



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

**(11) BR 112013008658-0 B1**



**(22) Data do Depósito: 12/10/2011**

**(45) Data de Concessão: 14/04/2020**

**(54) Título:** ELEMENTO DE VEDAÇÃO ANULAR ESFÉRICO E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DO MESMO

**(51) Int.Cl.:** F16J 15/10; F01N 13/08; F16L 17/00; F16L 23/16; F16L 27/06; (...).

**(30) Prioridade Unionista:** 19/10/2010 JP 2010-234982.

**(73) Titular(es):** OILES CORPORATION.

**(72) Inventor(es):** HIDETOSHI KAIDA; KOUHEI KUROSE.

**(86) Pedido PCT:** PCT JP2011005709 de 12/10/2011

**(87) Publicação PCT:** WO 2012/053168 de 26/04/2012

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 10/04/2013

**(57) Resumo:** ELEMENTO DE VEDAÇÃO ANULAR ESFÉRICO E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DO MESMO Em um elemento de vedação anular esférico 38, um elemento de base anular esférico 36 é construído para ser fornecido com integridade estrutural à medida que um material resistente ao calor 6 e um elemento de reforço 5 são comprimidos e entrelaçados. Em uma camada externa 37, o material resistente ao calor 6, um lubrificante sólido sinterizado constituído por uma composição lubrificante, e o elemento de reforço 5 feito a partir de uma rede de fio de metal são comprimidos de modo que o lubrificante sólido sinterizado e o material resistente ao calor 6 são preenchidos nas tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço 5, e o lubrificante sólido, o material resistente ao calor 6, e o elemento de reforço 5 são integrados sob a forma misturada, uma superfície externa 39 dessa camada externa 37 é formada desse modo em uma superfície lisa 42 em que uma superfície 40 constituída pelo elemento de reforço 5 e uma superfície 41 constituída pelo lubrificante sólido sinterizado estão presentes sob a forma misturada.

**“ELEMENTO DE VEDAÇÃO ANULAR ESFÉRICO E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DO MESMO”**

**CAMPO DA TÉCNICA**

A presente invenção refere-se a um elemento de vedação anular esférico usado em uma junta de cano esférica para um cano de descarga de automóvel e um método de fabricação do mesmo.

**ANTECEDENTES DA TÉCNICA**

Conforme para gases de escape de um motor de automóvel, na Figura 19 que mostra um Exemplo de uma passagem de escape de um motor de automóvel, os gases de escape gerados nos respectivos cilindros (não mostrados) do motor são reunidos em um conversor de catalisador de coletor de descarga 600 e são enviados para um sub-silenciador 603 através de um cano de descarga 601 e um cano de descarga 602. Os gases de escape que passam através sub silenciador 603 são adicionalmente enviados para um silenciador 606 através de um cano de descarga 604 e um cano de descarga 605, e são liberados na atmosfera através desse silenciador 606.

Os elementos do sistema de escape como os canos de descarga 601 e 602 bem como 604 e 605, o sub silenciador 603, e o silenciador 606 são submetidos a estresse repetido devido ao comportamento do rolo e vibração do motor. Particularmente no caso de uma rotação em alta velocidade e motor de alto rendimento, o estresse aplicado aos elementos do sistema de escape se torna muito grande. Consequentemente, os elemento do sistema de escape possuem a possibilidade de causar falha por fadiga, e a vibração de motor pode fazer com que os elemento de sistema de escape ressoem, deteriorando assim a imobilidade do compartimento em alguns casos. Para superar esses problemas, uma porção de conexão 607 entre o conversor de catalisador de coletor de descarga 600 e o cano de descarga 601 e uma porção de conexão 608 entre o cano de descarga 604 e o cano de descarga 605 são conectadas de forma móvel por um mecanismo de absorção de vibração como uma junta esférica do cano de descarga ou uma junta tipo fole, com isso vantagens são fornecidas, pois o estresse ao qual os elementos

do sistema de escape são repetidamente submetidos é absorvido devido ao comportamento do rolo e vibração do motor do automóvel, prevenindo assim a falha por fadiga e similares desses elementos de sistema de escape e superando o problema que a vibração do motor faz com que os elementos do sistema de escape ressoem e deterioreem a imobilidade da parte interna do compartimento do automóvel.

#### DOCUMENTOS DA TÉCNICA ANTERIOR

#### DOCUMENTOS DE PATENTE

Documento de Patente 1: JP-A-54-76759

10 Documento de Patente 2: JP-B-4-48973

Documento de Patente 3: JP-A-6-123362

#### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

#### PROBLEMAS QUE SERÃO SOLUCIONADOS PELA INVENÇÃO

Como um Exemplo do mecanismo de absorção de vibração descrito acima, é possível citar uma junta de cano de descarga descrita no Documento de Patente 1 e uma vedação de escape que é usada naquela junta. O elemento de vedação usado na junta de cano esférica descrita no Documento de Patente 1 possui vantagens visto que, em comparação com uma junta do tipo fole, se torna possível obter uma redução no custo de fabricação e sobressair em durabilidade. Entretanto, esse elemento de vedação é formado de modo que um material resistente ao calor feito a partir de grafite expandido e um elemento de reforço feito a partir de uma rede de fio de metal sejam comprimidos para preencher as tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço com o material resistente ao calor, e esse material resistente ao calor e o elemento de reforço sejam então integrados sob a forma misturada. Com isso, esse elemento de vedação possui o problema de ocorrência de ruído de atrito anormal devido à presença do material resistente ao calor na superfície da superfície esférica parcialmente convexa que entra em contato deslizável com o elemento de acoplamento, além do problema de vazamento de gases de escape através do próprio elemento de vedação anular esférico devido à proporção do elemento de reforço para o material resistente ao calor e o grau de

