

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

(21) PI 0808472-6 A2



(22) Data de Depósito: 07/03/2008
(43) Data da Publicação: 15/07/2014
(RPI 2271)

(51) Int.Cl.:
B22D 17/30
B22D 17/20

(54) Título: PARAFUSO PARA PROCESSAR METAL, LIGAS METÁLICAS E COMPÓSITOS DE MATRIZ METÁLICA EM MÁQUINA DE MOLDAGEM POR INJEÇÃO DE PLÁSTICO, MÁQUINA DE MOLDAGEM POR INJEÇÃO DE PLÁSTICO, E, MÉTODO PARA PROCESSAR METAL, LIGAS METÁLICAS E COMPÓSITOS DE MATRIZ METÁLICA EM UMA MÁQUINA DE MOLDAGEM POR INJEÇÃO DE PLÁSTICO E PARA MODIFICAR UM PARAFUSO PARA UMA MÁQUINA DE MOLDAGEM POR INJEÇÃO.

(57) Resumo:

(30) Prioridade Unionista: 10/03/2007 US 60/894202

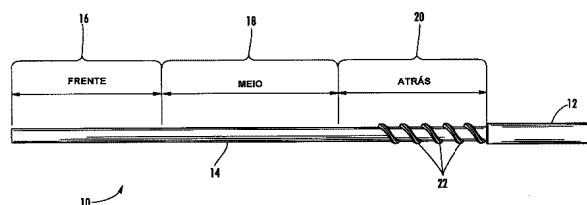
(73) Titular(es): Cool Options, Inc.

(72) Inventor(es): Kevin A. McCullough

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT US2008056238 de 07/03/2008

(87) Publicação Internacional: WO 2008/112555de 18/09/2008



“PARAFUSO PARA PROCESSAR METAL, LIGAS METÁLICAS E
COMPÓSITOS DE MATRIZ METÁLICA EM MÁQUINA DE
MOLDAGEM POR INJEÇÃO DE PLÁSTICO, MÁQUINA DE
MOLDAGEM POR INJEÇÃO DE PLÁSTICO, E, MÉTODO PARA
5 PROCESSAR METAL, LIGAS METÁLICAS E COMPÓSITOS DE
MATRIZ METÁLICA EM UMA MÁQUINA DE MOLDAGEM POR
INJEÇÃO DE PLÁSTICO E PARA MODIFICAR UM PARAFUSO PARA
UMA MÁQUINA DE MOLDAGEM POR INJEÇÃO”

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

10 1. Campo da Invenção

A presente invenção diz respeito no geral a moldagem por
injeção e, mais especificamente, a um desenho de parafuso para uma máquina
de moldagem por injeção configurada para uso com processamento de metais,
e a um método de configurar uma máquina de moldagem por injeção para uso
15 com processamento de metais.

2. Fundamentos da Invenção

O processamento de metais em formas de rede tridimensionais
por meio de equipamento de moldagem por injeção de parafuso de ação
alternada usado para plástico tem sido a muito tempo uma meta de muitos
20 esforços de pesquisa. Moldagem por injeção é uma técnica de processamento
de baixo custo para produzir partes complexas, mas tem sido limitado à
moldagem de plástico por uma variedade de motivos.

Existe uma variedade extremamente grande de equipamento de
moldagem por injeção em todo o mundo. É difícil definir o número exato,
25 mas provavelmente existem mais de um milhão de máquinas de moldagem
por injeção em uso comercial atualmente. Como um exemplo, distribuidores
de máquinas de moldagem por injeção apenas na China têm uma média em
torno de 50.000 unidades por ano para os últimos anos. Equipamento de
moldagem por injeção tem uma vida útil limitada por um mínimo de 10 anos,

e muitas máquinas operam por 20 anos ou mais, especialmente se elas forem devidamente mantidas e/ou remodeladas (por exemplo, com componentes eletrônicos).

5 Metais são em geral aceitos como não processáveis em
equipamento de moldagem por injeção convencional destinados ao
processamento de plástico. Existem dois motivos principais. Primeiro, metal e
suas ligas de interesse comercial em geral (existem exceções) têm
temperaturas de fusão que são significativamente acima da capacidade de
temperatura máxima da maioria das máquinas de moldagem por injeção
10 (tipicamente 400 °C (~ 800 F). Esta temperatura é suficiente para todos, ou
quase todos, os polímeros orgânicos, uma vez que eles todos tendem começar
degradar (por exemplo, oxidar, carbonizar, decompor) a temperaturas acima
de 400 °C (~ 800 F).

 A segunda questão é pressão. Embora metais fundidos acima
15 de sua temperatura do liquidus tenham uma viscosidade muito baixa, eles
cristalizam tão rapidamente a ponto de que é difícil superar a resistência de
formação de cristal em equipamento de moldagem por injeção. Por outro
lado, polímeros (polímeros amorfos e polímeros semicristalinos em uma
menor extensão) são materiais viscosos com um amplo relacionamento
20 viscosidade versus temperatura. Portanto, o escoamento pode ser controlado
por uma combinação de temperatura e pressão. Diferente da maioria dos
metais, viscosidade em polímeros nunca cai a um valor extremamente baixo
(por exemplo, como água) de maneira tal que fique difícil controlar.

 A exigência de que um material tenha uma força finita abaixo
25 da qual ele não se move é uma característica importante para processar
utilidade em equipamento de moldagem por injeção convencional. Polímeros
em geral atendem esses critérios. Metais, em geral, têm uma transição muito
mais acentuada no seu ponto de fusão. Existem exceções, incluindo metais
semissólidos (metais semifundidos a uma temperatura intermediária das suas

temperaturas do liquidus e solidus) e ligas de metais amorfas que têm uma composição que retarda ou atrasa a formação de cristais.

