



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) BR 112014012912-6 B1**



**(22) Data do Depósito:** 12/11/2012

**(45) Data de Concessão:** 26/02/2019

---

**(54) Título:** PLACA DE EXTREMIDADE PARA RECIPIENTE DE PRENSAGEM ISOSTÁTICA A QUENTE, RECIPIENTE DE PRENSAGEM ISOSTÁTICA A QUENTE E MÉTODO PARA PRENSAGEM ISOSTÁTICA A QUENTE

**(51) Int.Cl.:** B22F 3/12; B22F 3/15.

**(30) Prioridade Unionista:** 02/12/2011 US 13/309,865.

**(73) Titular(es):** ATI PROPERTIES LLC.

**(72) Inventor(es):** PETER LIPETZKY; JOSEPH F. PEREZ; EDWARD A. KOSOL; JEAN-PHILIPPE A. THOMAS.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2012064593 de 12/11/2012

**(87) Publicação PCT:** WO 2013/081802 de 06/06/2013

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 28/05/2014

**(57) Resumo:** RESUMO PLACA DE EXTREMIDADE PARA RECIPIENTE DE PRENSAGEM ISOSTÁTICA A QUENTE, RECIPIENTE DE PRENSAGEM ISOSTÁTICA A QUENTE E MÉTODO PARA PRENSAGEM ISOSTÁTICA A QUENTE Uma placa de extremidade para um recipiente de prensagem isostática a quente compreende uma região central e uma região principal se estendendo radi-almente da região central e terminando em um canto em torno de uma periferia da placa de extremidade. A espessura da placa de extremidade aumenta ao longo da região principal, da região central para o canto, definindo um ângulo de cone. O canto inclui uma superfície interna compreendendo uma porção em raio pela qual a região principal transita suavemente para o lábio. Um recipiente de prensagem isostática a quente incluindo pelo menos uma das placas de extremidade também é divulgado junto com um método de prensagem isostática a quente de um pó metalúrgico usando o recipiente isostático quente.

**"PLACA DE EXTREMIDADE PARA RECIPIENTE DE PRENSAGEM ISOSTÁTICA A QUENTE, RECIPIENTE DE PRENSAGEM ISOSTÁTICA A QUENTE E MÉTODO PARA PRENSAGEM ISOSTÁTICA A QUENTE"**

**FUNDAMENTOS DA TECNOLOGIA**

**CAMPO DA TECNOLOGIA**

[0001] A presente invenção geralmente refere-se a prensagem isostática a quente. Certos aspectos da presente divulgação referem-se a recipientes e métodos para prensagem isostática a quente.

**DESCRIÇÃO DOS FUNDAMENTOS DA TECNOLOGIA**

[0002] Prensagem isostática a quente a qual é muitas vezes denominada pela abreviatura "HIPping", é um processo de fabricação para fazer grandes artigos de metalurgia do pó incluindo, mas não limitados a cilindros grandes. HIPping convencional é usada para consolidar pós de metal e de liga de metal em compactos de forjamento de recipiente de pó os quais podem ser cilíndricos ou ter outras formas de tarugos. O processo HIPping melhora as propriedades mecânicas do material e a capacidade de trabalho para forjamento subsequente e outro processamento.

[0003] Um processo HIP típico inclui carregar metal em pó e/ou liga de metal em pó ("pó metalúrgico") em uma membrana flexível ou um recipiente hermético o qual age como uma barreira de pressão entre o pó e o meio de pressurização circundante. O meio de pressurização pode ser um líquido ou, mais vulgarmente, um gás inerte, tal como argônio. Em processos HIP nos quais é utilizado um recipiente, o recipiente carregado com pó é colocado numa câmara de pressão e aquecido até uma temperatura à qual o pó metalúrgico dentro do recipiente forma ligações metalúrgicas. A câmara é pressurizada e mantida a alta pressão e temperatura. O recipiente deforma e o pó metalúrgico dentro do recipiente é comprimido. O uso de pressão isostática assegura uma pressão de compactação uniforme em toda a massa de pó metalúrgico, o que resulta numa distribuição de densidade homogênea no com-

pacto consolidado.

[0004] Um recipiente HIPping pode ter uma forma cilíndrica ou qualquer outra forma desejada adequada para formar a forma desejada compactada do pó metalúrgico colocado no recipiente. Uma concepção de recipiente HIPping convencional, mostrada esquematicamente na FIG. 1A como recipiente 100, inclui uma parede cilíndrica de aço e placas de extremidade planas ou escalonadas. FIG. 1B é uma representação esquemática de uma seção transversal através do eixo central de uma porção de recipiente HIPping 100. O recipiente HIPping 100 inclui uma porção de corpo 102 e placas de extremidade planas 104 fixadas a cada extremidade da porção de corpo 102 por cordões de solda 106. Hastes de enchimento 108 são fixadas através das placas de extremidade 104 e são configuradas para permitir que o recipiente 100 seja preenchido com o pó metalúrgico e permitir que ar seja evacuado do recipiente 100. Uma vez que o recipiente 100 é preenchido com o pó metalúrgico e o ar é evacuado do recipiente 100, o recipiente 100 é vedado. A vedação pode ser conseguida cravando as haste de preenchimento 108 ou por outros meios que isolam o interior do recipiente 100 do ambiente externo. A porção de corpo 102, as placas de extremidade 104 e as hastes de enchimento 108 são tipicamente feitas de aço macio ou aço inoxidável.

[0005] Projetos de recipientes HIPping convencionais têm várias desvantagens. Por exemplo, é difícil limpar o interior de recipientes HIPping cilíndricos convencionais após montagem. Além disso, pode não ser possível preencher completamente o interior de um recipiente HIPping convencional com pó metalúrgico devido à dificuldade em mover o pó na horizontal após ele entrar no recipiente através de uma haste de enchimento. Alguns projetos de recipientes HIPping incluem hastes de enchimento múltiplas para melhorar o enchimento do recipiente e intensificar a eficiência de desgaseificação. Incluir hastes de enchimento adicionais, no entanto, aumenta o custo, oferece pontos adicionais de possível falha de recipiente durante HIP

e, tipicamente, tem apenas um pequeno efeito na eficiência de desgaseificação a vácuo elevada. Soldas fixando hastes de enchimento através de placas de extremidade (e fixação das placas de extremidade ao corpo de recipiente) estão sob tensão extrema durante a consolidação HIP devido a distorção localmente alta, e a inclusão de hastes de enchimento múltiplas para tratar dos problemas de enchimento de pós aumenta o risco de falha de solda durante a consolidação HIP. Além disso, projetos de recipiente convencionais incluindo múltiplas hastes de enchimento devem ser invertidos durante HIPping para assegurar que todas as hastes estão preenchidas com pó metalúrgico e para impedir colapso da haste durante a consolidação, e este procedimento aumenta o risco para o pessoal e cria uma oportunidade para danos de peça.

[0006] Consequentemente, existe uma necessidade de um projeto de recipiente HIPping melhorado. Tal projeto de preferência trata de problemas de enchimento de pó associados com projetos de recipiente convencionais, mas sem um requisito para incluir hastes de enchimento adicionais no recipiente.

## SUMÁRIO

[0007] Um aspecto não limitativo da presente divulgação é dirigido a uma placa de extremidade de um recipiente HIPping. A placa de extremidade compreende uma região central e uma região principal se estendendo radialmente da região central e terminando em um canto em torno de uma periferia da placa de extremidade. O canto inclui um lábio periférico configurado para combinar com uma porção de corpo do recipiente. A espessura da placa de extremidade aumenta a partir da região central para o canto e define um ângulo de afilação. Uma superfície interna do canto inclui uma porção em raio pela qual a região principal transita suavemente para o lábio.

[0008] Outro aspecto não limitativo da presente divulgação é dirigido a um recipiente para HIPping de um material em pó. O recipiente HIPping compreende

uma porção de corpo cilíndrico que inclui uma primeira extremidade circular e uma segunda extremidade circular. A primeira placa de extremidade está soldada à primeira extremidade circular da porção de corpo. A segunda placa de extremidade está soldada à segunda extremidade circular da porção de corpo. A primeira placa de extremidade compreende uma região central e uma região principal se estendendo radialmente da região central e que termina num canto em torno de uma periferia da primeira placa de extremidade. O canto inclui um lábio periférico configurado para combinar com a primeira extremidade circular da porção de corpo do recipiente. A espessura da primeira placa de extremidade aumenta a partir da região central para o canto e define um ângulo de afilação. Uma superfície interna do canto inclui uma porção em raio pela qual a região principal transita suavemente para o lábio. A primeira placa de extremidade compreende ainda uma haste de enchimento através da mesma através da qual pó pode ser introduzido num volume interior do recipiente HIPping.

[0009] Ainda outro aspecto não limitativo da presente divulgação é dirigido a um método para HIPping de um material em pó. O método compreende fornecer um recipiente HIPping que compreende uma porção de corpo cilíndrico incluindo uma primeira extremidade circular e uma segunda extremidade circular. Uma primeira placa de extremidade é soldada à primeira extremidade circular da porção de corpo. A segunda placa de extremidade é soldada à segunda extremidade circular da porção de corpo. A primeira placa de extremidade compreende uma região central e uma região principal se estendendo radialmente a partir da região central e que termina num canto em torno de uma periferia da primeira placa de extremidade. O canto inclui um lábio periférico configurado para combinar com a primeira extremidade circular da porção de corpo do recipiente. A espessura da primeira placa de extremidade aumenta a partir da região central para o canto e define um ângulo de afilação. Uma superfície interna do canto inclui uma porção em raio pela qual a região princi-

pal transita suavemente para o lábio. A primeira placa de extremidade compreende ainda uma haste de enchimento através da mesma através da qual pó pode ser introduzido num volume interior do recipiente HIPping. Pelo menos um pó metalúrgico é introduzido no volume interior do recipiente HIPping através da haste de enchimento. Ar é evacuado do volume interior do recipiente HIPping através da haste de enchimento. A haste de preenchimento é cravada para vedar hermeticamente o volume interior da atmosfera externa e o recipiente HIPping é prensado isostaticamente a quente.

[0010] Outro aspecto não limitativo da presente divulgação é dirigido a um tarugo formado por HIPping de um pó metalúrgico. O tarugo formado por HIPping compreende pelo menos uma face extrema substancialmente plana formada durante HIPping. A face extrema substancialmente plana reduz ou elimina a necessidade de usinar a face extrema do tarugo após HIPping. Numa modalidade não limitante, o tarugo compreende uma superliga à base de níquel.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0011] As características e vantagens dos métodos e artigos de fabricação aqui descritos podem ser mais bem compreendidas por referência aos desenhos anexos, nos quais:

[0012] A FIG. 1A é uma representação esquemática de um recipiente HIPping cilíndrico convencional incluindo placas de extremidade planas;

[0013] A FIG. 1B é uma representação esquemática de uma seção transversal de uma região do recipiente HIPping cilíndrico convencional da FIG. 1A, em que a seção transversal é tomada ao longo do eixo longitudinal e através de uma porção de uma placa de extremidade e da porção de corpo do recipiente;

[0014] A FIG. 2 é uma representação esquemática de uma seção transversal de uma região de um recipiente HIPping incluindo uma placa de extremidade em arco;

[0015] A FIG. 3 é uma representação de tensões geradas durante HIPping em uma região de um recipiente HIPping cheio de pó metalúrgico incluindo uma placa de extremidade plana convencional;

[0016] A FIG. 4A é uma representação esquemática de uma seção transversal de uma modalidade não limitante de uma placa de extremidade cônica para um recipiente HIPping de acordo com a presente divulgação;

[0017] A FIG. 4B é uma representação detalhada da região de canto da placa de extremidade cônica mostrada na FIG. 4A;

[0018] A FIG. 5 é uma representação de tensões geradas durante HIPping numa região de uma modalidade de uma placa de extremidade cônica para um recipiente HIPping de acordo com a presente divulgação;

[0019] FIG. 6 é uma representação esquemática de uma seção transversal de uma modalidade não limitativa de um recipiente HIPping de acordo com a presente divulgação;

[0020] A FIG. 7 é um diagrama de fluxo de etapas de uma modalidade não limitativa de um método HIPping de acordo com a presente divulgação;

[0021] A FIG. 8 é uma representação esquemática de uma seção transversal de uma modalidade não limitativa de um tarugo pré-fabricado incluindo faces de extremidade substancialmente planas formadas por HIPping de um pó metalúrgico de acordo com a presente divulgação;

[0022] A FIG. 9A é uma representação esquemática detalhada de uma seção transversal de uma modalidade não limitativa de uma placa de extremidade de aço inoxidável AISI T-304 circular para um recipiente HIPping de acordo com a presente divulgação;

[0023] A FIG. 9B é uma vista ampliada da seção englobada pelo círculo de linha tracejada na FIG. 9A;

[0024] A FIG. 10A é um gráfico de temperatura-tempo de uma modalidade

não limitativa de um processo HIP usado para consolidar pó de superliga à base de níquel RR1000 de acordo com a presente divulgação;

[0025] A FIG. 10B é um gráfico pressão-tempo de uma modalidade não limitativa de um processo HIP usado para consolidar pó de superliga à base de níquel RR1000 de acordo com a presente divulgação; e

[0026] A FIG. 11 é uma fotografia de um recipiente de HIPping de acordo com uma modalidade não limitativa da presente divulgação.