compressão do material resistente ao calor e do elemento de reforço. Por exemplo, se a proporção do elemento de reforço para o material resistente ao calor for grande, e o grau de compressão do material resistente ao calor for baixo, há possibilidades de ocorrer vazamento inicial devido a um declínio no grau de vedação pelo material resistente ao calor em relação a passagens infinitesimais (lacunas) que ocorrem em torno do elemento de reforço, e os gases de escape podem vazar em um estágio inicial devido ao desgaste oxidante do material resistente ao calor sob alta temperatura. Ademais, se a taxa de exposição do material resistente ao calor em relação ao elemento de reforço na superfície esférica parcialmente convexa for muito grande, o fenômeno de deslizamento irregular (stick-slip) pode ocorrer, possivelmente causando a geração de ruído de atrito anormal atribuível àquele fenômeno de deslizamento irregular.

Como um elemento de vedação para superar as desvantagens da vedação de escape descrita acima, um descrito no Documento de Patente 2 é conhecido. Esse elemento de vedação é formado ao sobrepor um elemento de reforço feito a partir de uma rede de fio de metal sobre um material resistente ao calor tipo folha feito a partir de grafite expandido com uma resina de politetrafluoroetileno preenchida e revestida sobre esse, para formar uma composição em forma de correia, ao enrolar a composição em forma de correia de modo que a superfície com a resina de politetrafluoroetileno preenchida e revestida sobre essa seja colocada no lado externo, para formar um laminado cilíndrico oco, e ao submeter o laminado cilíndrico oco à formação por compressão que se forma ao longo da direção axial do laminado. Assim, um elemento de vedação é descrito em que a superfície com a resina de politetrafluoroetileno preenchida e revestida sobre esse é exposta sobre a superfície periférica externa que constitui uma superfície deslizante (superfície de vedação). Conforme para esse elemento de vedação, a resina de politetrafluoroetileno revestida e formada sobre a superfície exibe efeitos operacionais como a redução do coeficiente de atrito e a prevenção de transferência do material resistente ao calor para formar o elemento de base sobre a superfície de um elemento de acoplamento. Ademais, visto que a resistência ao atrito da resina

de politetrafluoroetileno não exibe resistência negativa em relação à velocidade de deslizamento, um efeito adicional é obtido, pois a geração de vibração auto-excitada baseada no fenômeno de deslizamento irregular (adesão-deslizamento) pode ser suprimida, associado aos efeitos operacionais descritos acima, contribuindo assim para a prevenção de geração de ruído de atrito anormal.

O elemento de vedação descrito no Documento de Patente 2 descrito acima supera os problemas da vedação de escape descrita no Documento de Patente 1 descrito acima. Entretanto, o efeito que a geração de vibração auto-excitada baseada no fenômeno de deslizamento irregular é suprimida e uma contribuição é então feita para a prevenção de geração de ruído de atrito anormal, que é um efeito operacional do elemento de vedação descrito no Documento de Patente 2, é limitado ao uso em que a temperatura ambiente que atua sobre o elemento de vedação é o ponto de fusão (327°C) ou abaixo da resina de politetrafluoroetileno, e, no uso em uma temperatura ambiente que excede esse ponto de fusão, o ruído de atrito anormal atribuível ao fenômeno de deslizamento irregular é ocasionalmente gerado de forma inevitável.

O elemento de vedação descrito no Documento de Patente 3 possui a vantagem de ser capaz de eliminar da maneira mais prática possível a desvantagem da ocorrência de ruído de atrito anormal devido à presença do material resistente ao calor na superfície da superfície esférica parcialmente convexa do elemento de vedação descrito no Documento de Patente 1 que entra em contato deslizante com o elemento de acoplamento, visto que sua superfície deslizante (superfície da superfície esférica parcialmente convexa) é formada em uma superfície lisa onde o elemento de reforço deformado e entrelaçado feito a partir da rede de fio de metal e um lubrificante sólido preenchido e mantido nas tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço são integrados sob a forma misturada. Entretanto, a alumina no lubrificante sólido no elemento de vedação descrito nesse Documento de Patente pode causar danos à superfície do elemento de acoplamento, e então há possibilidades de resultar frequentemente na geração de ruído de atrito anormal e causar um declínio na capacidade de vedação.

A presente invenção se refere a aprimoramentos do elemento de vedação anular esférico descrito no Documento de Patente 3 anteriormente mencionado, e seu objetivo é proporcionar um elemento de vedação anular esférico que seja capaz de eliminar a geração de ruído de atrito anormal durante o deslizamento com um elemento de acoplamento e possui características de vedação estáveis, bem como um método de fabricação do mesmo.