Em decorrência disto, o método em geral aceito para produzir partes em forma de rede tridimensional a partir de metais é a fundição sob pressão. Na fundição sob pressão, a temperatura do processo é bem acima da temperatura do liquidus e o metal fundido é vazado por gravidade ou pressão assistida para preencher uma cavidade. Fundição sob pressão e fundição sob pressão assistida por pressão são métodos de processamento aceitos e existem inúmeras instalações de fundição e equipamento em todo o mundo. Existem algumas desvantagens de fundição sob pressão baseados fundamentalmente no escoamento descontrolado do material durante o enchimento da cavidade. A falta de controle reológico do escoamento (viscosidade tipo água) causa enchimento do molde que é inconsistente, e um controle dimensional aquém do desejável (contração). Uma outra abordagem é trabalhar com o metal no estado semissólido (entre sua temperatura do liquidus e solidus) para reduzir efetivamente a temperatura do processo. O resfriamento do semissólido também produz menor contração em virtude de uma porção do "banho" já estar solidificada. Esta abordagem é usada na moldagem de certas ligas de magnésio usando um processo de moldagem por injeção modificado referido como tixomoldagem. Um dos inconvenientes de qualquer desses processos é a disponibilidade de equipamento comercial. Fundição sob pressão normalmente envolve um ambiente tipo fundição para atingir as temperaturas de processo exigidas. Tixomoldagem exige temperaturas um pouco mais baixas, mas usa força e, portanto, equipamento muito robusto e especializado, para superar a rápida solidificação ou crescimento de cristais. Partes tixomoldadas também têm em geral exigências secundárias significativas, reparo de acabamento superficial, remoção de respingo. Existem também significantes exigências a respeito de manuseio e reprocessamento de sucata, canais de alimentação, etc.

Uma terceira maneira de fundir partes metálicas com forma próxima à acabada é geralmente referida como moldagem por injeção de metal (MIM) ou moldagem por injeção de pó (PIM). Neste caso, uma pré-forma ou parte verde é moldada por injeção a temperaturas convencionais usando metais pulverizados e um aglutinante orgânico ou polimérico. O aglutinante é removido e a parte é sinterizada a alta temperatura em um ambiente redutor para gerar a parte. Uma grande redução de volume (contração) é associada com a etapa de sinterização. Uma quarta maneira é a usinagem da parte a partir de formas maiores ou lingotes para gerar as dimensões desejadas. Métodos adicionais (por exemplo, forjamento) podem criar algumas formas tridimensionais, mas não são adequadas para estruturas complexas.

Os quatro processos descritos são todos usados comercialmente e com sucesso. Também, eles todos têm custo significativo ou outros inconvenientes que limitam a utilidade mais ampla e o significado comercial. Seria certamente desejável que ligas metálicas fossem processáveis em partes em forma de rede tridimensional usando equipamento de moldagem por injeção convencional.

Portanto, existe uma necessidade na indústria de um método de processar metais em equipamento de moldagem por injeção.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

O parafuso modificado para uma máquina de moldagem por injeção soluciona os problemas da técnica anterior provendo um eixo de parafuso que pode ser usado para processar metais em uma máquina de moldagem por injeção. O parafuso tem partes dianteira, intermediária e traseira. O eixo do parafuso tem uma haste com um eixo do parafuso estendendo-se a partir da mesma. O eixo do parafuso inclui uma parte dianteira, intermediária e traseira. O eixo do parafuso também inclui inúmeros filetes usados para avançar o material através da máquina de moldagem por

injeção. Na modalidade preferida, filetes no eixo do parafuso estendem-se somente através da seção traseira do eixo do parafuso. Em uma modalidade alternativa, filetes podem também ser incluídos na parte dianteira do eixo do parafuso.

5 Em lugar de fabricar um novo parafuso, o parafuso modificado da presente invenção pode ser feito a partir de um parafuso de moldagem por injeção de plástico convencional removendo-se seletivamente os filetes das partes intermediária e/ou dianteira do eixo do parafuso.

10 O parafuso pode ser usado em máquinas de moldagem por injeção convencionais, tradicionalmente usadas para processar plástico, a fim de processar metais.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

15 Esses e outros recursos, aspectos e vantagens da presente invenção ficarão mais bem entendidos com referência à descrição seguinte, reivindicações anexas e desenhos associados, em que:

 A figura 1 é uma vista plana da modalidade preferida do desenho de parafuso da presente invenção;

20 A figura 2 é uma vista seccional transversal parcial de uma máquina de moldagem por injeção de plástico convencional que incorpora a modalidade preferida do desenho de parafuso da presente invenção;

 A figura 3 é uma vista plana de uma modalidade alternativa do desenho de parafuso da presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA MODALIDADE PREFERIDA

25 Referindo-se agora à figura 1, o parafuso para uma máquina de moldagem por injeção da presente invenção está revelado no geral por 10. O parafuso tem uma haste 12 com um eixo do parafuso 14 estendendo-se a partir da mesma. O eixo do parafuso 14 inclui uma parte dianteira 16, intermediária 18 e traseira 20. O eixo do parafuso 14 também inclui inúmeros filetes 22 usados para avançar material através da máquina de moldagem por

injeção. Na modalidade preferida, filetes 22 no eixo do parafuso 14 estendem-se somente na seção traseira 20 do eixo do parafuso 14. Em uma modalidade alternativa 100, mais bem vista na figura 3, filetes 22 podem também ser incluídos na parte dianteira 16 do eixo do parafuso 14. Entretanto, é
5 imperativo que os filetes 22 sejam eliminados (ou não incluídos) na parte intermediária 18 do eixo do parafuso 14.

Referindo-se agora à figura 2, uma máquina de moldagem por injeção de plástico configurada com o parafuso 10 da presente invenção está mostrada no geral por 24. A máquina de moldagem por injeção 24 inclui uma
10 seção do cilindro 26 que é grosseiramente dividida em três zonas, de alimentação, transição e dosagem, que serão mais bem descritas a seguir. O parafuso 10 é rotacionado e imerso no cilindro por um motor 28. Material K é alimentado na zona de alimentação do cilindro 26 por meio de uma tremonha 30 e de uma garganta de alimentação 32. Na zona de dosagem do cilindro 26
15 fica um bico 34 que é conectado a uma prensa de molde 36 com um molde 38 com uma cavidade do molde 40 e jito 42. O jito 42 e a cavidade do molde 40 estão em comunicação fluídica com o bico 34. A temperatura do cilindro 26 é parcialmente controlada por meio de aquecedores 44.

O parafuso 10 da presente invenção permite que uma ampla
20 faixa de metais e suas ligas e compósitos seja processada em partes de forma de rede tridimensional usando o equipamento de moldagem por injeção convencional destinado ao processamento de plástico. Embora não se deva esperar que equipamento de moldagem por injeção convencional posa processar todos metais e suas ligas com base em um limite de temperatura
25 (por exemplo, aços alta temperatura, etc.) existe uma faixa de ligas comercialmente interessantes e seus compósitos que prevê-se encontram utilidade muito ampla se eles puderem ser processados usando base instalada em todo o mundo de maquinário de moldagem por injeção.