[0027] O leitor apreciará os detalhes anteriores, bem como outros, ao considerar a seguinte descrição detalhada de certas modalidades não limitativas de acordo com a presente divulgação.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DE CERTAS MODALIDADES NÃO LIMITATIVAS

[0028] É para ser compreendido que certas descrições das modalidades aqui divulgadas foram simplificadas para ilustrar apenas aqueles elementos, características e aspectos que são relevantes para uma clara compreensão das modalidades divulgadas, embora eliminando, para fins de clareza, outros elementos, características e aspectos. As pessoas versadas na técnica, mediante consideração da presente descrição das modalidades divulgadas, reconhecerão que outros elementos e/ou aspectos podem ser desejáveis em uma implementação particular ou aplicação das modalidades divulgadas. No entanto, como esses outros elementos e/ou aspectos podem ser prontamente confirmados e implementados por pessoas versadas na técnica mediante consideração da presente descrição das modalidades divulgadas, uma descrição desses elementos e/ou aspectos não é fornecida neste documento. Como tal, é para ser compreendido que a descrição apresentada aqui é meramente exemplar e ilustrativa das modalidades divulgadas e não se destina a limitar o escopo da invenção, como definido apenas pelas reivindicações.

[0029] Na presente descrição de modalidades não limitativas, que não nos



exemplos de operação ou onde indicado em contrário, todos os números que expressam quantidades ou características serão entendidos como sendo modificados em todos os casos pelo termo "cerca de". Por conseguinte, a menos que indicado em contrário, todos os parâmetros numéricos estabelecidos na seguinte descrição são aproximações que podem variar dependendo das propriedades desejadas que se busca obter na matéria de acordo com a presente divulgação. No mínimo, e não como uma tentativa de limitar a aplicação da doutrina de equivalentes ao escopo das reivindicações, cada parâmetro numérico aqui proporcionado deve ser interpretado pelo menos à luz do número de dígitos significativos relatados e pela aplicação de técnicas de arredondamento comuns.

[0030] Além disso, qualquer faixa numérica aqui recitada pretende incluir todas as subfaixas incluídas na mesma. Por exemplo, uma faixa de "1 a 10" tem a intenção de incluir todas as subfaixas entre (e incluindo) o valor mínimo recitado de 1 e o valor máximo recitado de 10, isto é, tendo um valor mínimo igual a ou maior que 1 e um valor máximo igual ou menor que 10. Qualquer limitação numérica máxima aqui recitada pretende incluir todas as limitações numéricas mais baixas incluídas na mesma e qualquer limitação numérica mínima aqui recitada pretende incluir todas as limitações numéricas mais altas incluídas na mesma. Assim, os Requerentes se reservam o direito de alterar a presente divulgação, incluindo as reivindicações, para recitar expressamente qualquer subfaixa incluída dentro das faixas expressamente recitadas aqui. Todas essas faixas se destinam a ser inerentemente divulgadas aqui, de forma que a alteração para recitar expressamente qualquer dessas subfaixas atenderia os requisitos de 35 U.S.C. § 112, primeiro parágrafo, e 35 U.S.C. § 132(a).

[0031] Os artigos gramaticais "uma", "um", "uma" e "o", como aqui utilizados, se destinam a incluir "pelo menos um" ou "um ou mais", a menos que indicado de outra forma. Assim, os artigos são aqui utilizados para se referir a um ou mais de um (ou seja, a pelo menos um) dos objetos gramaticais do artigo. A título de exemplo,

"um componente" significa um ou mais componentes e, assim, possivelmente, mais do que um componente está contemplado e pode ser empregado ou utilizado em uma implementação das modalidades descritas.

[0032] A presente divulgação inclui descrições de várias modalidades. É para ser entendido que todas as modalidades aqui descritas são exemplificativas, ilustrativas e não limitativas. Assim, a invenção não é limitada pela descrição das várias modalidades exemplares, ilustrativas e não limitativas. Pelo contrário, a invenção é definida unicamente pelas reivindicações as quais podem ser emendadas para recitar quaisquer características expressamente ou inerentemente descritas ou de outra forma expressamente ou inerentemente suportadas pela presente divulgação.

[0033] Como discutido acima, projetos de recipientes HIPping convencionais têm várias desvantagens. Além de dificuldades durante o processo de HIPping associadas com projetos de recipientes convencionais, podem existir desvantagens para os tarugos formados usando recipientes HIPping convencionais. Por exemplo, pode ser difícil forjar com sucesso certos tarugos de superligas à base de níquel feitos por HIPping devido à rachadura de sensibilidade a taxa de deformação dos tarugos. Os presentes inventores observaram que a rachadura do tarugo durante o forjamento originada em cantos agudos no tarugo formavam regiões adjacentes do recipiente HIPping no qual uma placa de extremidade transitava para a porção de corpo do recipiente. O fornecimento de uma placa de extremidade em arco ou em forma de domo pode reduzir a incidência deste fenômeno de rachadura. A FIG. 2 é uma representação esquemática de uma seção transversal tomada através de um recipiente HIPping exemplar 110 incluindo uma placa de extremidade em forma de domo 112. Os presentes inventores determinaram que, por causa da alta resistência de placas de extremidade em forma de domo, o domo não achata durante HIPping, o que impede que a face extrema do compacto consolidado de adquirir uma superfície plana, e resulta em uma face extrema convexa no tarugo consolidado. Após

HIPping, etapas de processamento subsequentes, tal como forjamento, exigem tarugos que têm faces extremas planas. Portanto, as faces extremas convexas devem ser usinadas planas. Isto resulta numa elevada perda de material, o que pode ser tolerável para o HIPping de ligas de aço menos caras, mas pode ser dispendioso no caso de superligas à base de níquel e outras ligas altamente dispendiosas. Além disso, a fabricação de placas de extremidade em forma de domo é cara devido à quantidade de material de placa de extremidade bruto necessário e os custos de usinagem associados.

[0034] Durante o processo de HIPping, pó metalúrgico é consolidado e densificado até a densidade total por meio de aplicação de alta temperatura e pressão isostática. O recipiente HIPping colapsa durante a consolidação. Embora a deformação no recipiente durante HIPping seja geralmente uniforme, certas regiões do recipiente, tal como cantos, estão sob tensão maior e tensão altamente localizada. Se, por exemplo, o volume interior de um recipiente HIPping não estiver completamente cheio com pó metalúrgico em uma região de canto onde uma placa de extremidade transita para a porção de corpo do recipiente, o grau de deformação localizada na região pode ser severo e pode causar falha de solda e densificação incompleta resultante do pó metalúrgico.

[0035] A FIG. 3 é uma representação dos níveis de tensão calculados (em unidades de Pascal) experimentados durante HIPping para uma região de um recipiente HIPping cilíndrico cheio de pó metalúrgico incluindo uma placa de extremidade superior plana convencional. A FIG. 3 mostra que a região de canto da placa de extremidade plana, onde a placa de extremidade combina com uma extremidade circular da porção de corpo do recipiente, experimenta altos níveis de tensão e deformação altamente localizada. A figura mostra ainda que as altas tensões experimentadas pela região de canto são transferidas para áreas no canto do tarugo formado no recipiente durante HIPping. As tensões às quais os cantos do tarugo con-

solidado são submetidos durante HIPping podem produzir um tarugo que fratura durante forjamento ereto ou outro processamento pós-consolidação.

[0036] Um aspecto da presente divulgação é dirigido a um projeto de placa de extremidade de recipiente HIPping que pode reduzir a concentração de tensão nas regiões dos cantos do recipiente HIPping quando o recipiente deforma durante HIPping. A Figura 4A é uma representação esquemática de uma seção transversal através do centro de uma placa de extremidade circular 210 de acordo com uma modalidade não limitativa da presente divulgação. A placa de extremidade 210 compreende uma face externa 212 e uma face interna 214. A face interna 214 forma uma região da superfície interna do recipiente HIPping à qual a placa de extremidade 210 é fixada. A face externa 214 forma uma região da superfície externa do recipiente HIPping. A placa de extremidade 210 também compreende a região central 216 a qual em certas modalidades não limitantes tem uma espessura geralmente uniforme (isto é, na modalidade a distância entre a face externa 212 e a face interna 214 é geralmente uniforme na região central 216). Em certas modalidades não limitativas, a espessura uniforme da região central 216 pode estar em uma faixa de cerca de 0,25 polegada a cerca de 1 polegada, ou cerca de 0,5 polegada. Em certas modalidades não limitativas, o diâmetro da região central 216, como medido ao longo da face externa 212, podem estar em uma faixa de cerca de 0,25 polegada a cerca de 1 polegada, ou cerca de 0,5 polegada. Em certas modalidades não limitativas, a região central 216 pode incluir um furo através da placa de extremidade 210 que passa entre a face externa 212 e a face interna 214 e permitindo acesso ao volume interior do recipiente HIPping.

[0037] Ainda com referência à FIG. 4A, a placa de extremidade 210 inclui ainda uma região principal 218 que se prolonga radialmente a partir da região central 216 e que termina num canto 220 que se estende inteiramente em torno da periferia circular 222 da placa de extremidade circular 210. Em certas modalidades, não limi-

tativas, o diâmetro da face externa 212 da placa de extremidade 210 pode estar em uma faixa de cerca de 1 polegada a cerca de 30 polegadas, ou numa faixa de cerca de 5 polegadas a cerca de 25 polegadas, ou cerca de 20,6 polegadas. Como mostrado na FIG. 4A, uma espessura da placa de extremidade 210 aumenta a partir da região central 216 através da região principal região para o canto 220. A espessura crescente da placa de extremidade 210 na região principal 218 quando a distância do centro da placa de extremidade 210 aumenta define um ângulo de afilação  $\theta$ . Em certas modalidades não limitantes da placa de extremidade 210, o ângulo de afilação pode estar na faixa de cerca de 3° a cerca de 15°, ou cerca de 5° a cerca de 10°, ou cerca de 8°. Na modalidade não limitativa da placa de extremidade 210 mostrada na FIG. 4A, a superfície externa 212 é substancialmente planar e o ângulo de afilação é formado por uma inclinação descendente da face interna 214 para longe da superfície externa 212 na direção da periferia 222.