#### MEIOS PARA SOLUCIONAR OS PROBLEMAS

Um elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção é um elemento de vedação anular esférico para uso em uma junta de cano de descarga que compreende: um elemento de base anular esférico definido por uma superfície interna cilíndrica, uma superfície esférica parcialmente convexa, e faces de extremidade anular de lado de diâmetro grande e pequeno da superfície esférica parcialmente convexa; e uma camada externa integralmente formada sobre a superfície esférica parcialmente convexa do elemento de base anular esférico, em que o elemento de base anular esférico inclui um elemento de reforço feito a partir de uma rede de fio de metal e um material resistente ao calor contendo grafite expandido e comprimido de tal modo para preencher as tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço e para ser integrado com o elemento de reforço sob a forma misturada, e em que, na camada externa, um material resistente ao calor que contém grafite expandido, um lubrificante sólido sinterizado de uma composição lubrificante que contém 23 a 75% por massa de nitreto de boro hexagonal e 23 a 75% por massa de uma resina de fluorocarboneto fundido, e um elemento de reforço feito a partir de uma rede de fio de metal são comprimidos de modo que o lubrificante sólido e o material resistente ao calor sejam preenchidos nas tramas do elemento de reforço, e de modo que o lubrificante sólido, o material resistente ao calor, e o elemento de reforço sejam integrados sob a forma misturada, uma superfície externa da camada externa é formada em uma superfície lisa em que uma superfície constituída pelo elemento de reforço e uma superfície constituída pelo lubrificante sólido estão presentes sob a forma misturada.

De acordo com o elemento de vedação anular esférico de acordo com a

presente invenção, na camada externa formada integralmente com a superfície esférica parcialmente convexa do elemento de base anular esférico que serve como um elemento deslizante em relação a um elemento de acoplamento, um material resistente ao calor que contém grafite expandido, um lubrificante sólido sinterizado de uma composição lubrificante que contém 23 a 75% por massa de nitreto de boro hexagonal e 23 a 75% por massa de uma resina de fluorocarboneto fundido, e um elemento de reforço feito a partir de uma rede de fio de metal são comprimidos de modo que o lubrificante sólido e o material resistente ao calor sejam preenchidos nas tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço, e de modo que o lubrificante sólido, o material resistente ao calor, e o elemento de reforço sejam integrados sob a forma misturada, uma superfície externa da camada externa é formada em uma superfície lisa em que uma superfície constituída pelo elemento de reforço e uma superfície constituída pelo lubrificante sólido estão presentes sob a forma misturada. Com isso, visto que ocorre o deslizamento com o elemento de acoplamento nessa superfície lisa onde o lubrificante sólido sinterizado e o elemento de reforço estão presentes sob a forma misturada, não ha possibilidade de causar danos à superfície do elemento de acoplamento, e é possível impedir a geração de ruído de atrito anormal.

A composição lubrificante pode conter grafite em uma razão não maior que 16% por massa. Ademais, um entre um copolímero de tetrafluoroetileno-hexafluoropropileno (FEP) e um copolímero de tetrafluoroetileno-perfluoroalquilviniléter (PFA) podem ser adequadamente usados como a resina de fluorocarboneto fundido no lubrificante sólido sinterizado anteriormente mencionado. Também, o nitreto de boro hexagonal exibe excelente lubricidade particularmente em uma faixa de alta temperatura e está contido na composição lubrificante em uma razão de 23 a 75% por massa.

No elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção, no elemento de base anular esférico e na camada externa, um elemento de reforço feita a partir de uma rede de fio de metal pode estar contido em uma razão de 40 a 65% por massa, e um lubrificante sólido e um material resistente ao

calor que contém grafite expandido podem estar contidos em uma razão de 35 a 60% por massa, e o material resistente ao calor e o lubrificante sólido no elemento de base anular esférico e a camada externa podem possuir, de preferência, uma densidade de 1,20 a 2,00 Mg/m<sup>3</sup>. Ademais, na camada externa, o elemento de reforço feito a partir da rede de fio de metal pode estar contido em uma razão de 60 a 75% por massa, e o lubrificante sólido e o material resistente ao calor que contém grafite expandido pode estar contido em uma razão de 25 a 40% por massa.

No elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção, visto que a camada externa possui uma superfície externa que é formada por uma superfície exposta onde uma superfície constituída pelo elemento de reforço e uma superfície constituída pelo lubrificante sólido sinterizado estão presentes sob a forma misturada, é possível garantir o deslizamento suave com o elemento de acoplamento que está em contato (desliza) com a superfície externa da camada externa. Ademais, a superfície constituída pelo lubrificante sólido na superfície externa pode ser mantida pela superfície constituída pelo elemento de reforço, e é possível realizar apropriadamente a transferência do lubrificante sólido a partir da superfície externa da camada externa sobre a superfície do elemento de acoplamento e raspagem de um lubrificante sólido excessivo transferido sobre a superfície do elemento de acoplamento, com o resultado que é possível garantir o deslizamento suave durante períodos de tempo prolongados, e a geração de ruído de atrito anormal durante o deslizamento com o elemento de acoplamento pode ser eliminada.

No elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção, o material resistente ao calor pode conter como um inibidor de oxidação 0,1 a 16,0% por massa de um fosfato ou 0,05 a 5% por massa de pentóxido de fósforo, ou 0,1 a 16,0% por massa de um fosfato, 0,05 a 5,0% por massa de pentóxido de fósforo, e grafite expandido.

O material resistente ao calor que contém como um inibidor de oxidação um fosfato ou pentóxido de fósforo, ou um fosfato, pentóxido de fósforo, e grafite expandido é capaz de aprimorar as características de resistência ao calor e



desgaste antioxidante do próprio elemento de vedação anular esférico, e permite o uso do elemento de vedação anular esférico em uma região de alta temperatura.