Três questões principais (isto é, capacidade de temperatura,

capacidade mecânica, características de viscosidade) têm sido limitações significantes para processar metais, ligas metálicas e seus compósitos em equipamento de moldagem convencional. São elas: 1) controle de viscosidade, 2) temperatura da máquina, e 3) mecânica da máquina.

5 Considerações de viscosidade são baseadas na característica de que a maioria dos metais e ligas tem viscosidades muito baixas acima de sua temperatura de solidus e particularmente acima de sua temperatura do liquidus. É difícil controlar o escoamento de um fluido com viscosidade muito baixa no processo de moldagem por injeção, tanto através do processo de
10 injeção quanto no enchimento da cavidade do molde. A criação de um banho de alta viscosidade com escoamento plástico em função da temperatura foi abordado nas revelações anteriores.

 A segunda questão é a temperatura, uma vez que muitos metais usuais e suas ligas têm temperaturas de fusão acima da faixa padrão de
15 equipamento de moldagem por injeção convencional. A faixa típica é 100 – 400 °C (~200 – 800 F) em virtude de esta faixa acomodar praticamente todos polímeros orgânicos e, em geral, temperaturas acima de 400 °C (~ 800 F) tenderem degradar qualquer composto orgânico, incluindo polímeros. A faixa típica disponível em equipamento de moldagem por injeção comercial não é
20 maior que este valor simplesmente por causa da falta de necessidade e da despesa adicional que seria exigida para aumentá-la. No entanto, existem modificações razoavelmente simples que permitirão que a maior parte dos equipamentos de moldagem por injeção padrões opere a temperaturas substancialmente superiores (até 675 °C / 1.250 F), por exemplo). A entrada
25 de calor tem que se aumentada e isto é simplesmente conseguido usando bandas de aquecedor que têm maior temperatura e maior saída de potência nominal. A construção da máquina é normalmente de aços com qualidades específicas que têm capacidade de temperaturas muito elevadas (normalmente bem superiores à faixa que é de interesse nesta revelação, isto é, até 675 °C /

1.250 F, ou aproximadamente o ponto de fusão do alumínio puro). Outras considerações de máquina, por exemplo, vedações e componentes auxiliares que ficam expostos a temperaturas mais altas do que a normal por causa das altas temperaturas do processo de fusão também têm que ser levadas em
5 conta, substituídas mais frequentemente, ou substituídas por materiais de alta temperatura de construção. No entanto, existe pouca ou nenhuma obstrução para funcionar o equipamento de moldagem por injeção convencional a temperaturas substancialmente mais altas.

A terceira consideração, e mais importante, é a capacidade
10 mecânica do equipamento de moldagem por injeção convencional. Tentativas históricas para processar metais, suas ligas e seus compósitos em equipamento de moldagem por injeção convencional não têm sido bem sucedidas. Isto tem resultado em eventos inaceitáveis significativos incluindo cilindros trincados, parafusos dobrados, danos no motor e/ou
15 vazamento/respingo de metal fundido quente. Esses eventos são em grande parte atribuídos à incapacidade de a máquina superar a resistência do metal sólido (ou metal em solidificação, isto é, a formação de cristais). O motor e/ou materiais de construção da máquina tipicamente não têm capacidade suficiente para superar as propriedades de resistência, rigidez e dureza do
20 metal e, portanto, eles falham primeiro (por exemplo, cilindro trincado).

Um bom exemplo de tentativa de superar esses fenômenos é o que ocorre no que é denominado o processo de tixomoldagem para ligas de magnésio. Neste equipamento especializado, a máquina é altamente superdimensionada, comparada com equipamento de moldagem por injeção
25 convencional de tonelagem similar (por exemplo, força de fixação). Uma máquina de tixomoldagem pode parecer ser 50 % maior do que a máquina de moldagem por injeção convencional com força de fixação similar simplesmente por causa, em parte, do torque e resistência adicionais do desenho da máquina exigidos para processar a liga de magnésio. A máquina

de tixomoldagem é projetada para fragmentar / romper os cristalitos/cristais (dendríticos) que são formados nas ligas de magnésio (e na maioria dos metais) à medida que eles resfriam, ou à medida que eles são mantidos a temperaturas entre suas temperaturas do liquidus e solidus. A fragmentação e/ou ruptura mecânica dos cristais de forma que eles possam escoar em um meio semissólido é uma meta de projeto do processo ou maquinário tixotrópico. Por este motivo e outros mais (por exemplo, inflamabilidade do magnésio quente), é exigido equipamento especializado e mais caro. O processo de tixomoldagem também tenta injeção rápida (antes de o metal se solidificar) e geralmente usa ferramental a vácuo para reduzir os efeitos de ar aprisionado na cavidade da ferramenta (isto é, efeito do resfriamento e tempo exigido para liberação do ar).

Uma abordagem diferente e a abertura na presente invenção é evitar fazer com que o equipamento de moldagem por injeção 24 exerça altas forças (isto é, altas pressões) no material k parcialmente solidificado, parcialmente solidificado ou cristalino.

O problema (altas cargas da máquina em metal resistente não compressível que superam o limite de resistência da máquina e/ou de seus componentes) é causado pela natureza alternada do equipamento de moldagem por injeção convencional padrão 24. Praticamente todo o equipamento de moldagem por injeção 24 fabricado atualmente para o processamento de plástico tem o desenho de parafuso de ação alternada. Máquinas mais antigas 24 geralmente tinham um desenho de êmbolo onde material era alimentado por um parafuso a uma zona em frente a um êmbolo. O desenho de parafuso de ação alternada superou inúmeras das desvantagens do desenho de êmbolo, incluindo não uniformidade de temperatura do banho e tempo de permanência muito grande na temperatura. Essas características são particularmente negativas para plástico, já que a temperatura não uniforme cria variações no escoamento e na integridade da parte, e os longos

períodos a elevada temperatura contribuem para a degradação do polímero/plástico.

5 Existe um perfil de temperatura ao longo do parafuso (ao longo do cilindro 26) na máquina de moldagem por injeção de parafuso de ação alternada 24. O comprimento do parafuso/cilindro 26 pode em geral ser dividido em três seções com base nas suas funções. Essas são as seções de alimentação, transição e dosagem.