[0038] Com referência agora às FIGs. 4A e 4B, o canto 220 inclui um lábio periférico 224 tendo uma forma configurada para combinar com uma face circular de uma porção de corpo cilíndrico (não mostrada) do recipiente HIPping. O canto 220 inclui uma região de superfície interna radial 226 pela qual a região principal 218 transita suavemente (ou seja, transita sem arestas ou cantos vivos) no lábio periférico 224. Em certas modalidades não limitantes da placa de extremidade 210, a região da superfície interna em raio 226 pode ter uma seção transversal circular tendo um raio em uma faixa de cerca de 0,5 polegada a cerca de 3,0 polegadas, ou cerca de 2,0 polegadas. Será entendido, no entanto, que o raio da região da superfície interna 226 geralmente dependerá do tamanho do recipiente HIPping. A região de superfície interna em raio 226 do canto 220 atua para espalhar a tensão que ocorre na região de canto ao longo da placa de extremidade e para a parede vertical do recipiente, como mostrado na FIG. 5 e como discutido mais adiante. Caso contrário, o tarugo consolidado pode incluir um canto vivo tendo altas tensões residuais. A porção

de uma face extrema de tarugo HIP incluindo um canto vivo deve ser usinada antes de forjamento ou outro processamento do tarugo, resultando no desperdício de material de liga caro.

[0039] Com respeito a uma placa de extremidade de recipiente HIPping de acordo com a presente revelação, será entendido que a região da superfície interna em raio 226 não necessita ter uma seção transversal circular e pode ter qualquer forma de seção transversal que transita suavemente da região principal 218 para o lábio periférico 224 e espalha as tensões sofridas no canto 220 durante HIPping. Exemplos não limitativos de outras formas de seção transversal possíveis para a região de superfície interna curvada 226 incluem, por exemplo, formas arredondadas e elípticas.

[0040] Numa modalidade não limitativa de acordo com a presente divulgação, o lábio periférico 224 da placa de extremidade 210 inclui um chanfro 228 que se estende em torno da periferia da placa de extremidade 210. O chanfro 228 é configurado para aceitar um cordão de solda (não mostrado) fixando a placa de extremidade 210 à porção de corpo (não mostrada) do recipiente HIPping. Numa modalidade não limitante, o chanfro 228 compreende uma largura de chanfro em uma faixa de cerca de 0,125 polegada a cerca de 0,25 polegada e é angulado relativamente a um eixo da placa de extremidade 210 de modo a formar um ângulo de chanfro em uma faixa de cerca de 30° a cerca de 60°, ou cerca de 45°.

[0041] Numa modalidade não limitativa de acordo com a presente revelação, a placa de extremidade 210 compreende ainda pelo menos uma haste de enchimento 230. A pelo menos uma haste de enchimento 230 é configurada para permitir que materiais em pó sejam introduzidos em um volume interior de um recipiente HIPping ao qual a placa de extremidade 210 é fixada. A haste de enchimento 230 também permite que gases sejam removidos do volume interior do recipiente HIPping antes da consolidação HIP. Numa realização não limitante, uma única haste de enchimen-

to 230 é soldada à periferia de um furo formado através da região central 216 da placa de extremidade 210. Deve ser entendido que, embora uma única haste de enchimento 230 seja mostrada na FIG. 4A, numa região central da placa de extremidade 210, uma ou mais hastes de enchimento podem ser localizadas em outras posições na placa de extremidade, e uma haste de enchimento não precisa ser incluída numa posição central na placa de extremidade. Cada haste de enchimento deve proporcionar comunicação de fluido com o volume interior do recipiente HIPping ao qual a placa de extremidade está fixada.

[0042] Numa modalidade não limitativa da placa de extremidade 210, a placa de extremidade 210 inclui somente uma única haste de enchimento 230. Múltiplas hastes de enchimento são comumente usadas em placas de extremidade convencionais para melhorar a eficiência de enchimento do recipiente com pó metalúrgico. Pó metalúrgico tende a permanecer em uma configuração cônica durante o carregamento vibratório de um recipiente com o pó. Devido a esta tendência, é difícil fazer pó metalúrgico introduzido em um recipiente HIPping através de uma haste de enchimento se mover para fora em uma direção horizontal e, desse modo, encher todas as regiões do recipiente. A placa de extremidade 210 a qual é projetada para incluir um ângulo de afilação melhora a probabilidade de encher completamente um volume interior de um recipiente HIPping com pó metalúrgico. A porção em raio da região de superfície interna 226 do canto 220 da placa de extremidade 210 também ajuda a melhor assegurar enchimento completo do volume interior com pó metalúrgico. O projeto cônico e a região de superfície interna em raio da placa de extremidade 210 promove o fluxo de pó metalúrgico para as bordas externas do volume interior do recipiente HIPping e melhor assegura que não haja folgas entre o pó metalúrgico e as paredes internas do recipiente.

[0043] A inclusão de apenas uma única haste de enchimento no recipiente HIPping, tal como a única haste de enchimento 230 de placa de extremidade 210,

elimina a necessidade de virar o recipiente durante o enchimento ou HIPping. Um projeto de recipiente de haste enchimento única pode utilizar uma haste intrusiva para medições de localização de pó metalúrgico. Com placas de extremidade de recipiente HIPping de múltiplas hastes convencionais, isto pode não ser possível, e o recipiente deve ser fisicamente invertido antes de HIPping. Inverter grandes recipientes HIPping cheios de pó metalúrgico é difícil devido ao peso do recipiente e riscos de danos ao recipiente. Além disso, cada haste de enchimento necessariamente é um ponto adicional de penetração no recipiente e é um ponto adicional de possível falha do recipiente durante a pressurização no processo HIP.

[0044] Os presentes inventores descobriram que um projeto de placa de extremidade incluindo uma construção cônica, tal como incluída, por exemplo, na placa de extremidade 210, fornece possíveis benefícios adicionais. Um desses benefícios é a possível melhoria de rendimento como HIP. O uso de um recipiente HIPping incluindo uma placa de extremidade plana convencional produz um tarugo HIP tendo uma superfície de extremidade côncava a qual deve ser usinada até uma superfície plana antes de forjamento. As modalidades de placas de extremidade de acordo com a presente divulgação podem produzir tarugos tendo uma face extrema plana ou pelo menos uma face extrema mais plana (menos côncava) do que tarugos produzidos utilizando uma placa de extremidade plana convencional. Portanto, o uso de modalidades dos projetos de placa de extremidade e recipiente aqui contemplados pode reduzir ou eliminar a necessidade de usinagem pós-HIP para proporcionar superfícies de extremidade planas no tarugo HIP antes de forjamento ereto. A redução da necessidade de usinagem pós-HIP reduz custos e tempo, e pode também eliminar a necessidade de uma etapa de processamento que pode resultar em falha da peça. Projetos de placa de extremidade aqui também podem adicionar resistência à região de canto do tarugo HIP porque a consolidação envolve mais movimento da face lateral do que uso das placas de extremidade planas.



[0045] O uso de modalidades dos projetos de placa de extremidade e recipiente aqui contemplados, incluindo uma face interna cônica e um canto incluindo uma superfície interna em raio também pode melhorar a limpeza interna do recipiente. Especificações para produtos de metalurgia do pó podem exigir extrema limpeza das superfícies internas do recipiente HIPping durante o processo HIPping. Verificou-se que certos projetos de placa de extremidade, tal como aqui divulgados, facilitam a drenagem do volume interior do recipiente durante a limpeza e purga com água ou pó.

[0046] Placas de extremidade para recipientes HIPping tipicamente são eletropolidas antes do uso para melhorar a limpeza da peça final. Foi observado que as modalidades do projeto de placa de extremidade aqui contempladas incluindo uma face interna cônica e um canto incluindo uma superfície interna em raio podem ser mais uniformemente eletropolidas. Assim, as superfícies internas afuniladas e em raio de certas modalidades de placas de extremidade de acordo com a presente divulgação melhoram a limpeza do recipiente e intensificam a eficiência de processamento.

[0047] Uma vantagem adicional de certas modalidades de placas de extremidade de acordo com a presente revelação é que o projeto incluindo superfícies afuniladas e em raio reduz a concavidade das superfícies de extremidade durante consolidação HIP. A forma de domo cônico e canto redondo da placa de extremidade acrescenta resistência à região de canto e a consolidação envolve mais movimento da face lateral. O tarugo consolidado de extremidade plana resultante é prontamente forjado ereto durante operações de formação subsequentes.

[0048] Também foi determinado que a superfície interna em raio do canto de certas modalidades de placa de extremidade de acordo com a presente divulgação, tal como a placa de extremidade 210, reduz as concentrações de tensão na junta de solda entre a placa de extremidade e a porção de corpo do recipiente HIPping du-

rante consolidação HIP. Como mostrado nas FIGs. 1A e 1B, o canto de placas de extremidade planas convencionais tipicamente é soldado diretamente na extremidade da porção de corpo do recipiente HIPping. Como mostrado na FIG. 3, a costura de solda no projeto convencional é um concentrador de tensão, o que pode resultar em ruptura da solda e rompimento do recipiente durante carregamento vibratório do recipiente HIPping ou, subsequentemente, durante consolidação HIP.

[0049] A FIG. 5 é uma representação que mostra tensões calculadas sofridas por um recipiente HIPping incluindo uma placa de extremidade construída na forma da placa de extremidade 210. A FIG. 5 mostra que as tensões no canto em raio da placa de extremidade não são concentradas, mas ao contrário são geralmente distribuídas espacialmente em relação à concentração de tensão vista no canto para a placa de extremidade plana convencional considerada na FIG. 3. Além disso, níveis altos de tensão não estão concentrados em torno da costura de solda (localizada na borda periférica na região de chanfro da placa de extremidade) na modalidade considerada na FIG. 5. Por conseguinte, é contemplado que uma modalidade de placa de extremidade de acordo com a presente divulgação incluindo uma face interna cônica e um canto incluindo uma superfície interna em raio pode: reduzir a concentração de tensão no canto da placa de extremidade, em vez disso distribuindo tensão para o tarugo consolidado; reduzir a concentração de tensão na região da costura de solda entre a placa de extremidade e a porção de corpo do recipiente; e fornecer um tarugo HIP tendo uma face extrema plana ou mais plana, eliminando ou reduzindo a necessidade de usinagem pré-forjamento para fornecer faces extremas planas no tarugo.

[0050] Em modalidades não limitativas, uma placa de extremidade de acordo com a presente divulgação consiste em ou compreende aço de baixo carbono, aço macio ou aço inoxidável. Numa modalidade específica, uma placa de extremidade de acordo com a presente revelação é fabricada de aço inoxidável AISI T-304 (UNS

S30400). Em outras modalidades não limitativas, uma placa de extremidade de acordo com a presente divulgação consiste em ou compreende uma superliga à base de níquel, tal como, mas não limitada a, uma liga selecionada de Alloy 600 (UNS N06600), Alloy 625 (UNS N06625) e Alloy 718 (UNS N07718). Será entendido, no entanto, que uma placa de extremidade de acordo com a presente divulgação pode ser feita de qualquer metal ou liga metálica compatível com o pó metalúrgico a ser incluído no recipiente HIPping e tendo propriedades adequadas para utilização no processo HIPping. Numa modalidade não limitante, pelo menos uma porção da placa de extremidade é eletropolida e tem um acabamento eletropolido, o que pode facilitar o enchimento de pó e melhorar a limpeza do volume interior do recipiente HIPping. Em ainda outra modalidade não limitativa, uma placa de extremidade de acordo com a presente divulgação apresenta uma rugosidade de superfície de cerca de ou não maior do que 125 RMS (quadrático médio). Qualquer técnica útil para redução da rugosidade de superfície das superfícies internas da placa de extremidade pode intensificar o enchimento de pó e/ou a limpeza do volume interior do recipiente.

[0051] Placas de extremidade construídas de acordo com a presente divulgação podem ser geralmente circulares e configuradas para encaixar em uma porção de corpo cilíndrico de um recipiente HIPping. No entanto, será entendido que as placas de extremidade de acordo com a presente divulgação podem ser de qualquer forma projetada para encaixar na porção de corpo do recipiente HIPping a ser fornecido. Independentemente da forma geral, qualquer dessas modalidades de placa de extremidade de acordo com a presente divulgação incorporará os aspectos de face interna cônica e/ou superfície interna em raio de canto aqui descritos.