Um método de fabricação de um elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção para uso em uma junta de cano de descarga e que

5 inclui um elemento de base anular esférico definido por uma superfície interna cilíndrica, uma superfície esférica parcialmente convexa, e faces de extremidade anular de lado de diâmetro grande e pequeno da superfície esférica parcialmente convexa, e uma camada externa formada integralmente sobre a superfície esférica parcialmente convexa do elemento de base anular esférico, compreende as etapas

10 de: (a) preparar um material resistente ao calor constituído por uma folha de grafite expandido; (b) preparar um elemento de reforço feito a partir de uma rede de fio de metal que é obtida ao tecer ou tricotar um fio de metal fino, e, após formar uma montagem sobreposta ao sobrepor o elemento de reforço ao material resistente ao calor, enrolar a montagem sobreposta em um formato cilíndrico oco, para então

15 formar um elemento de base tubular; (c) preparar uma dispersão aquosa de uma composição lubrificante constituída por um pó de resina de fluorocarboneto fundido, um pó de nitreto de boro hexagonal, um tensoativo e água; (d) preparar outro material resistente ao calor constituído por uma folha de grafite expandido, aplicar a dispersão aquosa sobre uma superfície do outro material resistente ao calor, e secar

20 o mesmo, para então formar sobre uma superfície do material resistente ao calor uma camada de revestimento de um lubrificante sólido constituído por uma composição lubrificante que contém um nitreto de boro hexagonal e uma resina de fluorocarboneto fundido; (e) sinterizar a camada de revestimento do lubrificante sólido revestida sobre a superfície do material resistente ao calor a uma temperatura

25 não menor que um ponto de fusão da resina de fluorocarboneto fundido, para então formar uma camada de revestimento sinterizada do lubrificante sólido sobre uma superfície do material resistente ao calor; (f) inserir o material resistente ao calor que possui a camada de revestimento sinterizada entre duas camadas constituídas por

30 fio de metal obtida ao tecer ou tricotar um fio de metal fino, e alimentar o elemento

de reforço com o material resistente ao calor inserido entre as duas camadas constituídas pela rede de fio de metal em um estrangulamento entre um par de rolos para pressurizar o mesmo, de modo que o material resistente ao calor e a camada de revestimento sinterizada sobre a superfície do material resistente ao calor sejam

5 preenchidos em tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço, para então formar um elemento de formação de camada externa achatado sobre uma superfície cuja superfície constituída pelo elemento de reforço e uma superfície constituída pela camada de revestimento sinterizada são expostas sob a forma misturada; (g) enrolar o elemento de formação de camada externa em torno de uma superfície

10 periférica externa do elemento de base tubular com sua camada de revestimento sinterizada faceada para fora, para então formar uma pré-forma cilíndrica; e (h) ajustar a pré-forma cilíndrica sobre uma superfície periférica externa de um núcleo de uma matriz, colocar o núcleo na matriz, e submeter a pré-forma cilíndrica à formação por compressão na matriz em uma direção axial do núcleo, em que o

15 elemento de base anular esférico é formado para ser fornecido com integridade estrutural à medida que o material resistente ao calor que contém grafite expandido e o elemento de reforço feito a partir da rede de fio de metal são comprimidos e entrelaçados, e em que, na camada externa, um material resistente ao calor que contém grafite expandido, um lubrificante sólido sinterizado constituído por uma

20 composição lubrificante que contém nitreto de boro hexagonal e uma resina de fluorocarboneto fundido, e um elemento de reforço feito a partir de uma rede de fio de metal são comprimidos de modo que o lubrificante sólido sinterizado e o material resistente ao calor sejam preenchidos nas tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço, e de modo que o lubrificante sólido sinterizado, o material

25 resistente ao calor, e o elemento de reforço sejam integrados sob a forma misturada, uma superfície externa da camada externa é formada em uma superfície lisa em que uma superfície constituída pelo elemento de reforço e uma superfície constituída pelo lubrificante sólido sinterizado estão presentes sob a forma misturada.

30 De acordo com o método de fabricação de um elemento de vedação anular

esférico de acordo com a presente invenção, visto que o lubrificante sólido da camada de revestimento sinterizada constituída por uma composição lubrificante que contém pelo menos nitreto de boro hexagonal e uma resina de fluorocarboneto fundido sobre uma superfície do material resistente ao calor é mantido pelo

5 elemento de reforço feito a partir da rede de fio de metal, a superfície externa da camada externa do elemento de vedação anular esférico pode ser formada por uma superfície exposta onde uma superfície constituída pelo elemento de reforço e uma superfície constituída pelo lubrificante sólido da camada de revestimento sinterizada estão presentes sob a forma misturada. Portanto, é possível garantir o deslizamento

10 suave adicional com o elemento de acoplamento que está em contato (desliza) com a superfície externa da camada externa. Ademais, a superfície constituída pelo lubrificante sólido da camada de revestimento sinterizada na superfície exposta pode ser mantida pela superfície constituída pelo elemento de reforço, e é possível realizar apropriadamente a transferência do lubrificante sólido sinterizado a partir da

15 superfície externa da camada externa sobre a superfície do elemento de acoplamento e raspagem da película de um lubrificante sólido excessivo transferido sobre a superfície do elemento de acoplamento, com o resultado que é possível obter um elemento de vedação anular esférico que garante o deslizamento suave durante períodos de tempo prolongados, e pode eliminar a geração de ruído de

20 atrito anormal durante o deslizamento com o elemento de acoplamento.