10 A seção de alimentação (tipicamente cerca de 50 % do comprimento) serve para transportar material em pelotas sólidas K para a seção de transição, aquecê-las a uma temperatura abaixo da fusão/derretimento, e comprimi-las a uma estrutura empacotada mais densamente (isto é, excluir o ar e espaço entre pelotas). A zona de transição destina-se a fundir as pelotas/material K por meio de cisalhamento mecânico e aquecimento condutivo a partir da parede do cilindro 26, bem como excluir
15 ainda mais ar e densificar o banho até o seu valor teórico. A seção de dosagem tenta prover uma temperatura uniforme ao banho e distribui um volume preciso de material na frente da ponta do parafuso para injeção na cavidade do molde.

20 Tipicamente, o desenho do parafuso é um pouco diferente em cada seção para ajudar atingir a função de cada seção.

 O parafuso 10 da presente invenção descreve um desenho de parafuso de moldagem por injeção vantajoso para o processamento de metais, ligas metálicas e compósitos da matriz metálica em equipamento de moldagem por injeção de parafuso de ação alternada convencional.

25 Preferivelmente, os filetes 22 do parafuso 10 que têm uma razão de compressão 1:1 ou concebivelmente uma razão de compressão menor que 1:1. Razão de compressão recomendada típica (profundidade do filete de alimentação / profundidade do filete de dosagem) para a maioria dos polímeros e polímeros/plástico reforçado é 2:1 a 3:1. A razão de compressão é

tipicamente uma razão de profundidade linear, mas pode também, em um sentido mais preciso, ser representada como uma razão de volumes (razão de volume efetivo entre filetes nas seções de dosagem e alimentação. O propósito principal de compressão ao longo do parafuso 10 é gerar as forças mecânicas (cisalhamento) que ajudam fundir e combinar e misturar as pelotas de polímero. Em moldagem por injeção de plástico, energia de cisalhamento é responsável por aproximadamente a metade da entrada de calor no polímero (a outra metade é por condução a partir do cilindro aquecido). Em virtude de polímeros serem tipicamente fracos condutores de energia térmica (por exemplo, condutividade térmica de aproximadamente 0,2 W/mK), o aquecimento condutivo pelo cilindro é razoavelmente ineficiente. O parafuso 10 constantemente leva material fresco K para a parede do cilindro 26 para aquecê-lo e subsequentemente varre-o para combiná-lo com o resto do material mais frio K, e também a condutividade térmica inerentemente baixa ainda limita a eficiência do aquecimento do cilindro 26. Ao contrário, com metais, ligas metálicas e compósitos da matriz metálica, a condutividade térmica do sólido e a condutividade térmica do banho são substanciais. A condutividade térmica de uma liga de metal típica é pelo menos 250 vezes a condutividade térmica do polímero típico. Portanto, a eficiência do aquecimento condutivo pelo cilindro 26 é muito maior, dada a natureza transiente (tempo de permanência limitado) do material K ao longo do parafuso 10. A maior eficiência do aquecimento condutivo reduz drasticamente o aquecimento de cisalhamento exigido para produzir um banho com temperatura homogênea e uniforme (isto é, um banho sem fusão incompleta das pelotas K e sem viscosidade ou características de escoamento não uniformes). Portanto, a necessidade de compressão para produzir a ação mecânica e o aquecimento de cisalhamento resultante não é exigida. Sem esta exigência, um parafuso 10 com uma razão de compressão 1:1 ou potencialmente uma razão de compressão menor que 1:1 é satisfatória,

desejável e necessária.

A razão de compressão do parafuso padrão 2:1 a 3:1 tem um impacto negativo quando se tenta processar metais, ligas ou seus compósitos em equipamento de moldagem por injeção convencional. Metais nas suas
5 formas sólidas e fundidas são altamente incompressíveis, fortes, rígidos e duros. A resistência do metal solidificado ou parcialmente solidificado é também muito alta. Portanto, as forças da máquina 24 que tentam comprimir ou mover (pela ação do giro do parafuso 10) material que tem uma alta
10 resistência, rigidez, dureza ou que é altamente incompressível podem resultar em falha da máquina 24 ou de seus componentes (por exemplo, motor 28, cilindro 26, etc.).

Um motivo adicional para usar compressão por parafuso com um polímero é fundir as pelotas parcialmente ou completamente fundidas para criar um material homogêneo e uniforme. A viscosidade da maioria dos
15 plásticos, mesmo no banho, é significativa e suficientemente alta para criar dificuldade na homogeneização sem ação mecânica adicional. Esta viscosidade é muito útil em moldagem por injeção. Ela permite transporte dependente da pressão ou força em função da temperatura. A viscosidade significativa mesmo na temperatura de fusão, ou acima dela, também permite
20 que o polímero fundido resista ao escoamento sem uma força ativa acima de alguma pressão finita (por exemplo, ele não sairia pelo bico 34 sem que fosse aplicada pressão). A viscosidade finita do banho de polímero é também vantajosa no enchimento adequado da cavidade do molde 40. O fluxo controlado (por exemplo, fluxo turbulento, fluxo laminar) é desejado para
25 atingir propriedades mecânicas e físicas ideais em uma parte moldada e a viscosidade significativa permite isto. A transição de fluxo laminar para turbulento (indesejado) é função da viscosidade do fluido. Ao mesmo tempo, a viscosidade significativa pode criar alguns fatores negativos. Por exemplo, em partes com um cordão de solda, a resistência do cordão de solda é

geralmente afetada pela viscosidade das frentes de escoamento do banho, que determinam a capacidade de o polímero misturar homogeneamente no cordão de solda sem a ajuda de ação mecânica adicional (por exemplo, cisalhamento). A fusão e homogeneização de polímeros amorfos são
5 geralmente os mais difíceis em virtude de sua viscosidade ser função da temperatura em uma ampla faixa de temperaturas, e de suas viscosidades mesmo a alta temperatura ser tipicamente muito mais alta do que de polímeros semicristalinos. A fusão e homogeneização de polímeros semicristalinos é auxiliada pela transição de viscosidade não linear acima e
10 abaixo da temperatura de fusão cristalina. Entretanto, a rápida solidificação e aumento de viscosidade abaixo da temperatura de fusão cristalina podem tornar os problemas de resistência no cordão de solda e questões de enchimento do molde ainda mais difíceis. Nesses casos, o material pode querer se congelar (solidificar) antes da homogeneização (cordão de solda) ou
15 enchimento da cavidade do molde 40.