[0052] Com referência agora à FIG. 6, outro aspecto da presente divulgação é dirigido a um recipiente para a prensagem isostática a quente de um material em pó. A FIG. 6 representa uma seção transversal de uma modalidade não limitativa de um recipiente HIPping 300 de acordo com a presente revelação. O recipiente 300

compreende uma porção de corpo 302, a qual pode ter, por exemplo, uma forma cilíndrica ou qualquer outra forma adequada. O recipiente 300 compreende uma primeira placa de extremidade 304 construída de acordo com a presente divulgação para incluir uma face interna cônica e um canto incluindo uma superfície interna em raio, como aqui descrito. A placa de extremidade 304 é soldada a uma primeira extremidade circular 306 da porção de corpo 302. A placa de extremidade 304 pode ter, por exemplo, o projeto de placa de extremidade 210 ilustrado nas FIGs. 4A e 4B, o que está descrito acima. A placa de extremidade 304 pode incluir pelo menos um olhal de içamento 307 configurado para agilizar o içamento e a movimentação do recipiente 300.

[0053] Com referência agora às FIGs. 4A, 4B e 6, o recipiente HIPping 300 inclui a placa de extremidade 304 a qual, com referência às FIGs. 4A e 4B, compreende uma face externa 212, uma face interna 214 e uma região central 216. Numa modalidade não limitativa, a região central 216 pode ter uma espessura uniforme. Em modalidades não limitantes específicas, a espessura uniforme da região central 216 pode estar em uma faixa de cerca de 0,25 polegada a cerca de 1,00 polegada, ou cerca de 0,5 polegada. Em modalidades não limitativas, o diâmetro da região central 216 pode estar na faixa de cerca de 0,25 polegada a cerca de 1 polegada, ou cerca de 0,5 polegada. Em outra modalidade não limitativa, a região central 216 pode definir um orifício na placa de extremidade. Em uma modalidade não limitativa, a primeira placa de extremidade 304 pode ser circular em forma para combinar com uma extremidade circular de uma porção de corpo cilíndrico 302 de um recipiente HIPping 300. No entanto, como discutido acima, as placas de extremidade de acordo com a presente divulgação podem ter qualquer forma geral adequada para combinar com a forma da porção de corpo particular do recipiente HIPping.

[0054] Ainda com referência à modalidade não limitativa das FIGs. 4A, 4B e 6, a primeira placa de extremidade 210, 304 inclui ainda uma região principal 218

que se prolonga radialmente da região central 216 e terminando em um canto 220 em torno de uma periferia circular 222 da placa de extremidade. De acordo com uma modalidade não limitativa, a primeira placa de extremidade 304 pode ter um diâmetro em uma faixa de cerca de 1,0 polegada a cerca de 30 polegadas, ou em uma faixa de cerca de 5 polegadas a cerca de 25 polegadas ou cerca de 20,6 polegadas. A superfície externa 212 é substancialmente planar, mas uma espessura da placa de extremidade 210 aumenta da região central 216 para o canto 220 e, assim, define um ângulo de afilação  $\theta$ . Em modalidades não limitativas, o ângulo de afilação pode estar em uma faixa de cerca de  $3^\circ$  a cerca de  $15^\circ$ , ou em uma faixa de cerca de  $5^\circ$  a cerca de  $10^\circ$ , ou cerca de  $8^\circ$ . O canto 220 inclui um lábio periférico 224 configurado para combinar com uma primeira extremidade circular da porção de corpo 302. O canto 220 inclui uma superfície interna 226 que é em raio, de modo a transitar suavemente entre a região principal 218 e o lábio periférico 224. Em modalidades não limitativas, a porção em raio é um raio circular de cerca de 0,5 polegada a cerca de 3,0 polegadas, ou cerca de 2,0 polegadas.

[0055] Em uma modalidade não limitativa de acordo com a presente divulgação, o lábio periférico 224 da placa de extremidade 210, 304 inclui um chanfro 228. O chanfro 228 é configurado para aceitar um cordão de solda 308 para soldar a placa de extremidade 210, 304 à porção de corpo 302 de um recipiente de prensagem isostática a quente 300. Em uma modalidade não limitante, o chanfro 228 pode compreender um comprimento de chanfro em uma faixa de cerca de 0,125 polegada a cerca de 0,25 polegada, e um ângulo de chanfro em uma faixa de cerca de  $30^\circ$  a cerca de  $60^\circ$ , ou cerca de  $45^\circ$ .

[0056] Em modalidades não limitativas, uma placa de extremidade, haste de enchimento e porção de corpo de recipiente de acordo com a presente divulgação consistem em ou compreendem aço baixo carbono, aço macio ou aço inoxidável. Em uma modalidade específica, uma placa de extremidade, haste de enchimento e a

porção de corpo de recipiente de acordo com a presente revelação são fabricadas de aço inoxidável AISI T-304 (UNS S30400). Em outras modalidades não limitativas, uma placa de extremidade, haste de enchimento e porção de corpo de recipiente de acordo com a presente divulgação consistem em, ou compreendem uma superliga à base de níquel, tal como, mas não limitada a, Alloy 600 (UNS N06600), Alloy 625 (UNS N06625) ou Alloy 718 (UNS N07718). Será entendido, no entanto, que uma placa de extremidade, haste de enchimento e porção de corpo de recipiente de acordo com a presente divulgação podem ser feitas de qualquer metal ou liga metálica compatível com o pó metalúrgico a ser incluído no recipiente HIPping e tendo propriedades adequadas para utilização no processo HIPping.

[0057] Com referência ao diagrama de fluxo da FIG. 7, um aspecto adicional da presente divulgação é dirigido a um método 400 para prensagem isostática a quente de um pó metalúrgico. O método compreende fornecer 402 um recipiente HIPping tendo um projeto de acordo com a presente divulgação. Por exemplo, o recipiente HIPping pode ter o projeto mostrado na FIG. 6, descrita acima. Em uma modalidade não limitante, o recipiente HIPping pode incluir uma porção de corpo cilíndrico incluindo uma primeira extremidade circular e uma segunda extremidade circular. A primeira placa de extremidade está soldada à primeira extremidade circular da porção de corpo cilíndrico. A primeira placa de extremidade inclui uma região central e uma região principal se estendendo radialmente da região central e terminando em um canto em torno de uma periferia da placa de extremidade, em que o canto inclui um lábio periférico configurado para combinar com uma porção de corpo do recipiente. Uma espessura da placa de extremidade aumenta da região central para o canto e define um ângulo de afilação, e uma superfície interna do canto inclui uma porção em raio pela qual a região principal transia suavemente para o lábio periférico. Uma haste de enchimento está fixada à primeira placa de extremidade e é configurada para permitir comunicação de fluido com um volume interior do recipiente. A segun-

da placa de extremidade é soldada à segunda extremidade circular da porção de corpo cilíndrico. Novamente com referência à FIG. 7, o método 400 compreende ainda dispor 404 pelo menos um pó metalúrgico tal como, por exemplo, um pó de superliga à base de níquel, no recipiente através da haste de enchimento. Ar é evacuado 406 do recipiente através da haste de enchimento. Depois que ar suficiente é evacuado do recipiente, a haste de enchimento é cravada 408, ou de outra forma vedada, para vedar hermeticamente o recipiente. O pó metalúrgico no recipiente evacuado de ar é prensado isostaticamente a quente 410 de uma maneira convencional para fornecer um tarugo prensado isostaticamente a quente.

[0058] Com referência agora ao exemplo esquemático não limitativo mostrado na FIG. 8, ainda outro aspecto de acordo com a presente divulgação é dirigido para uma peça ou tarugo de metal em pó prensado isostaticamente a quente 500 fabricado de acordo com modalidades não limitativas de métodos de acordo com a presente divulgação. FIG. 8 representa uma seção transversal do tarugo 500 ainda envolto em um recipiente deformado 502 de acordo com a presente divulgação. O tarugo 500 compreende pelo menos uma face extrema substancialmente plana 504. Em modalidades não limitativas, o tarugo de metal em pó prensado isostaticamente a quente 500 compreende uma superliga à base de níquel. Após a remoção do recipiente 502 por usinagem e/ou decapagem por ácido, por exemplo, o tarugo 500 requer pouca ou nenhuma usinagem para apresentar uma face extrema plana 504 antes do forjamento ereto ou outro processamento do tarugo. Em outra modalidade não limitativa, o tarugo de metal em pó prensado isostaticamente 500 compreende uma de uma liga Rolls Royce RR1000, uma liga Alloy 10, e uma liga ASTROLOY de baixo carbono, as composições das quais são conhecidas daqueles versados na técnica. Como é conhecido na arte, a liga RR1000 tem a seguinte composição nominal, em percentagem em peso: 55 de Ni, 14,5 de Cr, 16,5 de Co, 4,5 de Mo, e balanço de Ni. Alloy 10 é revelada na Patente US 6.890.370 a qual é por meio deste

documento incorporada por referência na sua totalidade aqui. A Alloy 10 tem a seguinte faixa de composição, em percentagem em peso: 14,0 a 18,0 de Co, 10,0 a 11,5 de Cr, 3,45 a 4,15 de Al, 3,60 a 4,20 de Ti, 0,45 a 1,5 de Ta, 1,4 a 2,0 de Nb, 0,03 a 0,04 de C, 0,01 a 0,025 de B, 0,05 a 0,15 de Zr, 2,0 a 3,0 de Mo, 4,5 de W+Re, e balanço Ni. Em uma modalidade preferida, a razão de Mo/(W+Re) para a Alloy 10 está na faixa de 0,25 a 0,5. Em outra modalidade, quando Alloy 10 não contém rênio, a razão de Mo/W está na faixa de cerca de 0,25 a cerca de 0,5. Como é conhecido na arte, a liga ASTROLOY de baixo carbono tem a seguinte composição, em percentagem em peso: 3,85 a 4,14 de Al, 0,015 a 0,0235 de B, 0,020 a 0,040 de C, 14,0 a 16,0 de Cr, 16,0 a 18,0 de Co, 4,50 a 5,50 de Mo, 52,6 a 58,3 de Ni e 3,35 a 3,65 de Ti.

[0059] Os exemplos que se seguem se destinam a descrever adicionalmente certas modalidades não limitativas, sem restringir o escopo da presente invenção. As pessoas versadas na técnica apreciarão que as variações dos exemplos que se seguem são possíveis dentro do escopo da invenção o qual é definido somente pelas reivindicações.

#### EXEMPLO 1

[0060] Duas placas de extremidade de recipiente HIPping foram construídas de acordo com o diagrama da FIG. 9A e FIG. 9B. As placas de extremidade foram usinadas de uma placa de 3,5 polegadas de aço inoxidável AISI T-304. As placas de extremidade eram substancialmente livres de defeitos de superfície e tinham uma rugosidade de superfície de 125 RMS. Uma das placas de extremidade foi usinada para incluir um orifício central com um diâmetro de 1,002 polegadas. Cada placa de extremidade pesava cerca de 161 libras.

#### EXEMPLO 2

[0061] Um recipiente HIPping de acordo com uma modalidade da presente divulgação foi feito como a seguir. Uma folha de 62,75 polegadas de largura de aço



inoxidável AISI T-304 de 0,5 polegada de espessura foi soldada a arco submerso para formar uma porção de corpo de recipiente cilíndrico tendo um diâmetro externo de 24,28 polegadas. Todas as soldas foram feitas de acordo com American Society of Mechanical Engineers Boiler and Pressure Vessel Code. A costura lateral soldada foi inspecionada por raios-X para assegurar integridade. Placas de extremidade do Exemplo 1 foram soldadas a TIG a cada extremidade do cilindro de aço inoxidável para formar um recipiente HIPping. Um orifício de diâmetro de 1 polegada foi fornecido no centro de uma das placas de extremidade, enquanto que a segunda placa de extremidade era sólida e carecia de um furo. Um tubo de aço inoxidável T-304 de 13 polegadas de comprimento tendo um diâmetro externo de 1,5 polegadas e um diâmetro interno de 1,0 polegada foi soldado a TIG à periferia do orifício para proporcionar uma haste de enchimento para permitir ao pó ser introduzido no, e ar ser removido do, volume interior do recipiente HIPping.