No método de fabricação de um elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção, a dispersão aquosa da composição lubrificante que é revestida em uma superfície do material resistente ao calor é composta de um pó de resina de fluorocarboneto fundido com um tamanho médio de partícula de

25 0,01 a 1  $\mu\text{m}$  que é obtido por um método de polimerização de emulsão, um pó de nitreto de boro hexagonal com um tamanho médio de partícula de 0,01 a 1  $\mu\text{m}$ , um tensoativo, e água. Um pó de grafite pode estar ainda contido nessa dispersão aquosa, e um solvente orgânico aquoso pode estar contido nessa dispersão aquosa.

Um entre um copolímero de tetrafluoroetileno-hexafluoropropileno (FEP) e

30 um copolímero de tetrafluoroetileno-perfluoroalquilviniléter (PFA) pode ser

adequadamente usado como a resina de fluorocarboneto fundido. O teor do pó de resina de fluorocarboneto fundido contido na dispersão aquosa é, de preferência, 11,5 a 45% por massa, com mais preferência, 27,5 a 33% por massa.

5 O teor do pó de nitreto de boro hexagonal contido na dispersão aquosa é, de preferência, 11,5 a 45% por massa, com mais preferência, 22,5 a 27% por massa. O nitreto de boro hexagonal exibe excelente lubricidade particularmente em uma região de alta temperatura, e 0,01 a 13,5% por massa de um tensoativo podem estar contidos nessa dispersão aquosa.

10 Ademais, em um Exemplo preferido, a dispersão aquosa é composta de 11,5 a 45% por massa de um pó de resina de fluorocarboneto fundido, 11,5 a 45% por massa de nitreto de boro hexagonal, 0,01 a 13,5% por massa de um tensoativo, e 25 a 45% por massa de água.

15 A dispersão aquosa compreendida do pó de resina de fluorocarboneto fundido e do pó de nitreto de boro hexagonal descritos acima pode conter ainda 0,5 a 9% por massa, de preferência, 1 a 5% por massa, de um pó de grafite. O pó de grafite melhora a capacidade de formação de película da camada deslizante constituída pela composição de resina de fluorocarboneto fundido sobre a superfície do elemento de acoplamento.

20 No método de fabricação de um elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção, a camada de revestimento constituída pela composição lubrificante formada ao aplicar a dispersão aquosa a uma superfície do material resistente ao calor por meio de revestimento por rolo, escovação, pulverização, ou similar é seca, e é subseqüentemente sinterizada em um forno de aquecimento. A temperatura de sinterização está em uma faixa do ponto de fusão T da resina de fluorocarboneto fundido a  $(T + 150^{\circ}\text{C})$ , de preferência,  $(T + 5^{\circ}\text{C})$  a  $(T + 135^{\circ}\text{C})$ , com mais preferência,  $(T + 10^{\circ}\text{C})$  a  $(T + 125^{\circ}\text{C})$ . No caso de um copolímero de tetrafluoroetileno-hexafluoropropileno (FEP), o ponto de fusão é  $240^{\circ}\text{C}$ , de modo que a temperatura de sinterização esteja dentro de uma faixa de  $240$  a  $390^{\circ}\text{C}$ , de preferência,  $245$  a  $375^{\circ}\text{C}$ , com mais preferência,  $250$  a  $365^{\circ}\text{C}$ . No caso de um  
30 copolímero de tetrafluoroetileno-perfluoroalquilviniléter (PFA), o ponto de fusão é

305°C, de modo que a temperatura de sinterização esteja dentro de uma faixa de 305 a 455°C, de preferência, 310 a 440°C, com mais preferência, 315 a 430°C. Se a temperatura de sinterização for excessivamente baixa, se torna difícil formar uma camada de revestimento uniforme da composição de resina de fluorocarboneto fundido, enquanto se a temperatura de sinterização for excessivamente alta, é capaz de ocorrer a deterioração térmica da composição de resina de fluorocarboneto fundido.

Em um Exemplo preferido do método de fabricação do elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção, no elemento de base anular esférico e na camada externa, um elemento de reforço feito a partir de uma rede de fio de metal pode estar contido em uma razão de 40 a 65% por massa, e um lubrificante sólido e um material resistente ao calor contendo grafite expandido podem estar contidos em uma razão de 35 a 60% por massa, e o material resistente ao calor e o lubrificante sólido no elemento de base anular esférico e na camada externa podem possuir, de preferência, uma densidade de 1,20 a 2,00 Mg/m<sup>3</sup>. Ademais, na camada externa, o elemento de reforço feito a partir da rede de fio de metal pode estar contido em uma razão de 60 a 75% por massa, e o lubrificante sólido e o material resistente ao calor contendo grafite expandido podem estar contidos em uma razão de 25 a 40% por massa.

## 20 VANTAGENS DA INVENÇÃO

De acordo com a presente invenção, é possível fornecer um elemento de vedação anular esférico que é capaz de eliminar o vazamento de gases de escape e eliminar a geração de ruído de atrito anormal, e possui características de vedação estáveis, bem como um método de fabricação desse.