O metal, liga metálica ou compósito da matriz metálica fundido, ou parcialmente fundido, tipicamente contém material com viscosidade significativamente mais baixa do que o polímero termoplástico amorfo ou semicristalino fundido. A baixa viscosidade de um metal fundido
20 ou da fase de baixa viscosidade em um metal semissólido ou metal viscoso tende ter uma alta afinidade por si e por superfícies metálicas. A baixa viscosidade e alta finidade tende deslocar ar e criar um material mais homogêneo do que seria normal em um banho de polímero. Essas características reduzem ainda mais a necessidade de aquecimento e mistura
25 por cisalhamento a base de compressão.

Essas são desvantagens significativas da compressão a base de parafuso no processamento de metais em equipamento de moldagem por injeção convencional 24 e a maioria dos equipamentos para compressão a base de parafuso de polímeros não é exigida pelos metais, ligas metálicas ou

seus compósitos. Portanto, um objetivo da invenção é a exigência de parafusos de baixa razão de compressão de 1:1 ou potencialmente $<1:1$.

Uma outra complicação significativa no processamento de metais, ligas metálicas e seus compósitos em equipamento de moldagem por injeção convencional 24 é a transição de viscosidade tipicamente mais acentuada ou transição líquido para sólido do que é observado na maioria dos polímeros termoplásticos (amorfo e semicristalino). Além de uma transição sólido/líquido mais acentuada, a condutividade térmica significativamente maior comparada com polímeros resulta em uma mudança muito mais rápida na viscosidade ou solidificação mediante exposição a uma força de impulsão de transferência de calor (uma mudança na temperatura externa). Adicionalmente, a capacidade térmica de metais é tipicamente menor que a de polímeros, e assim as mudanças na entrada de calor têm um impacto maior na temperatura do banho. Portanto, por causa da condutividade muito maior (tipicamente, 250 x ou mais) e a menor capacidade térmica (tipicamente 2-4 x) o efeito de um diferencial de temperatura (força de ativação para transferência de calor) tem um efeito muito mais pronunciado em um metal do que em um polímero.

O conceito do impacto do diferencial de temperatura na mudança de viscosidade (ou solidificação) de um metal é crucial no processamento de metais, ligas metálicas e seus compósitos em equipamento de moldagem por injeção convencional 24. Ignorando as diferenças de densidade entre plástico e metais, a condutividade térmica e a diferença na capacidade térmica combinadas implica que uma mudança na temperatura (por exemplo, na superfície do cilindro) pode ter um impacto 1.000 X maior ou mais rápido na mudança de temperatura ou solidificação em um metal em relação a um polímero. A implicação para equipamento de moldagem por injeção convencional 24 é significativa, uma vez que o parafuso de ação alternada faz com que uma porção do banho ou mistura banho/sólido (pelota

desloque entre áreas com temperaturas externas significativamente diferentes (cilindro). Quanto maior o tamanho do jato, tanto mais significativa é a mudança de temperatura para qualquer fatia de material, e o parafuso move-se entre sua posição completamente à frente e completamente retraída.

5 O controle de temperatura do cilindro 26 em uma máquina de moldagem por injeção convencional 24 é tipicamente dividido em três zonas: de fusão, transição e de alimentação (ou dianteira, intermediária e traseira, respectivamente). Adicionalmente, existe controle de temperatura tipicamente do bico 34 e controle da temperatura da garganta de alimentação 32, mas
10 esses não são uma preocupação na presente invenção.

 A temperatura não é uniforme em cada zona (existe um gradiente), mas, com propósitos de explanação e do ponto de vista de controle, seria difícil criar um gradiente de temperatura uniforme ao longo do parafuso 10. Mesmo com um gradiente de temperatura uniforme, a solução
15 inventiva ainda seria necessária. Com propósitos de explanação, é proveitoso considerar a temperatura do cilindro 26 razoavelmente uniforme em cada zona.

 A diferença de temperatura típica em cada zona é significativa. A temperatura na frente é suficientemente alta para manter o material no
20 banho a uma viscosidade significativamente baixa para encher a cavidade do molde 40 completamente sem solidificá-lo. A temperatura na zona de alimentação é tipicamente baixa o suficiente para manter as pelotas sólidas. A temperatura na zona de transição é intermediária à zona de dosagem e de alimentação, e permite que material comece fundir e consolidar. Para
25 processamento de polímero típico, existe uma diferença significativa nas temperaturas das zonas. A diferença é maior para polímeros de alta temperatura basicamente em virtude de a temperatura do banho ser significativamente mais alta. Diferenças de temperatura de 20 – 30 °C (~ 70 – 90 F) entre zonas não são raras. A fluidez de polímeros é menos afetada por

esta diferença do que a fluidez de metais. Algumas vezes, a temperatura do bico 34 é ligeiramente menor que a temperatura da zona de dosagem para impedir que o banho escorra pelo bico 34.

No processamento de metais, ligas metálicas e seus
5 compósitos, ocorre dificuldade quando o parafuso 10 gira e tenta mover material K para a frente ao longo do comprimento do eixo do parafuso 14. A dificuldade ocorre tipicamente na região de transição onde o material K está parcialmente fundido e parcialmente sólido. Na seção de dosagem onde o material está fundido, a rotação do parafuso 10 não causa problema. Na zona
10 de alimentação onde as pelotas permanecem sólidas, também não existe problemas (existe volume livre suficiente para que as pelotas sejam excluídas umas das outras). Entretanto, na zona de transição, o parafuso 10 age em uma combinação do banho e pelotas sólidas. Uma vez que as pelotas de metal sólido são fortes e duras, elas são forçadas para a parede do cilindro 26 e, a
15 menos que elas se fundam instantaneamente, elas podem fazer com que o parafuso 10 se ligue, ou exigir altas forças para mover ou desagregar. Adicionalmente, nesta região onde metal fundido mais provavelmente passará por uma rápida formação de cristal (perto da temperatura de transição do metal) e produzirá um material que é muito forte e difícil de mover. Quando
20 isto ocorre, essa máquina 24 parece esforçar-se para avançar o material K (ruído, colamento, alto torque).

