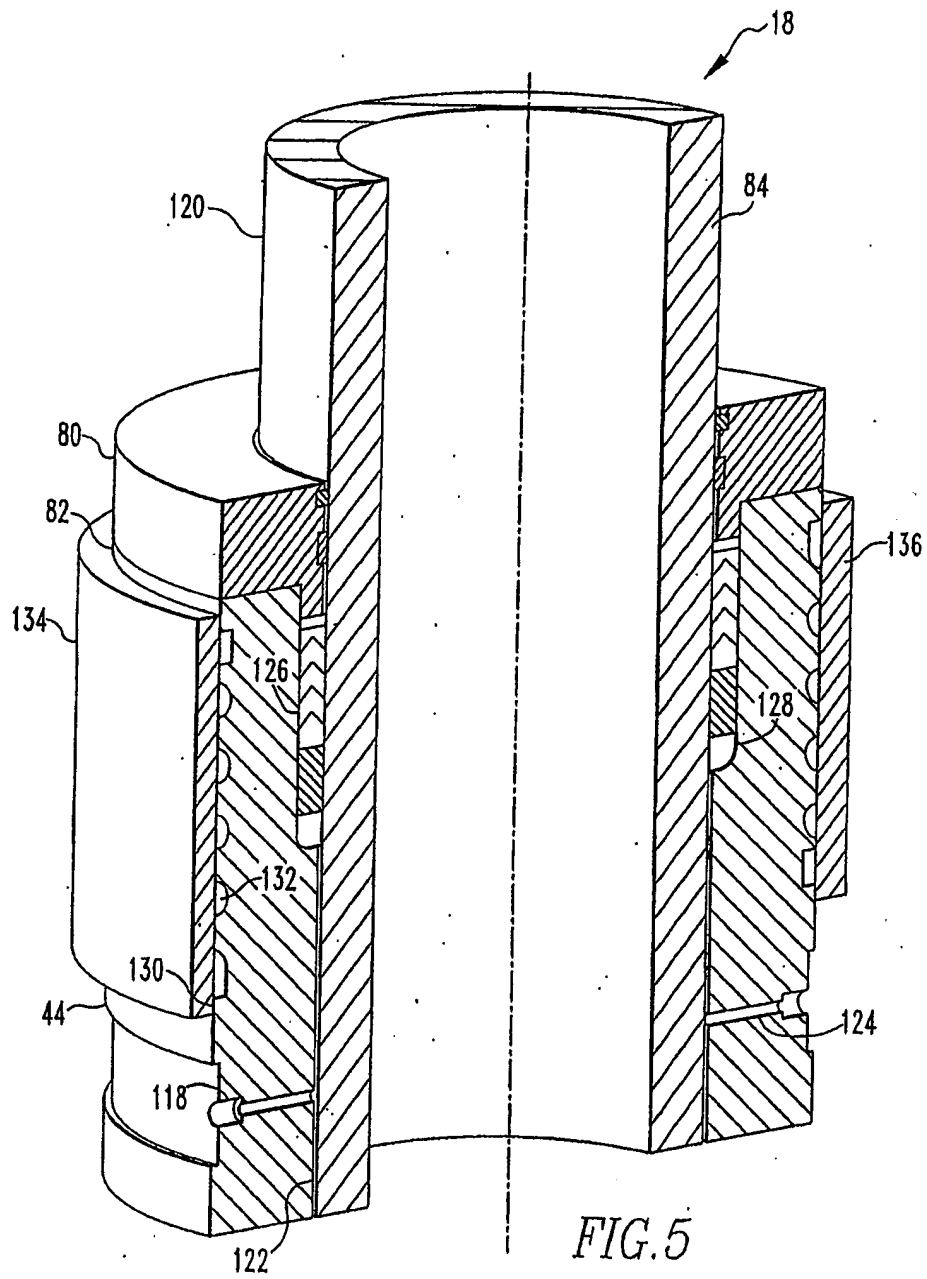
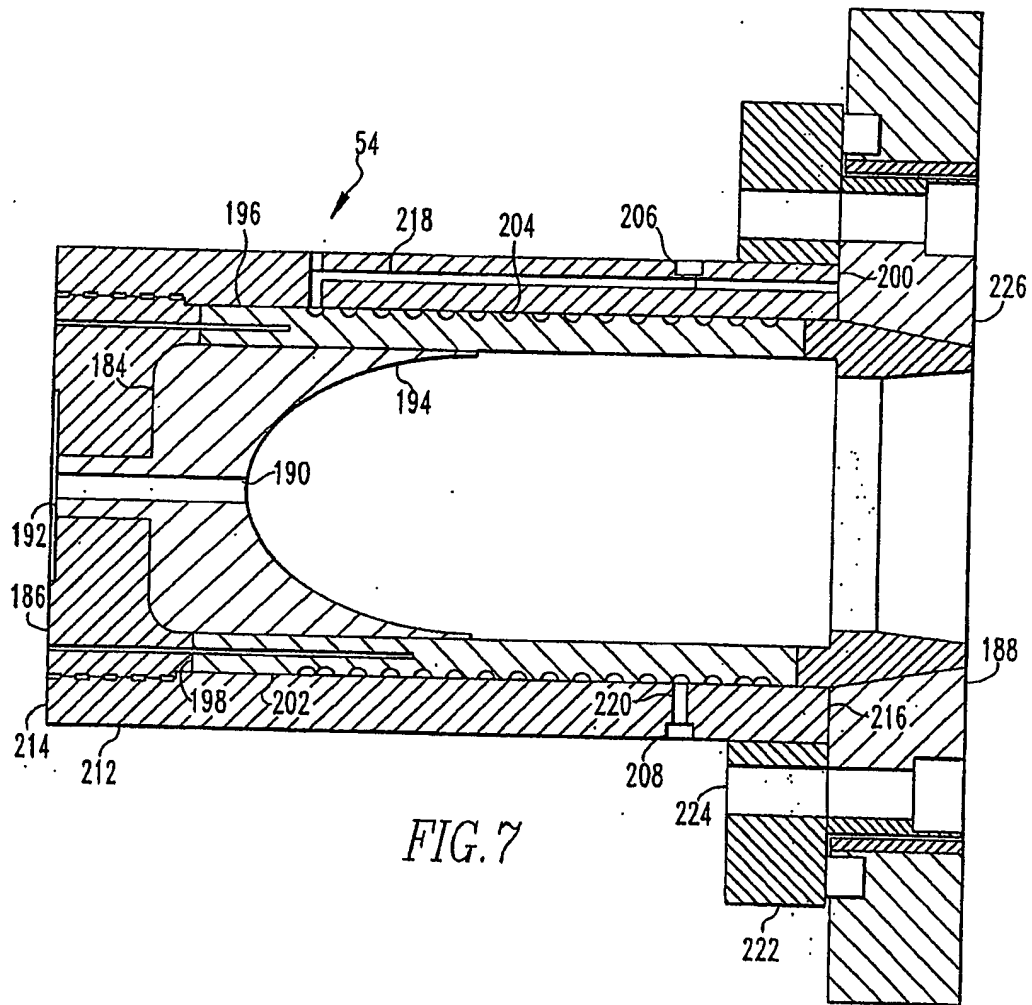
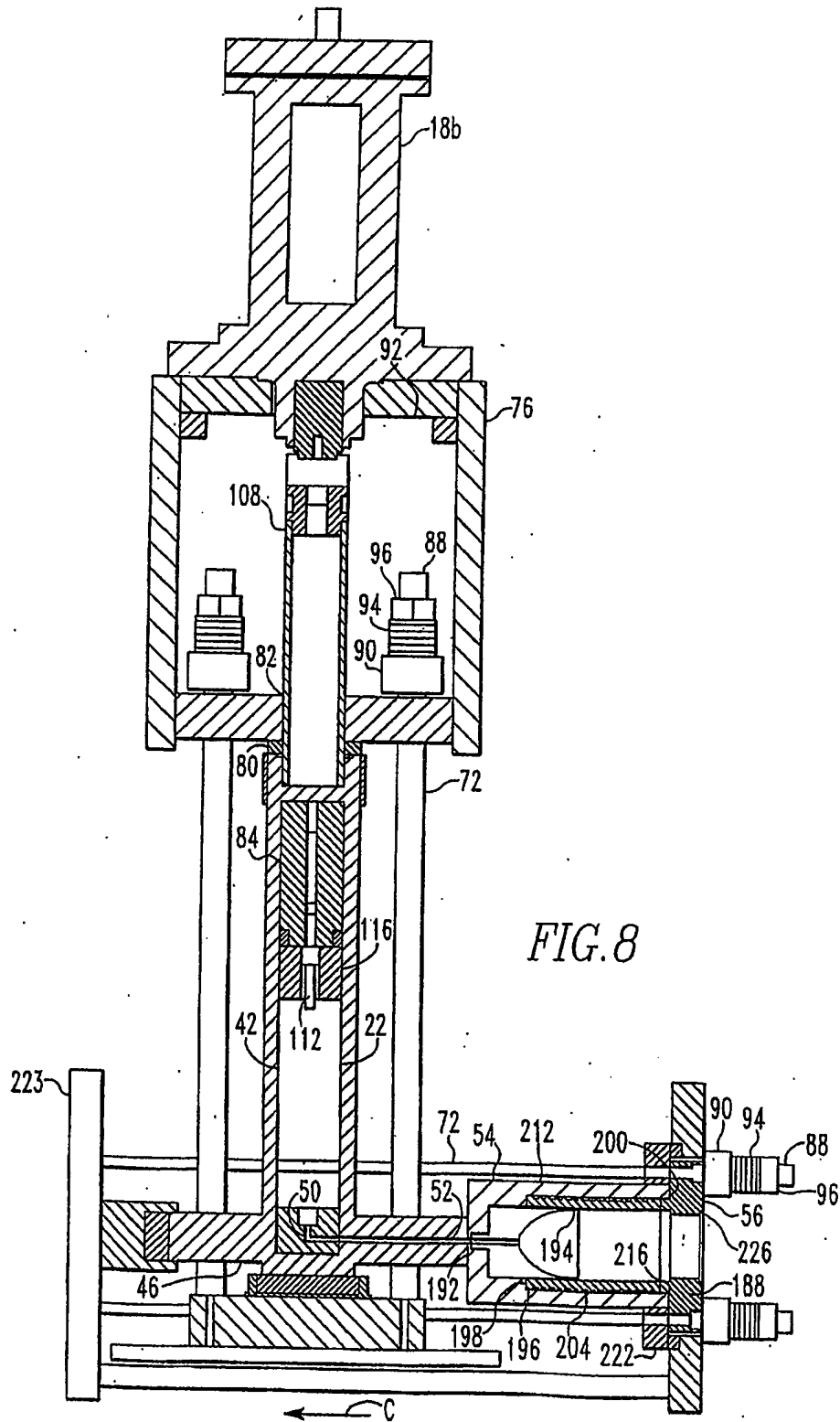


FIG. 4









Pt 0617225-3

RESUMO

Patente de Invenção: **"APARELHO E MÉTODO PARA EXTRUSÃO DE ALTA PRESSÃO COM ALUMÍNIO FUNDIDO"**.

5 A presente invenção refere-se a um sistema de fornecimento de metal fundido que pode fornecer metal fundido para um processo a jusante em uma pressão e taxa de fluxo de metal fundido constantes. O sistema de fornecimento de metal fundido inclui uma fonte de fornecimento de metal fundido, uma pluralidade de injetores e uma pluralidade de válvulas de retenção.