## 25 BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 é uma vista em corte transversal vertical de um elemento de vedação anular esférico que é fabricado em uma modalidade da presente invenção;

A Figura 2 é um diagrama explicativo parcialmente ampliado do elemento de vedação anular esférico mostrado na Figura 1;

30 A Figura 3 é um diagrama que explica um método de formação de um

elemento de reforço em um processo de fabricação do elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção;

A Figura 4 é uma vista em perspectiva de um material resistente ao calor no processo de fabricação do elemento de vedação anular esférico de acordo com a  
5 presente invenção;

A Figura 5 é uma vista plana que ilustra as tramas de uma rede de fios de metal do elemento de reforço;

A Figura 6 é uma vista em perspectiva de uma montagem sobreposta no processo de fabricação do elemento de vedação anular esférico de acordo com a  
10 presente invenção;

A Figura 7 é uma vista plana de um elemento de base tubular no processo de fabricação do elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção;

A Figura 8 é uma vista em corte transversal vertical do elemento de base  
15 tubular mostrado na Figura 7;

A Figura 9 é uma vista em perspectiva do material resistente ao calor no processo de fabricação do elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção;

A Figura 10 é uma vista em corte transversal do material resistente ao calor  
20 que possui uma camada de revestimento de um lubrificante sólido no processo de fabricação do elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção;

A Figura 11 é um diagrama que explica um primeiro método de formação de um elemento de formação de camada externa no processo de fabricação do  
25 elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção;

A Figura 12 é um diagrama que explica o primeiro método de formação do elemento de formação de camada externa no processo de fabricação do elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção;

A Figura 13 é uma vista em corte transversal vertical do elemento de  
30 formação de camada externa que é obtido pelo primeiro método de formação no

processo de fabricação do elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção;

A Figura 14 é um diagrama que explica um segundo método de formação do elemento de formação de camada externa no processo de fabricação do elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção;

A Figura 15 é um diagrama que explica o segundo método de formação do elemento de formação de camada externa no processo de fabricação do elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção;

A Figura 16 é uma vista plana de uma pré-forma cilíndrica no processo de fabricação do elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção;

A Figura 17 é uma vista em corte transversal que ilustra um estado onde a pré-forma cilíndrica é inserida em uma matriz no processo de fabricação do elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção;

A Figura 18 é uma vista em corte transversal vertical de uma junta de tubo de descarga que incorpora o elemento de vedação anular esférico de acordo com a presente invenção; e

A Figura 19 é um diagrama explicativo de um sistema de escape de um motor.

## MODO PARA REALIZAR A INVENÇÃO

A seguir, uma descrição mais detalhada da presente invenção será fornecida e um modo para realizar a mesma está baseado nas modalidades preferidas ilustradas nos desenhos. Deve ser observado que a presente invenção não se limita a essas modalidades.

Uma descrição será fornecida de materiais constituintes de um elemento de vedação anular esférico e um método de fabricação do elemento de vedação anular esférico de acordo com a invenção.

<Referência ao Material Resistente ao Calor I e Método de Fabricação Desse>

Enquanto o ácido sulfúrico concentrado de uma concentração de 98% está

sendo agitado, uma solução aquosa de 60% de peróxido de hidrogênio é adicionada a essa como um agente oxidante, e essa solução é usada como uma solução de reação. Essa solução de reação é resfriada e mantida a uma temperatura de 10°C, um pó de grafite natural em flocos que possui um tamanho de partícula de 30 a 80 5 tramas é adicionado à solução de reação, e permite-se que a reação ocorra durante 30 minutos. Após a reação, o pó de grafite tratado com ácido é separado por uma filtração por sucção, e uma operação de limpeza é repetida duas vezes em que o pó de grafite tratado com ácido é agitada em água durante 10 minutos e é então submetida à filtração por sucção, removendo assim suficientemente o teor de ácido 10 sulfúrico do pó de grafite tratado com ácido. Então, o pó de grafite tratado com ácido com o teor de ácido sulfúrico suficientemente removido é seco durante 3 horas em um forno de secagem mantido em uma temperatura de 110°C, e esse é usado como um pó de grafite tratado com ácido.

O pó de grafite tratado com ácido descrito acima é submetido a tratamento 15 de aquecimento (expansão) durante 1 a 10 segundos em temperaturas de 950 a 1200°C para produzir gás craqueado. As lacunas entre as camadas de grafite são expandidas por sua pressão de gás para formar partículas de grafite expandido (taxa de expansão: 240 a 300 vezes). As partículas de grafite expandido são alimentadas em um aparelho de cilindros duplos ajustado a um estrangulamento de 20 rolo desejado e é submetido à formação de rolo, fabricando assim uma folha de grafite expandido que possui uma espessura desejada. Essa folha de grafite expandido é usada como um material resistente ao calor I.

<Referência ao Material Resistente ao Calor II e Método de Fabricação Desse>

25 Enquanto o pó de grafite tratado com ácido obtido em um método similar àquele do pó de grafite tratado com ácido descrito acima está sendo agitado, uma solução em que uma solução aquosa de fosfato de alumínio primário  $[Al(H_2PO_4)_3]$  de uma concentração de 50% como um fosfato é diluída com metanol é composta com o pó de grafite tratado com ácido por pulverização, e é agitado uniformemente para 30 fabricar uma mistura que possui molhabilidade. Essa mistura que possui



molhabilidade é seca durante duas horas em um forno de secagem mantido a uma temperatura de 120°C. Então, essa mistura é submetida a tratamento de aquecimento (expansão) durante 1 a 10 segundos em temperaturas de 950 a 1200°C para produzir gás craqueado. As lacunas entre as camadas de grafite são expandidas por sua pressão de gás para formar as partículas de grafite expandido (taxa de expansão: 240 a 300 vezes). Nesse processo de tratamento de expansão, a água na fórmula estrutural de fosfato de alumínio primário é eliminada. Essas partículas de grafite expandido são alimentadas no aparelho de cilindros duplos ajustado em uma estrangulamento de rolo desejado e é submetido à formação de rolo, fabricando assim uma folha de grafite expandido que possui uma espessura desejada. Essa folha de grafite expandido é usada como um material resistente ao calor II.