A eliminação ou redução dos filetes do parafuso 22 nesta região é crítica para o processamento bem sucedido de metais em equipamento de moldagem por injeção 24. Os filetes do parafuso 22 nesta
25 área não são críticos para o avanço do material K ao longo do eixo do parafuso 14/comprimento do cilindro 26. A eliminação dos filetes 22 nesta região elimina o esforço da máquina 24 para superar a resistência do material pela tentativa de cisalhar material solidificado ou em solidificação próximo da parede do cilindro 26. Material avança pelos filetes 22 na seção de

alimentação, ou próximo a ela. A retração do parafuso 10 também retorna parte do material K para seções frias do cilindro 26 onde o material K pode começar rapidamente cristalizar ou solidificar. A eliminação ou exclusão dos filetes 22 do parafuso 10 nesta região elimina praticamente toda a força da máquina na solidificação ou cristalização do material K que pode causar forças ou pressões localizadas extremamente altas que poderiam causar falha do cilindro 26 ou de outros componentes.

A importância da eliminação dos filetes 22 do parafuso da zona intermediária (ou de transição) 18 é demonstrada pelo menor torque e eliminação de ruído durante o processamento de metais, ligas metálicas e seus compósitos em equipamento de moldagem por injeção convencional 24. A operação de estado estacionário do equipamento de moldagem por injeção 24 a forças e pressões bem dentro dos limites de projeto do equipamento 24 são críticas para operação de rotina, contínua e aceitável no processamento de metais em equipamento de moldagem por injeção convencional 24.

Referindo-se de volta agora à figura 1, a modalidade preferida, todos os filetes 22 da parte da frente (ou de dosagem), intermediária (ou de transição), bem como uma parte dos filetes 22 traseiros (ou de alimentação) foram removidas.

A figura 3 mostra uma modalidade alternativa 100 com inclusão de filetes dianteiros (ou de dosagem) que são normalmente úteis na manutenção do controle de temperatura e tamanho do jato em processamento de polímero que também funciona igualmente bem. Sem remoção dos filetes 22 nas áreas corretas, o processamento de rotina e consistente de metais em equipamento de moldagem por injeção de parafuso de ação alternada convencional 24 não é aceitável do ponto de vista de produção.

Dessa maneira, a conversão de equipamento de moldagem por injeção de plástico convencional 24 para processar metais é conseguida substituindo o parafuso de moldagem por injeção de plástico convencional

pelo parafuso 10 da presente invenção. Adicionalmente, controlando-se a temperatura do cilindro 26 e as rotações e velocidade do êmbolo do parafuso 10, o processamento de metais pode ser conseguido a taxas de produção aceitáveis.

5 Portanto, pode-se perceber que a presente invenção fornece uma solução exclusiva para o problema de processar metais em equipamento de moldagem por injeção convencional pela provisão de um parafuso modificado que não tem filetes na parte intermediária do eixo do parafuso. Filetes podem além do mais ser igualmente removidos da parte dianteira do
10 parafuso.

 Versados na técnica devem perceber que várias mudanças e modificações podem ser feitas nas modalidades ilustradas sem fugir do espírito da presente invenção. Todas tais modificações e mudanças devem ficar dentro do escopo da presente invenção, exceto quanto limitados pelas
15 reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Parafuso para processar metal, ligas metálicas e compósitos de matriz metálica em máquina de moldagem por injeção de plástico, caracterizado pelo fato de que compreende:

5 uma haste;

 um eixo do parafuso que estende-se a partir da haste, o eixo do parafuso tendo uma parte traseira próxima à haste, uma parte intermediária próxima à parte traseira e uma parte dianteira próxima à parte intermediária; e

 filetes que estendem-se a partir da parte traseira do eixo do
10 parafuso para avançar material através da máquina de moldagem por injeção de plástico para a parte intermediária do eixo do parafuso.

2. Parafuso de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

 filetes que estendem-se a partir da parte dianteira do eixo do
15 parafuso para avançar material através da máquina de moldagem por injeção.

3. Parafuso de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os ditos filetes têm uma razão de compressão 1:1.

4. Parafuso de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que os ditos filetes têm uma razão de compressão 1:1.

20 5. Parafuso de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os ditos filetes têm uma razão de compressão menor que 1:1.

6. Parafuso de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que os ditos filetes têm uma razão de compressão menor que 1:1.

25 7. Máquina de moldagem por injeção de plástico configurada para processar metal, ligas metálicas e compósitos de matriz metálicas em uma máquina de moldagem por injeção de plástico, caracterizada pelo fato de que compreende:

 um cilindro controlado em temperatura que tem uma zona de dosagem, zona de transição e zona de alimentação;

uma garganta de alimentação configurada para dispensar material para moldagem na zona de alimentação do cilindro;

um bico que estende-se a partir da zona de dosagem do cilindro;

5 um parafuso que tem:

uma haste;

um eixo do parafuso que estende-se a partir da haste, o eixo do parafuso tendo uma parte traseira próxima à haste, uma parte intermediária próxima à parte traseira e uma parte dianteira próxima à parte intermediária;

10 filetes que estendem-se a partir da parte traseira do eixo do parafuso para avançar material através do cilindro da máquina de moldagem por injeção de plástico para a parte intermediária do eixo do parafuso e da zona de transição do cilindro; e

um motor que aciona o cabo do parafuso.

15 8. Máquina de acordo com a reivindicação 7, caracterizada pelo fato de que compreende adicionalmente:

filetes que estendem-se a partir da parte dianteira do eixo do parafuso para avançar material através da máquina de moldagem por injeção.

20 9. Máquina de acordo com a reivindicação 7, caracterizada pelo fato de que os ditos filetes têm uma razão de compressão 1:1.

10. Máquina de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que os ditos filetes têm uma razão de compressão 1:1.

11. Máquina de acordo com a reivindicação 7, caracterizada pelo fato de que os ditos filetes têm uma razão de compressão menor que 1:1.

25 12. Máquina de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que os ditos filetes têm uma razão de compressão menor que 1:1.

13. Método para processar metal, ligas metálicas e compósitos de matriz metálica em uma máquina de moldagem por injeção de plástico, caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

prover uma máquina de moldagem por injeção de plástico com um parafuso;

remover o parafuso;

substituir o parafuso por um parafuso modificado configurado e arranjado para processar metais.

14. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o parafuso modificado compreende adicionalmente:

uma haste;

um eixo do parafuso que estende-se a partir da haste, o eixo do parafuso tendo uma parte traseira próxima à haste, uma parte intermediária próxima à parte traseira e uma parte dianteira próxima à parte intermediária;

filetes que estendem-se a partir da parte traseira do eixo do parafuso para avançar material através da máquina de moldagem por injeção de plástico para a parte intermediária do eixo do parafuso.