### EXEMPLO 3

[0062] O volume interior do recipiente HIPping do Exemplo 2 foi completamente limpo com pano abrasivo (lixadeira), enxaguado com água deionizada e purgado através da haste de enchimento. A parede interior do recipiente foi, então, eletropolida usando um processo eletroquímico, enxaguado com água deionizada e seco. Após secagem, o recipiente HIP foi preenchido com 5471,5 libras de pó de liga RR1000. O recipiente HIPping cheio de pó foi colocado num forno a gás e evacuado até uma pressão inferior a 1 Torr, e a haste de enchimento foi cravada para vedar hermeticamente o recipiente. O recipiente foi, então, colocado dentro de um forno de HIP. O forno HIP foi pressurizado com gás argônio e aquecido de acordo com o gráfico temperatura-tempo da FIG. 10A e o gráfico pressão-temperatura da FIG. 10B. O recipiente HIPping colapsado e o pó dentro do recipiente foram consolidados em um tarugo sólido. Após HIPping, o recipiente HIPping e o tarugo consolidado no mesmo foram removidos do forno HIP e deixados esfriar até a temperatura ambiente. A FIG.

11 é uma fotografia do reservatório HIPping incluindo o tarugo de liga RR1000 consolidado no mesmo após conclusão do processo HIPping.

#### EXEMPLO 4

[0063] Após HIPping, o recipiente de HIPping incluindo o tarugo consolidado no mesmo feito no Exemplo 3 é esfriado até a temperatura ambiente. O recipiente pode ser decapado em ácido clorídrico ou ácido sulfúrico para dissolver o recipiente e expor o tarugo de liga RR1000. As extremidades do tarugo de liga são mais planas do que as extremidades de um tarugo semelhante feito por um processo HIP de um modo idêntico, mas usando um recipiente HIPping convencional.

[0064] Deve ser entendido que a presente descrição ilustra aqueles aspectos da invenção relevantes para um entendimento claro da invenção. Certos aspectos que seriam evidentes para aqueles versados na técnica e que, portanto, não facilitariam uma melhor compreensão da invenção não foram apresentados a fim de simplificar a presente descrição. Embora apenas um número limitado de modalidades da presente invenção seja necessariamente descrito aqui, aqueles versados na técnica, mediante consideração da descrição anterior, reconhecem que muitas modificações e variações da invenção podem ser empregadas. Todas essas variações e modificações da invenção destinam-se a ser abrangidas pela descrição anterior e pelas reivindicações seguintes.

## REIVINDICAÇÕES

1. Placa de extremidade (210) de um recipiente de prensagem isostática a quente (300), a placa de extremidade (210) **CARACTERIZADA** pelo fato de que compreende:

uma região central (216); e

uma região principal (218) se estendendo radialmente da região central (216) e terminando em um canto (220) em torno de uma periferia (222) da placa de extremidade (210), o canto (220) incluindo um lábio periférico (224) configurado para coincidir com uma porção de corpo (302) do recipiente (300);

em que uma espessura da placa de extremidade (210) aumenta a partir da região central (216) para o canto (220) e define um ângulo de afilação; e

em que uma superfície interna do canto (220) inclui uma porção em raio pela qual a região principal (218) transita suavemente para o lábio periférico (224).

2. Placa de extremidade (210) de um recipiente de prensagem isostática a quente (300) de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que compreende ainda:

uma face externa substancialmente planar (212); e

uma face interna (214), em que o ângulo de afilação é definido por uma distância crescente entre a face externa (212) e a face interna (214) na região principal (218) quando uma distância da região central (216) aumenta.

3. Placa de extremidade (210) de um recipiente de prensagem isostática a quente (300) de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o lábio periférico (224) compreende um chanfro (228) configurado para aceitar um cordão de solda para soldar a placa de extremidade (210) a uma porção de corpo (302) do recipiente de prensagem isostática a quente (300).

4. Placa de extremidade (210) de um recipiente de prensagem isostática a quente (300) de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADA** pelo fato de que

compreende ainda pelo menos uma haste de enchimento (230), em que a pelo menos uma haste de enchimento (230) é configurada para permitir comunicação de fluido com um volume interior do recipiente de prensagem isostática a quente (300) quando a placa de extremidade (210) é fixada a uma porção de corpo (302) do recipiente de prensagem isostática a quente (300).

5. Placa de extremidade (210) de um recipiente de prensagem isostática a quente (300) de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a placa de extremidade (210) inclui apenas uma única haste de enchimento (230).

6. Placa de extremidade (210) de um recipiente de prensagem isostática a quente (300) de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a placa de extremidade (210) compreende pelo menos um de um aço de baixo carbono, um aço macio e um aço inoxidável.

7. Placa de extremidade (210) de um recipiente de prensagem isostática a quente (300) de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADA** pelo fato de que pelo menos uma porção da placa de extremidade compreende um acabamento eletropolido.

8. Placa de extremidade (210) de um recipiente de prensagem isostática a quente (300) de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a placa de extremidade (210) está configurada para ser fixada a uma porção de corpo (302) cilíndrico do recipiente de prensagem isostática a quente (300).

9. Placa de extremidade (210) de um recipiente para prensagem isostática a quente (300) de acordo com a reivindicação 1, o recipiente (300) **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

uma porção de corpo (302) cilíndrico incluindo uma primeira extremidade circular e uma segunda extremidade circular;

em que a placa de extremidade (210) compreende uma primeira placa de extremidade soldada à primeira extremidade circular da porção de corpo (302) cilíndrico,

a primeira placa de extremidade compreendendo:

uma região central (216), e

uma região principal (218) se estendendo radialmente da região central (216) e terminando em um canto (220) em torno de uma periferia (222) da primeira placa de extremidade, o canto (220) incluindo um lábio periférico (224) configurado para encaixar com a porção de corpo (302),

em que a espessura da primeira placa de extremidade aumenta a partir da região central (216) para o canto e define um ângulo de afilação, e

em que uma superfície interna do canto (220) inclui uma porção em raio pela qual a região principal (218) transita suavemente para o lábio periférico (224); e

uma segunda placa de extremidade soldada à segunda extremidade circular da porção de corpo cilíndrico (302).

10. Placa de extremidade (210) de um recipiente de prensagem isostática a quente (300) de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira placa de extremidade ainda compreende:

uma face externa substancialmente planar (212); e

uma face interna (214), em que o ângulo de afilação é definido por uma distância crescente entre a face externa (212) e a face interna (214) na região principal (218) quando uma distância da região central (216) aumenta.

11. Placa de extremidade (210) de um recipiente de prensagem isostática a quente (300) de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o lábio periférico (224) da primeira placa de extremidade compreende ainda um chanfro (228) configurado para aceitar um cordão de solda para soldar a primeira placa de extremidade à primeira extremidade circular da porção de corpo (302) cilíndrico do recipiente (300).

12. Placa de extremidade (210) de um recipiente de prensagem isostática a quente (300) de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a

primeira placa de extremidade compreende ainda pelo menos uma haste de enchimento (230), em que a pelo menos uma haste de enchimento (230) é configurada para permitir comunicação de fluido com um volume interior do recipiente (300) quando a primeira placa de extremidade é soldada à primeira extremidade circular da porção de corpo (302) cilíndrico do recipiente (300).

13. Placa de extremidade (210) de um recipiente de prensagem isostática a quente (300) de acordo com a reivindicação 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira placa de extremidade inclui apenas uma única haste de enchimento (230).

14. Placa de extremidade (210) de um recipiente de prensagem isostática a quente (300) de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira placa de extremidade compreende pelo menos um de um aço de baixo carbono, aço macio e um aço inoxidável.

15. Placa de extremidade (210) de um recipiente de prensagem isostática a quente (300) de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que pelo menos uma porção da primeira placa de extremidade compreende um acabamento eletropolido.

16. Placa de extremidade (210) de um recipiente de prensagem isostática a quente (300) de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a segunda placa de extremidade compreende:

uma região central (216); e

uma região principal (218) se estendendo radialmente a partir da região central (216) e terminando em um canto (220) em torno de uma periferia (222) da segunda placa de extremidade, o canto (220) incluindo um lábio periférico (224) configurado para encaixar com uma porção de corpo (302) do recipiente (300);

em que uma espessura da segunda placa de extremidade aumenta a partir da região central (216) para o canto (220) e define um ângulo de afilação; e

em que uma superfície interna (226) do canto (220) inclui uma porção em raio

pela qual a região principal (218) transita suavemente para o lábio periférico (224).

17. Placa de extremidade (210) de um recipiente de prensagem isostática a quente (300) de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a segunda placa de extremidade compreende adicionalmente:

uma superfície interna (214), onde o ângulo de afilação é definido por uma distância crescente entre a superfície externa (212) e a superfície interna (214) na região principal (218) como distância dos aumentos da região central (216).

18. Método para prensagem isostática a quente de um material em pó, o método **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

fornecer um recipiente (300) para prensagem isostática a quente, o recipiente (300) compreendendo

uma porção de corpo (302) cilíndrico incluindo uma primeira extremidade circular e uma segunda extremidade circular,

uma primeira placa de extremidade soldada à primeira extremidade circular da porção de corpo (302) cilíndrico, a primeira placa de extremidade compreendendo uma região central (216), e

uma região principal (218) se estendendo radialmente da região central (216) e terminando em um canto (220) em torno de uma periferia (222) da primeira placa de extremidade, o canto (220) incluindo um lábio periférico (224) configurado para encaixar com uma porção de corpo (302) do recipiente (300),

em que uma espessura da primeira placa de extremidade aumenta a partir da região central (216) para o canto (220) e define um ângulo de afilação, e

em que uma superfície interna do canto (220) inclui uma porção em raio pela qual a região principal (218) transita suavemente para o lábio periférico (224),

uma haste de enchimento (230) fixada à primeira placa de extremidade, em que a haste de enchimento (230) proporciona comunicação de fluido com um volume interior do recipiente (300), e

uma segunda placa de extremidade soldada à segunda extremidade circular da porção de corpo cilíndrico (302);

dispor pelo menos um pó metalúrgico no recipiente (300) pela haste de enchimento (230);

evacuar ar do recipiente (300) pela haste de enchimento (230);

cravar a haste de enchimento (230) para vedar hermeticamente o recipiente (300); e

prensar isostaticamente a quente o recipiente (300) para fornecer um tarugo prensado isostático a quente.

19. Método de acordo com a reivindicação 18, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira placa de extremidade do recipiente ainda compreende:

uma face externa substancialmente planar (212); e

uma face interna (214), em que o ângulo de afilação é definido por uma distância crescente entre a face externa (212) e a face interna (214) na região principal (218) quando uma distância a partir da região central (216) aumenta.

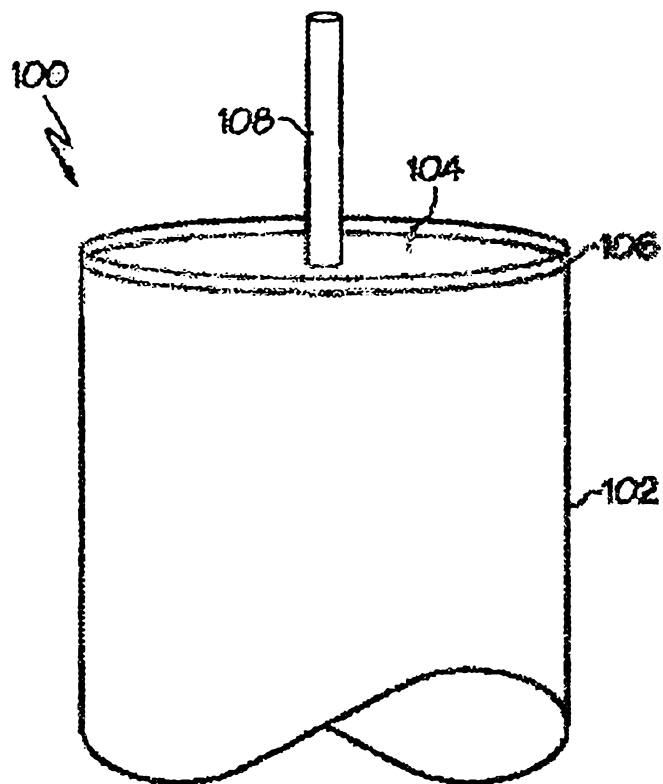
20. Método de acordo com a reivindicação 18, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o lábio periférico (224) da primeira placa de extremidade do recipiente (300) compreende ainda:

um chanfro (228) configurado para aceitar um cordão de solda para soldar a primeira placa de extremidade à primeira extremidade circular da porção de corpo (302) cilíndrico do recipiente (300).