No material resistente ao calor II fabricado desse modo, o fosfato de alumínio primário está contido no grafite expandido em uma razão de 0,5 a 16% por massa. Esse grafite expandido que contém o fosfato permite o uso, por exemplo, a 600°C ou uma faixa de alta temperatura que excede 600°C visto que a resistência ao calor do próprio grafite expandido é aumentada e a ação de inibição de oxidação é conferida ao mesmo. Como o fosfato, é possível usar, além do fosfato de alumínio primário anteriormente mencionado, o fosfato de lítio secundário ( $\text{Li}_2\text{HPO}_4$ ), fosfato de cálcio primário [ $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ], fosfato de cálcio secundário ( $\text{CaHPO}_4$ ), e fosfato de alumínio secundário [ $\text{Al}_2(\text{HPO}_4)_3$ ].

#### <Material Resistente ao Calor Relativo III e Método de Fabricação Desse>

Enquanto o pó de grafite tratado com ácido obtido em um método similar àquele do pó de grafite tratado com ácido descrito acima está sendo agitado, uma solução em que uma solução aquosa de uma concentração de 50% como um fosfato e uma solução aquosa de ácido ortofosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) de uma concentração de 84% como um ácido fosfórico são diluídas com metanol é composta com o pó de grafite tratado com ácido por pulverização, e é agitado uniformemente para fabricar uma mistura que possui molhabilidade. Essa mistura que possui molhabilidade é seca durante duas horas em um forno de secagem mantido a uma temperatura de

120°C. Então, essa mistura é submetida a tratamento de aquecimento (expansão) durante 1 a 10 segundos em temperaturas de 950 a 1200°C para produzir gás craqueado. As lacunas entre as camadas de grafite são expandidas por sua pressão de gás para formar as partículas de grafite expandido (taxa de expansão: 240 a 300  
5 vezes). Nesse processo de tratamento de expansão, a água na fórmula estrutural de fosfato de alumínio primário é eliminada e o ácido ortofosfórico é submetido à reação de desidratação para produzir pentóxido de fósforo. Essas partículas de grafite expandido são alimentadas no aparelho de cilindros duplos ajustado em uma estrangulamento de rolo desejado e é submetido à formação de rolo, fabricando  
10 assim uma folha de grafite expandido que possui uma espessura desejada. Essa folha de grafite expandido é usada como um material resistente ao calor III.

No material resistente ao calor III fabricado desse modo, fosfato de alumínio primário e pentóxido de fósforo são contidos no grafite expandido em uma razão de 0,5 a 16% por massa e em uma razão de 0,05 a 5% por massa, respectivamente.  
15 Esse grafite expandido que contém o fosfato e pentóxido de fósforo permite o uso, por exemplo, a 600°C ou uma faixa de alta temperatura que excede 600°C visto que a resistência ao calor do próprio grafite expandido é aumentada e a ação de inibição de oxidação é conferida ao mesmo. Como o ácido fosfórico, é possível usar, além do ácido ortofosfórico anteriormente mencionado, ácido metafosfórico ( $\text{HPO}_3$ ), ácido  
20 polifosfórico, e similares.

Como o material resistente ao calor, um material de folha que possui uma densidade de 1,0 a 1,15  $\text{Mg/m}^3$  ou aproximadamente e uma espessura de 0,3 a 0,6 mm ou aproximadamente é, de preferência, usado.

#### <Referência ao Elemento de Reforço>

25 Como um elemento de reforço, uma rede de fio de metal tecida ou de malha usada é formada ao tecer ou tricotar um ou mais fios de metal finos inclusive, como um fio à base de ferro, um fio de aço inoxidável feito desses aços inoxidáveis austeníticos SUS 304, SUS 310S, e SUS 316, um aço inoxidável ferrítico SUS 430, ou um fio de ferro (JIS-G-3532) ou um fio de aço galvanizado (JIS-G-3547), ou,  
30 como um fio de cobre, um elemento de fio feito de um fio de liga de cobre-níquel

(cuproníquel), um fio de liga de cobre-níquel-zinco (alpaca), um fio de latão, ou um fio de cobre de berílio.

Como o fio de metal fino para formar a rede de fio de metal, um fio de metal fino cujo diâmetro é 0,28 a 0,32 mm ou aproximadamente é usado. Em termos do tamanho da trama da rede de fio de metal (veja a Figura 5 que ilustra uma rede de fio de metal tecida) para uma rede de elemento de base anular esférico formada pelo fio de metal fino daquele diâmetro, um tamanho da trama de 4 a 6 mm de comprimento e 3 a 5 mm de largura ou aproximadamente é adequadamente usado, enquanto, em termos do tamanho da trama (veja a Figura 5) da rede de fio de metal para uma camada externa, um tamanho da trama de 2,5 a 3,5 mm de comprimento e 1,5 a 2,5 mm de largura ou aproximadamente é adequadamente usado.

< Referência ao Lubrificante Sólido e Camada de Revestimento >

Um lubrificante sólido consiste em uma composição lubrificante que contém 23 a 75% por massa de um nitreto de boro hexagonal e 23 a 75% por massa de uma resina de fluorocarboneto fundido.

No processo de fabricação, esse lubrificante sólido é usado sob a forma de uma dispersão aquosa que é composta de 12,5 a 45% por massa de um pó de resina de fluorocarboneto fundido com um tamanho médio de partícula de 0,01 a 1 µm, 12,5 a 45% por massa de um nitreto de boro hexagonal com um tamanho médio de partícula de 0,01 a 1 µm, 0,1 a 30% por massa de um tensoativo, e o equilíbrio de água (25 a 45% por massa).