15. Método de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o parafuso modificado compreende adicionalmente:

filetes que estendem-se a partir da parte dianteira do eixo do parafuso para avançar material através da máquina de moldagem por injeção.

16. Método de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que os ditos filetes têm uma razão de compressão 1:1.

17. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que os ditos filetes têm uma razão de compressão 1:1.

18. Método, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que os ditos filetes têm uma razão de compressão menor que 1:1.

19. Método, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que os ditos filetes têm uma razão de compressão menor que 1:1.

20. Método para modificar um parafuso para uma máquina de moldagem por injeção, o dito parafuso tendo uma haste com um eixo do parafuso que estende-se a partir da mesma, o eixo do parafuso tendo uma

parte traseira próxima à haste, uma parte intermediária próxima à parte traseira, e uma parte dianteira próxima à parte intermediária, e filetes que estendem-se a partir do eixo do parafuso para avançar material através da máquina de moldagem por injeção de plástico, caracterizado pelo fato de que

5 compreende a etapa de:

remover os filetes da parte intermediária do eixo do parafuso.

21. Método de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente a etapa de:

remover os filetes da parte dianteira do eixo do parafuso.

10 22. Método de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente a etapa de:

selecionar um parafuso com filetes com uma razão de compressão 1:1.

15 23. Método de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente a etapa de:

selecionar um parafuso com filetes com uma razão de compressão menor que 1:1.