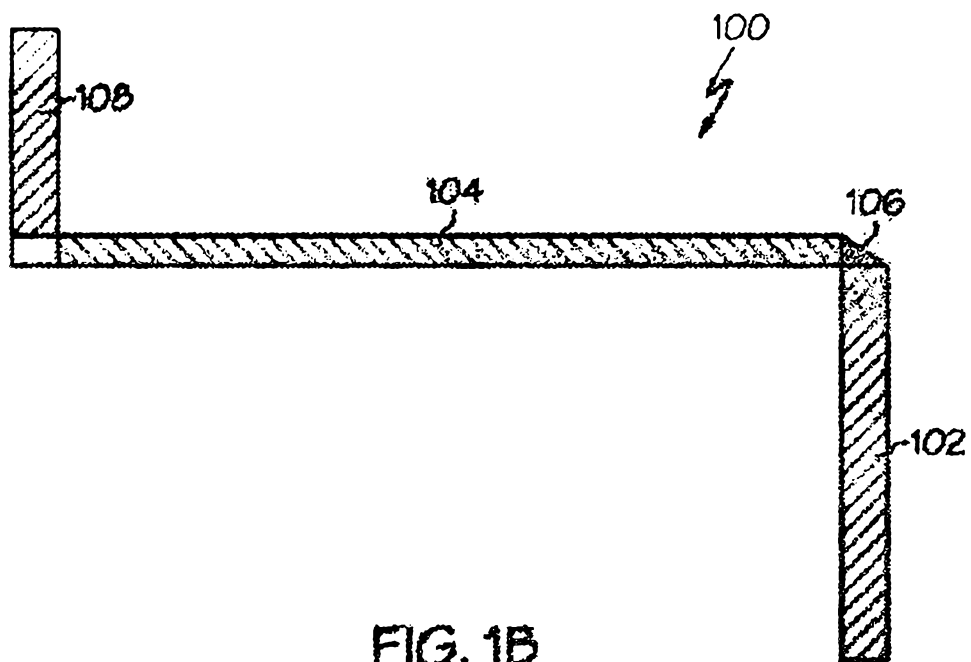
21. Método de acordo com a reivindicação 18, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o pó metalúrgico é um pó de superliga à base de níquel.

22. Método de acordo com a reivindicação 18, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o pó metalúrgico é de um pó de liga Rolls Royce RR1000, um pó de liga Alloy 10 e um pó de liga ASTROLOY de baixo carbono.

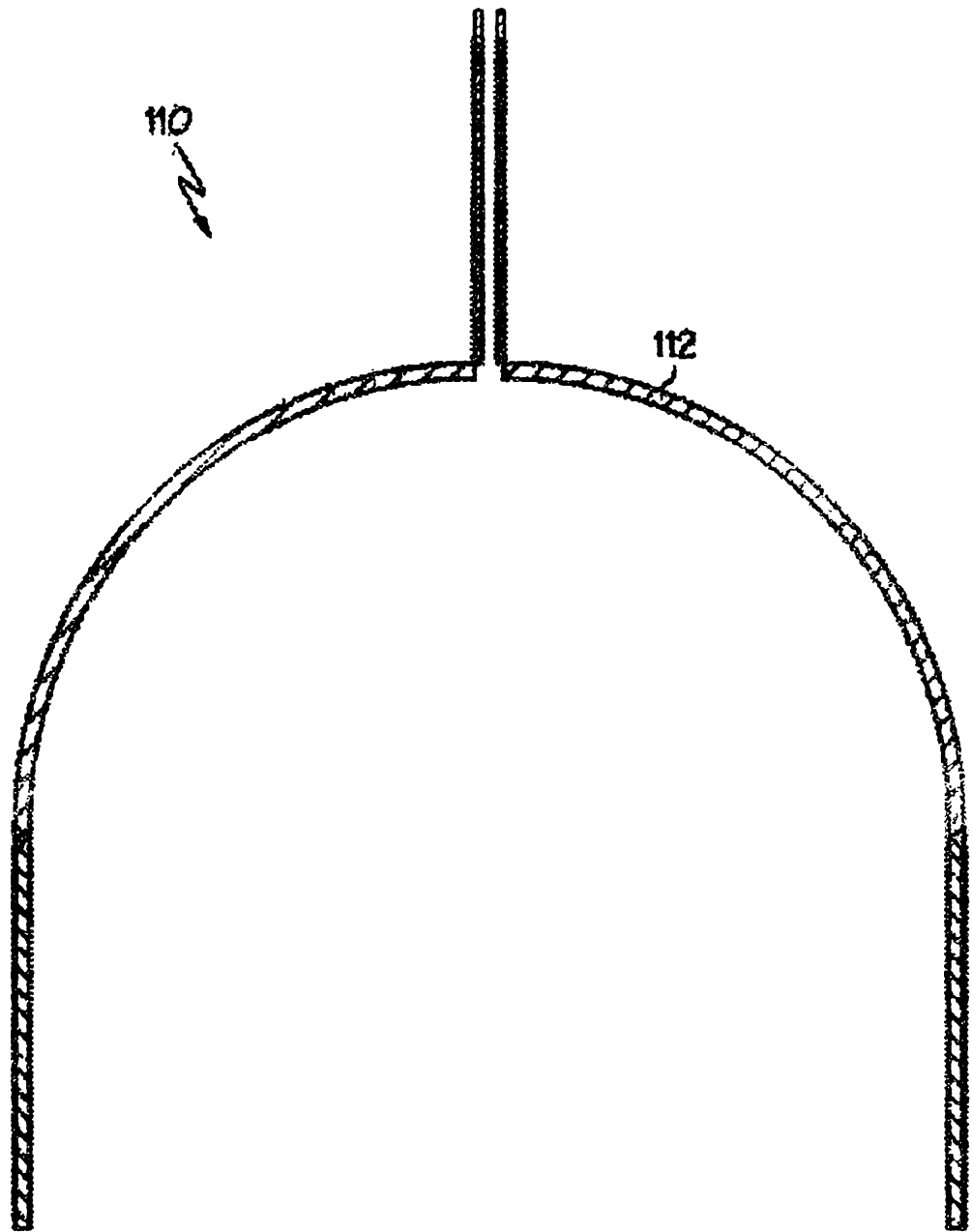




**FIG. 1A**  
(ESTADO DA TÉCNICA)



**FIG. 1B**  
(ESTADO DA TÉCNICA)



**FIG. 2**  
(ESTADO DA TÉCNICA)

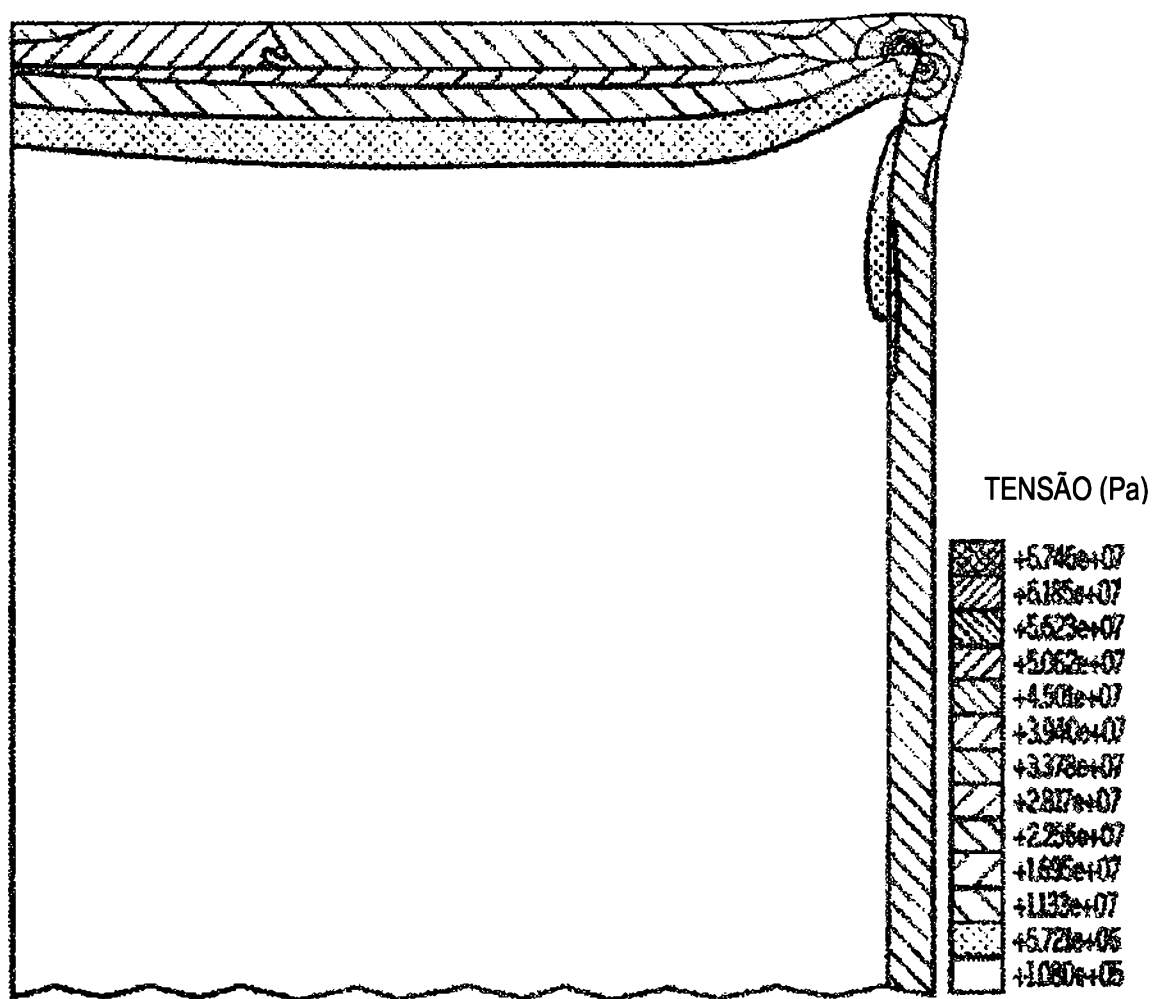


FIG. 3  
(ESTADO DA TÉCNICA)

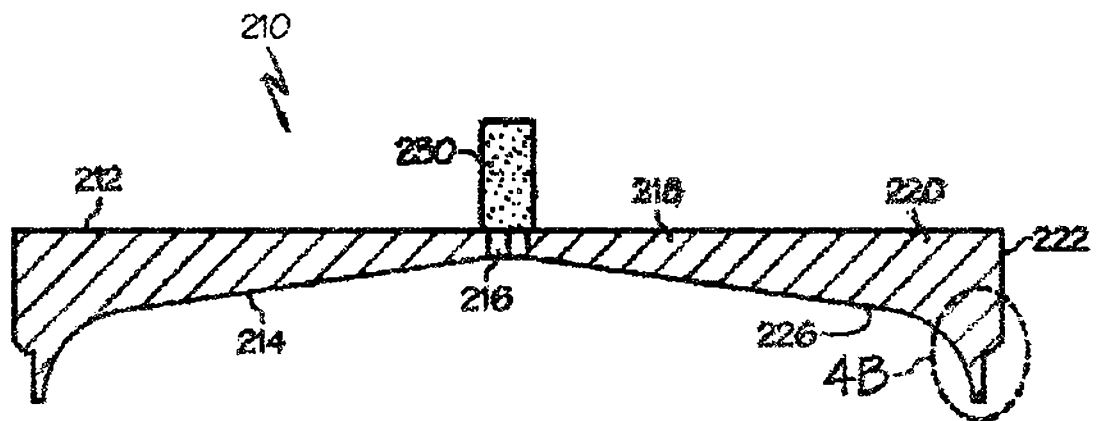


FIG. 4A

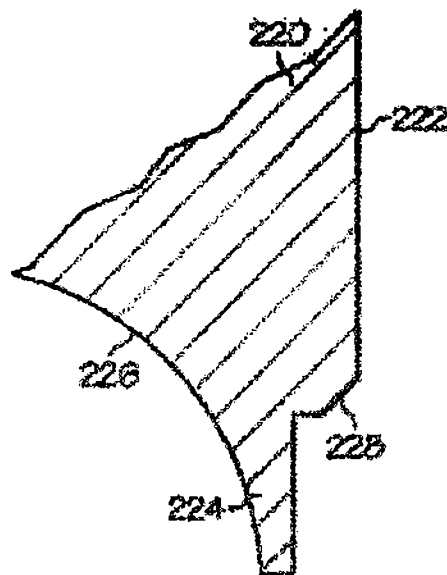


FIG. 4B

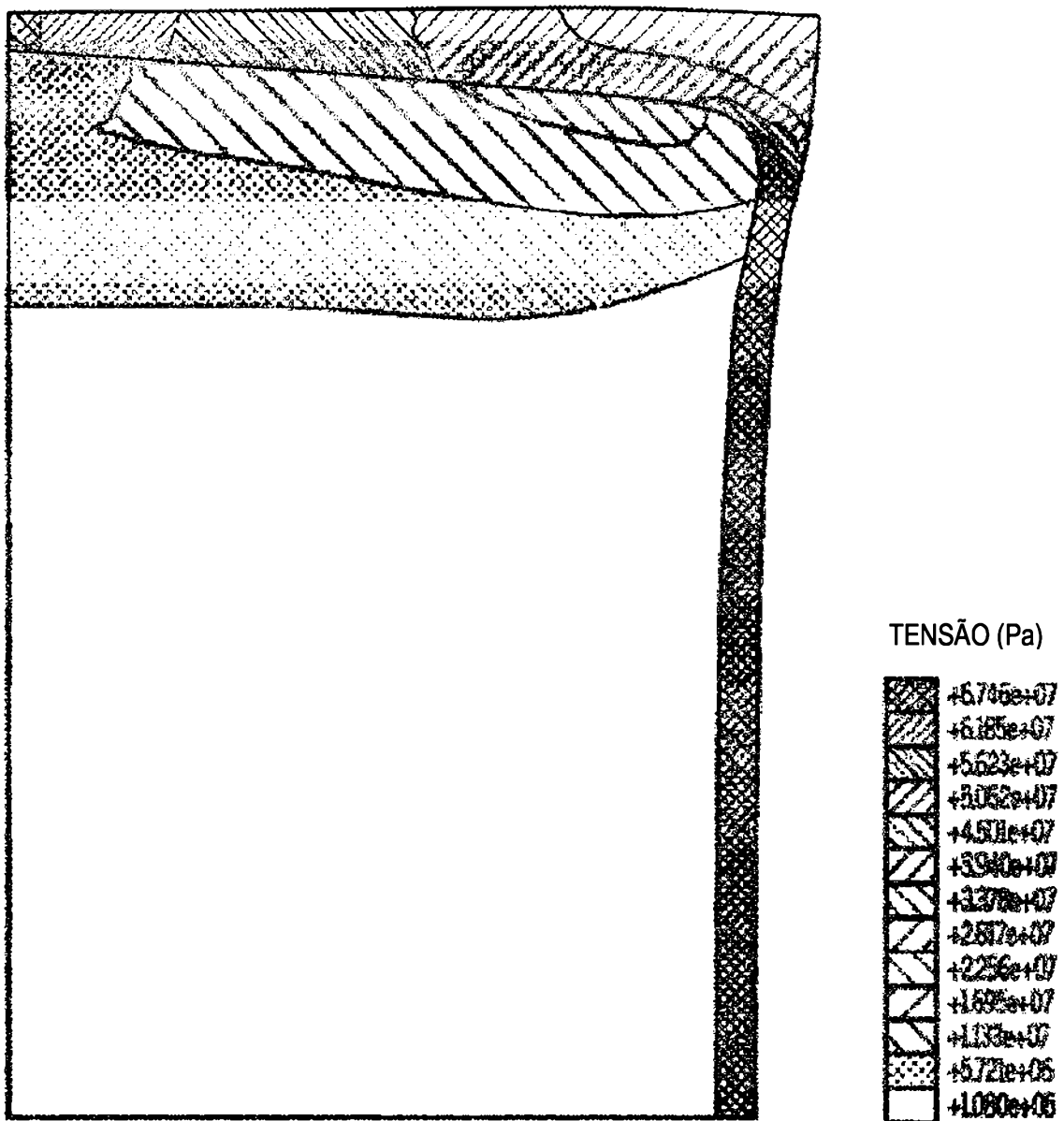


FIG. 5  
(ESTADO DA TÉCNICA)