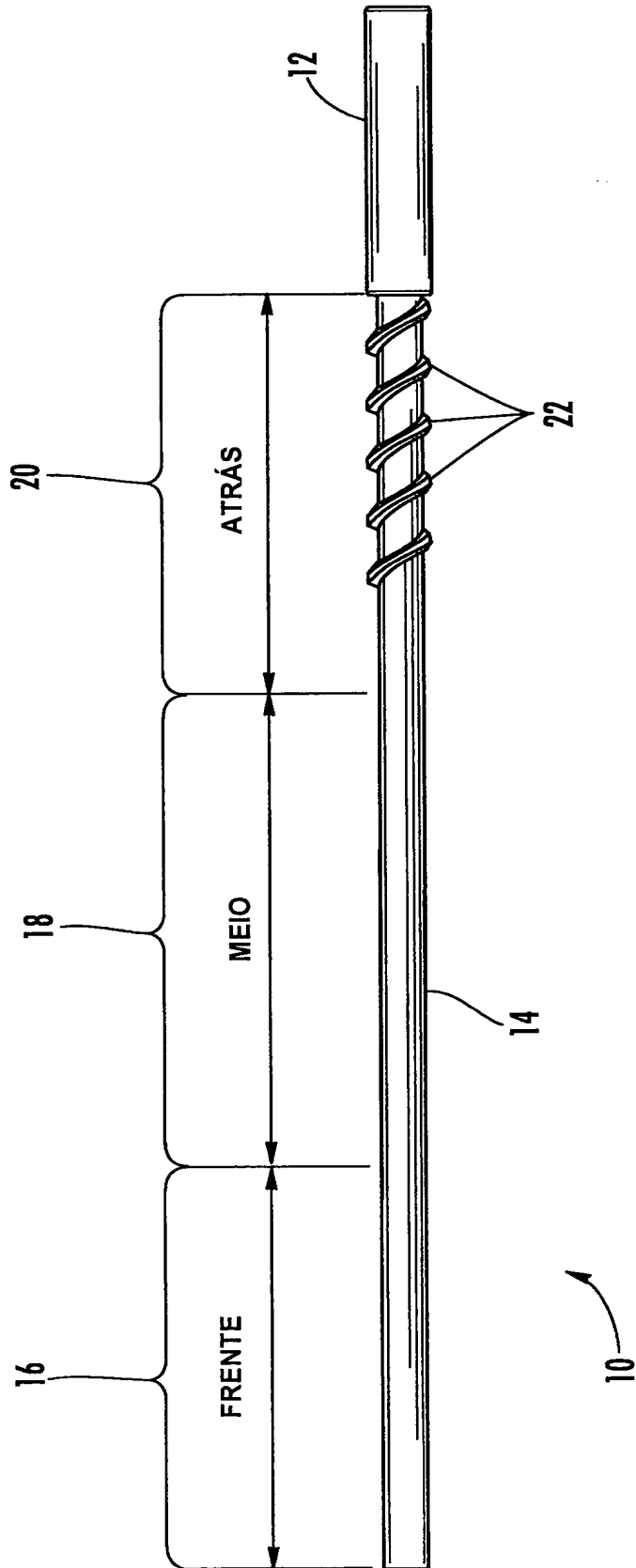


FIG. 1

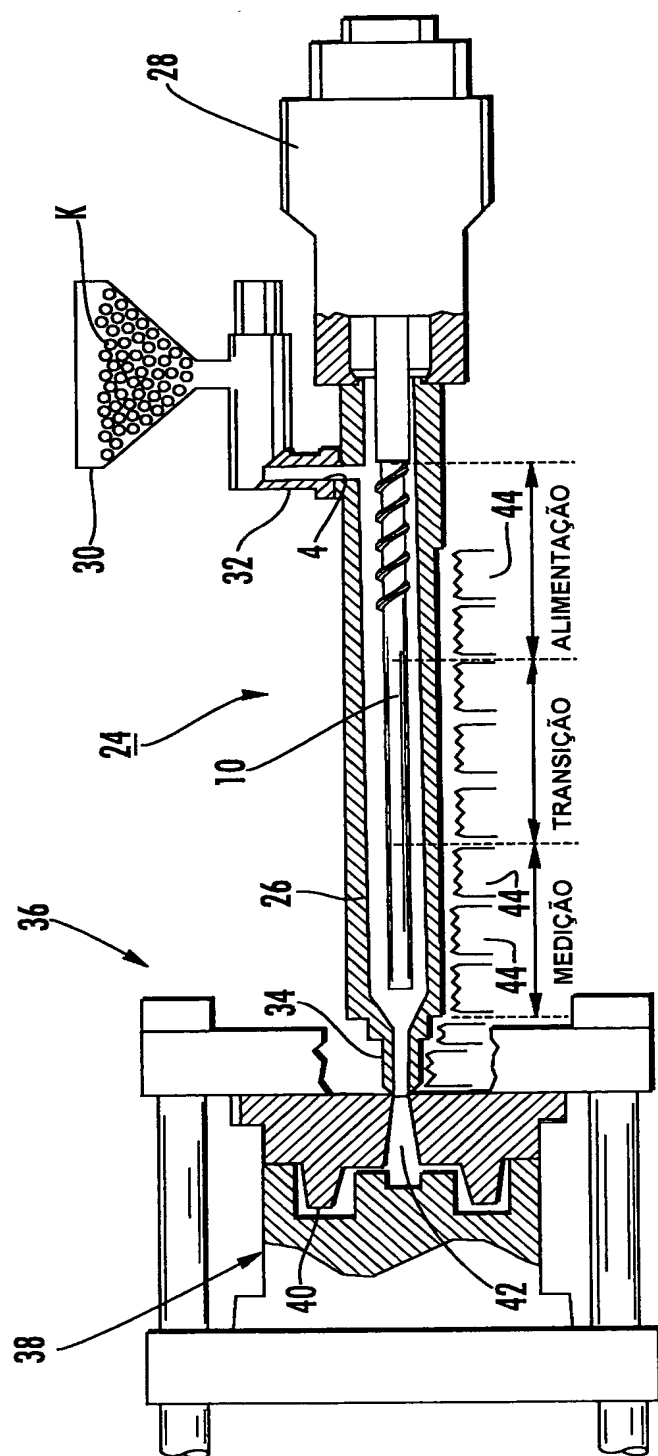


FIG. 2

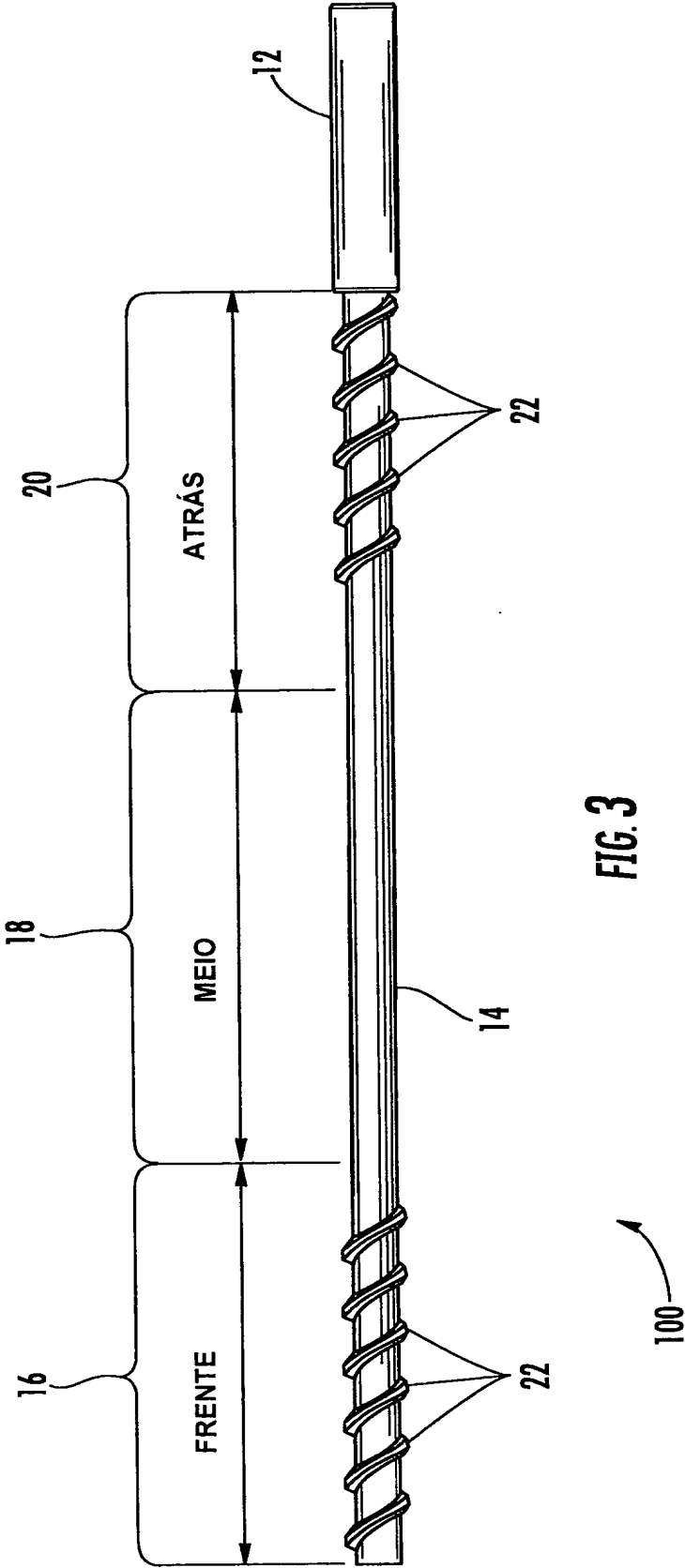


FIG. 3

RESUMO

“PARAFUSO PARA PROCESSAR METAL, LIGAS METÁLICAS E
COMPÓSITOS DE MATRIZ METÁLICA EM MÁQUINA DE
MOLDAGEM POR INJEÇÃO DE PLÁSTICO, MÁQUINA DE
5 MOLDAGEM POR INJEÇÃO DE PLÁSTICO, E, MÉTODO PARA
PROCESSAR METAL, LIGAS METÁLICAS E COMPÓSITOS DE
MATRIZ METÁLICA EM UMA MÁQUINA DE MOLDAGEM POR
INJEÇÃO DE PLÁSTICO E PARA MODIFICAR UM PARAFUSO PARA
UMA MÁQUINA DE MOLDAGEM POR INJEÇÃO”

10 É revelado um parafuso (10) e um método para processar
metal, ligas metálicas e compósitos de matriz de metal em uma máquina de
moldagem por injeção de plástico (24). O parafuso (10) inclui uma haste (12)
com um eixo do parafuso (14) que estende-se a partir da mesma. O eixo do
parafuso (14) inclui uma parte traseira (20) próxima à haste (12), uma parte
15 intermediária (18) próxima à parte traseira (20) e uma parte dianteira (16)
próxima à parte intermediária (18). Filetes (22) estendem-se a partir da parte
traseira (20) do eixo do parafuso (14) para avançar material (k) através da
máquina de moldagem por injeção de plástico (24) para a parte intermediária
(18) do eixo do parafuso (14). Filetes (22) podem opcionalmente ser incluídos
20 na parte dianteira (16) do parafuso (10).