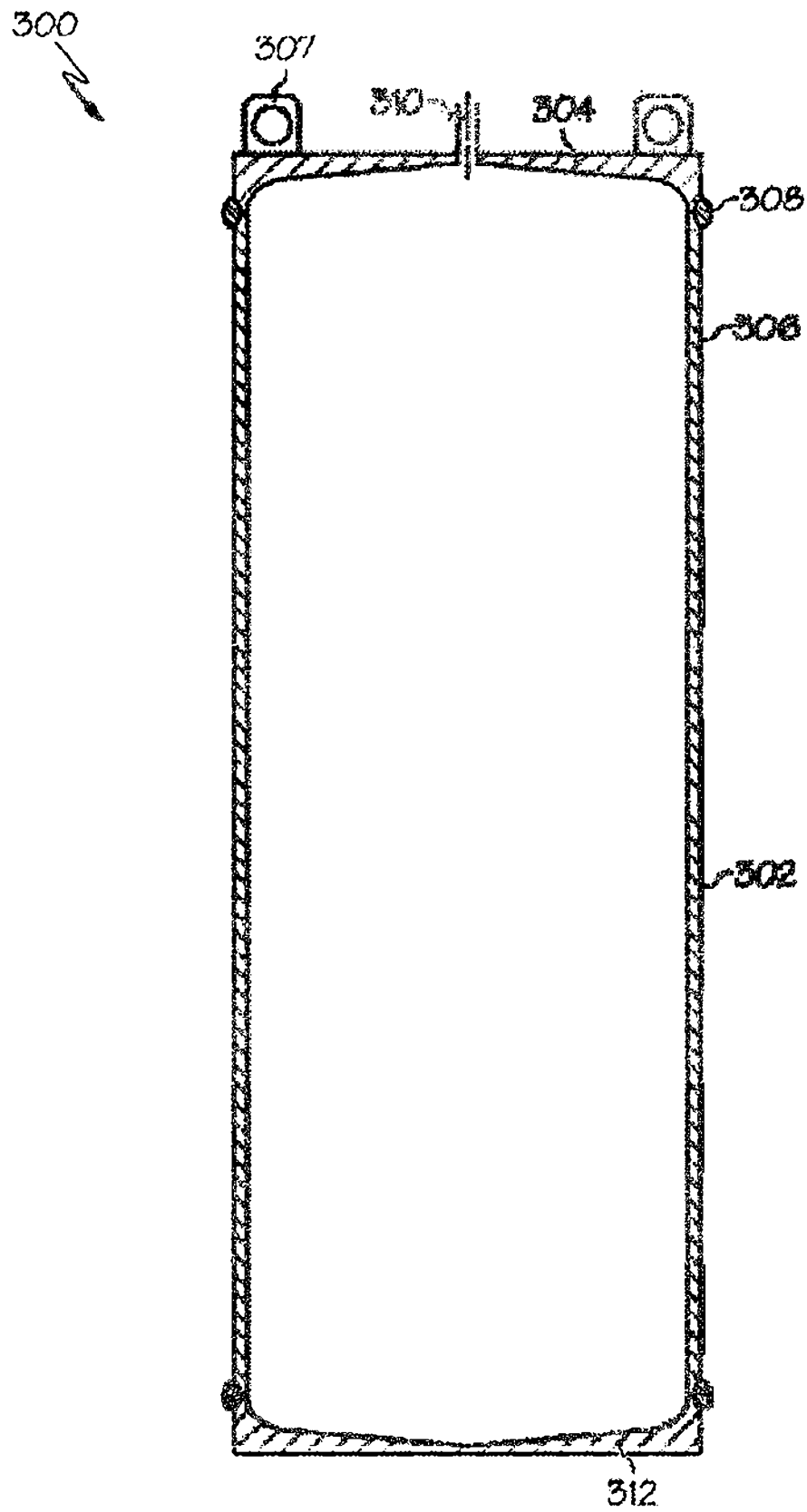


FIG. 6

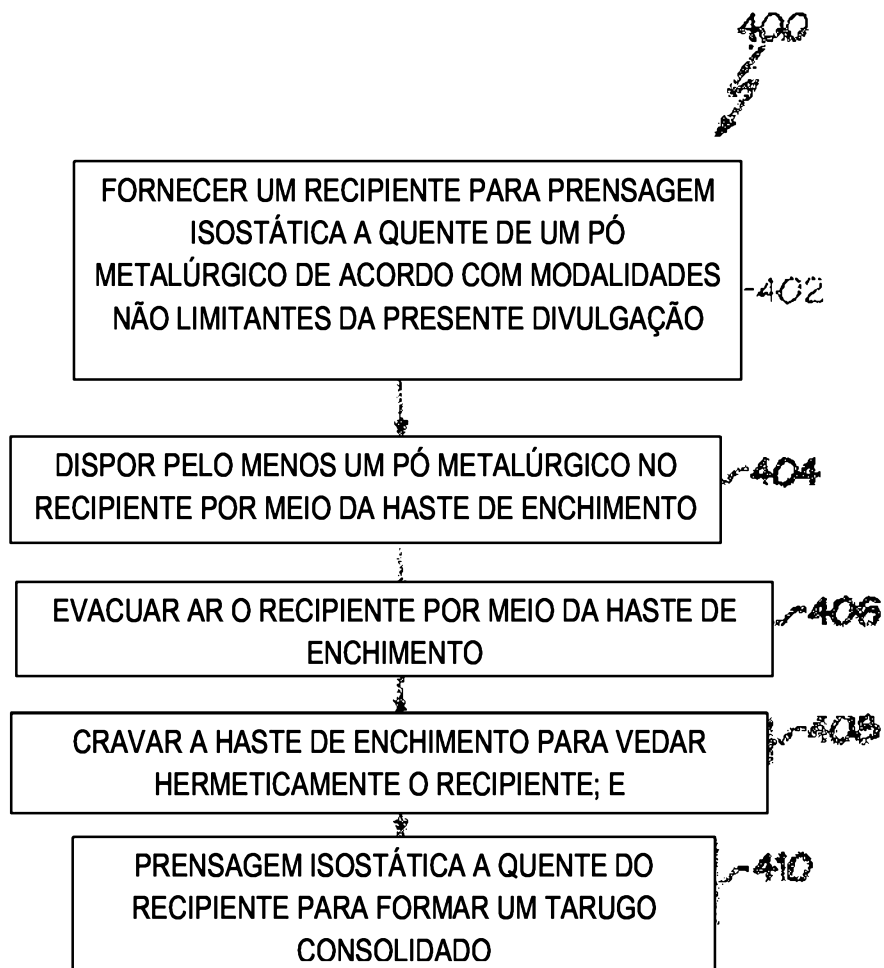


FIG. 7

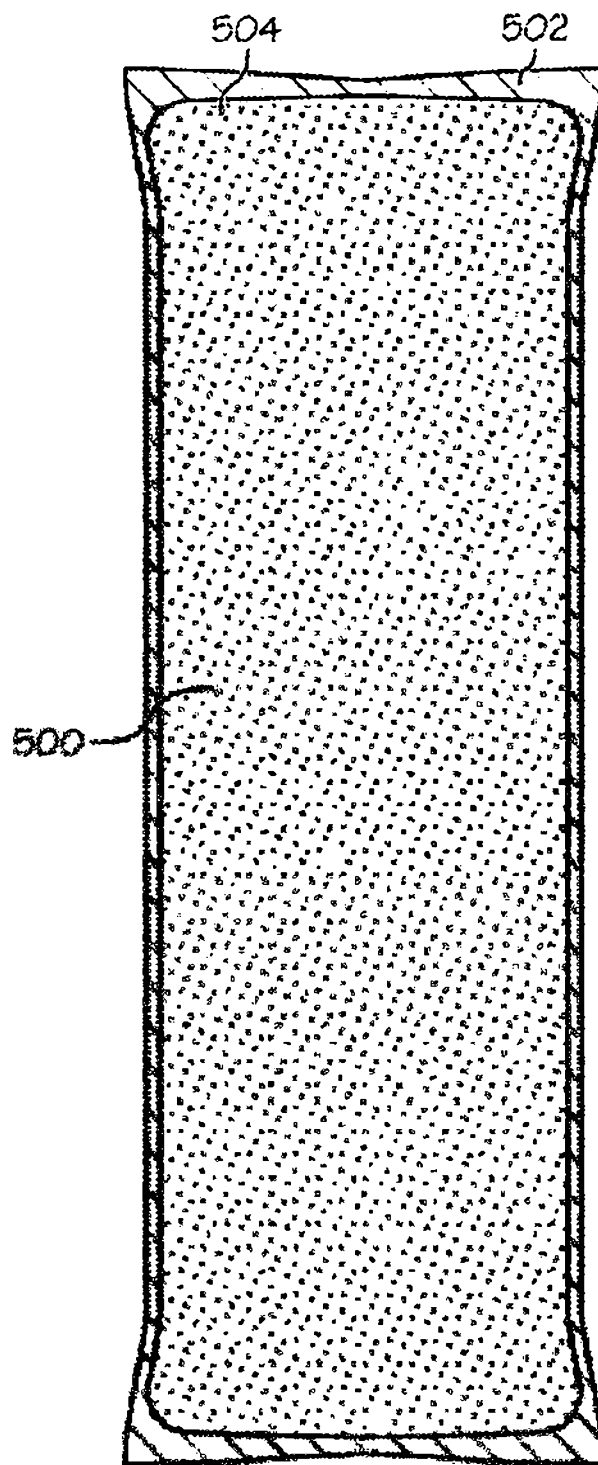


FIG. 8



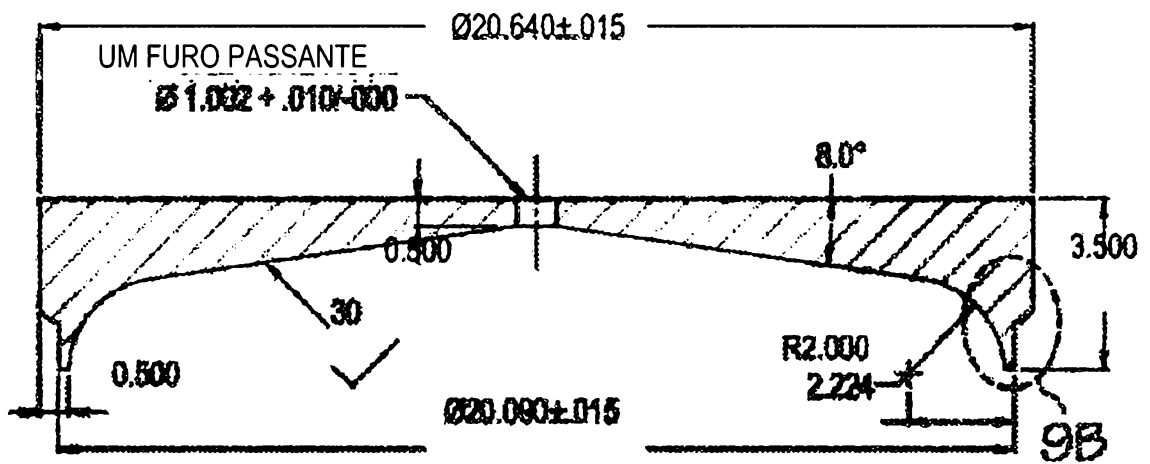


FIG. 9A

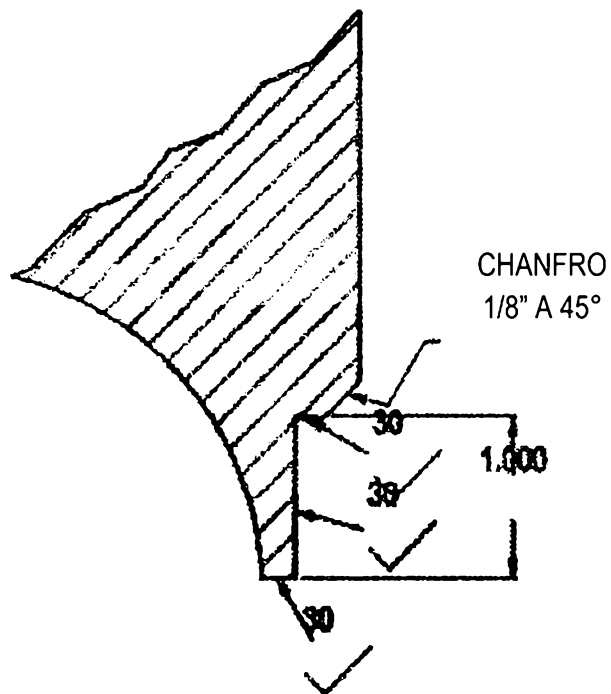


FIG. 9B

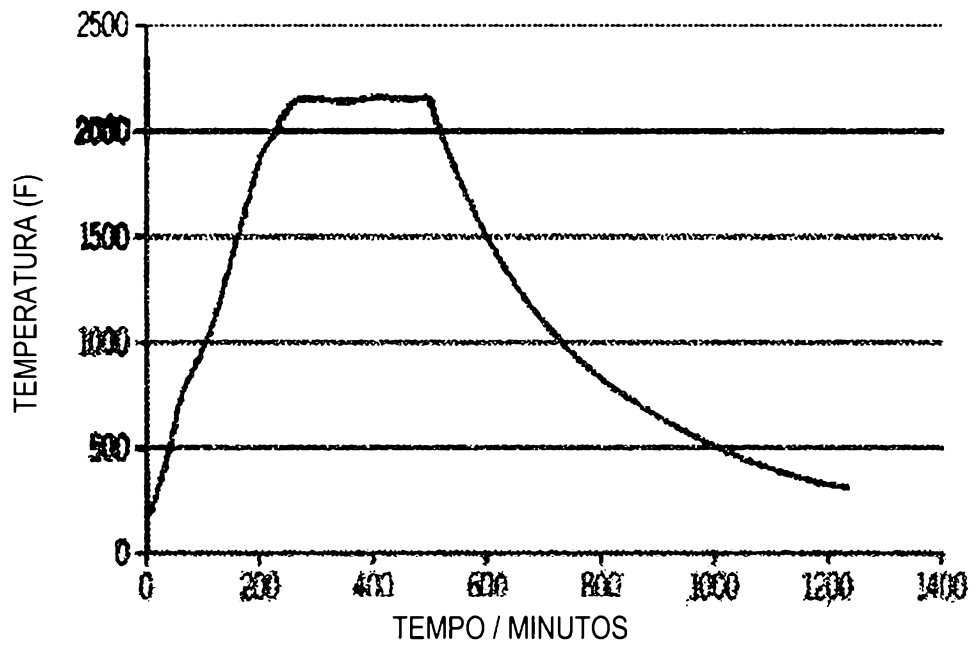


FIG. 10A

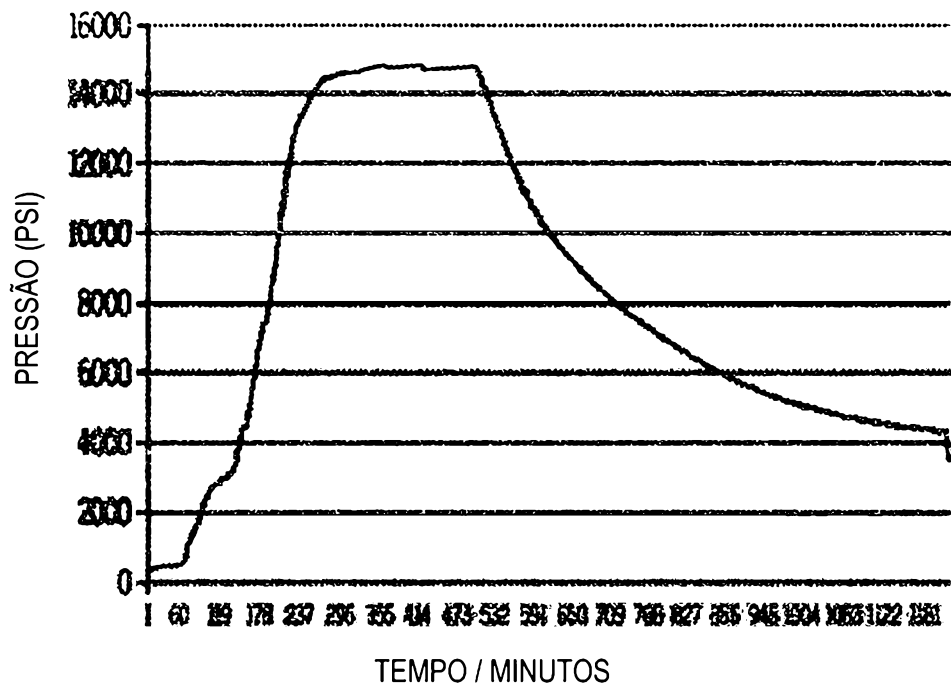


FIG. 10B

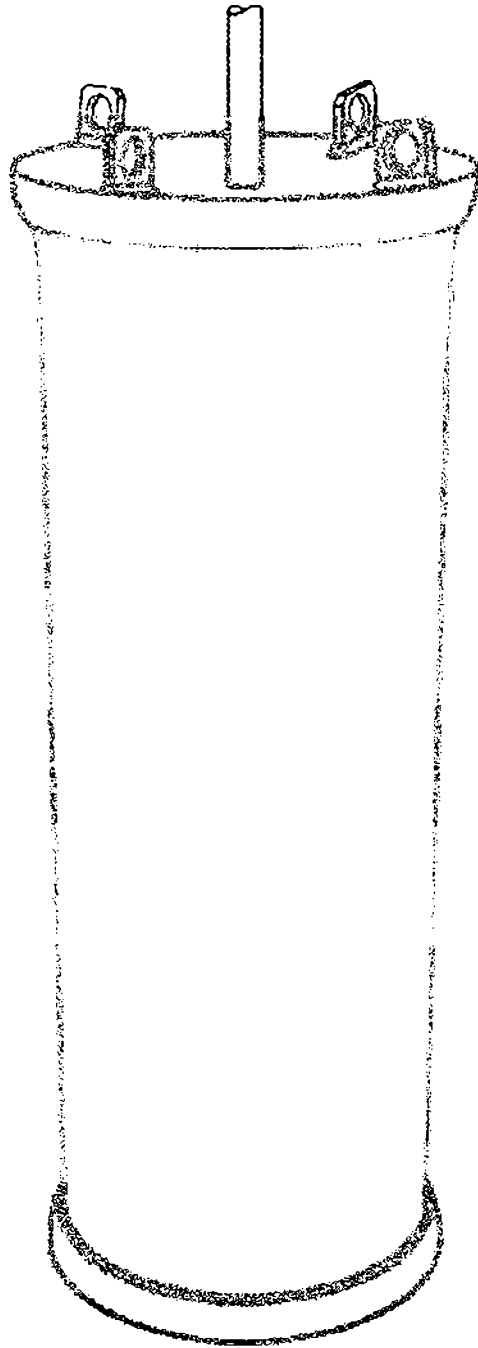


FIG. 11