Cada copolímero de tetrafluoroetileno-hexafluoropropileno (FEP) e um copolímero de tetrafluoroetileno-perfluoroalquilviniléter (PFA) é usado como a resina de fluorocarboneto fundido. O teor do pó de resina de fluorocarboneto fundido contido na dispersão aquosa é 11,5 a 45% por massa, de preferência, 27,5 a 33% por massa.

O nitreto de boro hexagonal exibe excelente lubricidade particularmente em uma região de alta temperatura, e o teor do pó de nitreto de boro hexagonal contido na dispersão aquosa é 11,5 a 45% por massa, de preferência, 22,5 a 27% por massa.

O tensoativo contido na dispersão aquosa é suficiente se o mesmo for capaz de permitir que o pó de resina de fluorocarboneto fundido seja uniformemente disperso em água, e é possível utilizar qualquer um entre um tensoativo aniônico, um tensoativo catiônico, um tensoativo não iônico, e um tensoativo anfotérico. É possível citar, por exemplo, tensoativos aniônicos como alquil sulfato de sódio, alquil éter sulfato de sódio, trietanolamina alquil sulfato, trietanolamina alquil éter sulfato, alquil sulfato de amônio, alquil éter sulfato de amônio, alquil éter fosfato de sódio, e fluoroalquil carboxilato de sódio; tensoativos catiônicos como sal de alquil amônio e sal de alquil benzil amônio; tensoativos não iônicos como polioxietileno alquil éter, polioxietileno fenil éter, polioxietileno alquil éster, copolímero de óxido de propileno glicol-propileno, aditivos de óxido de perfluoroalquil etileno, e aditivo de óxido de 2-etil-hexanol etileno; e tensoativos anfotéricos como betaína de ácido alquilaminoacético, betaína de ácido alquilamidoacético, e betaína de imidazólio. Em particular, os tensoativos aniônicos e não iônicos são preferidos. Os tensoativos particularmente preferidos são tensoativos não iônicos que possuem uma cadeia de oxietileno em que a quantidade de resíduo pirolítico é pequena.

O teor do tensoativo é normalmente 0,1 a 30% por massa, particularmente de preferência, 0,2 a 20% por massa, do teor de pó de resina de fluorocarboneto fundido. Se o teor do tensoativo for excessivamente baixo, a dispersão do pó de resina de fluorocarboneto fundido não se torna uniforme, enquanto se o teor do tensoativo for excessivamente alto, o resíduo pirolítico do tensoativo devido à sinterização se torna grande e ocorre a coloração, resultando ainda em um declínio na resistência ao calor, não adesão, e similares da camada de revestimento.

A dispersão aquosa compreendida do pó de resina de fluorocarboneto fundido, do pó de nitreto de boro hexagonal, e do tensoativo descrito acima pode conter ainda 0,5 a 8% por massa, de preferência, 1 a 5% por massa, de um pó de grafite. O pó de grafite melhora a capacidade de formação de película da camada deslizante constituída pela composição de resina de fluorocarboneto fundido sobre a superfície do elemento de acoplamento.

Um solvente orgânico aquoso pode estar adicionalmente contido na dispersão aquosa compreendida do pó de resina de fluorocarboneto fundido, do pó de nitreto de boro hexagonal, do tensoativo, e água como descrito acima, ou do pó de resina de fluorocarboneto fundido, do pó de nitreto de boro hexagonal, do pó de grafite, do tensoativo, e água. Por exemplo, é possível citar solventes à base de álcool como metanol, etanol, butanol, álcool isopropílico, e glicerina; solventes à base de cetona como acetona, metiletil cetona, e metilisobutil cetona; solventes à base de éter como metil cellosolve, cellosolve, e butil cellosolve; solventes à base de glicol como etileno glicol, propileno glicol, trietileno glicol, e tetraetileno glicol; solventes à base de amida como dimetilformamida e dimetilacetamida; e solventes à base de lactama como N-metil-2-pirrolidona. O teor do solvente orgânico aquoso é 0,5 a 50% por peso, de preferência, 1 a 30% por peso, da quantidade total de água. O solvente orgânico aquoso possui a função de umedecer a resina de fluorocarboneto fundido e formar uma mistura uniforme com o nitreto de boro hexagonal, e visto que essa evapora durante a sinterização, não afeta adversamente o revestimento.

Como a aquosa da composição de resina de fluorocarboneto fundido, qualquer uma das seguintes dispersões aquosas é usada: (1) uma dispersão aquosa composta de 12,5 a 45% por massa de um pó de resina de fluorocarboneto fundido com um tamanho médio de partícula de 0,01 a 1  $\mu\text{m}$ , 12,5 a 45% por massa de um pó de nitreto de boro hexagonal com um tamanho médio de partícula de 0,01 a 1  $\mu\text{m}$ , 0,01 a 13,5% por massa de um tensoativo, e o equilíbrio de 25 a 45% por massa de água, (2) uma dispersão aquosa composta de 12,5 a 45% por massa de um pó de resina de fluorocarboneto fundido com um tamanho médio de partícula de 0,01 a 1  $\mu\text{m}$ , 12,5 a 45% por massa de um pó de nitreto de boro hexagonal com um tamanho médio de partícula de 0,01 a 1  $\mu\text{m}$ , 0,5 a 8% por massa de um pó de grafite, 0,01 a 13,5% por massa de um tensoativo, e o equilíbrio de 25 a 45% por massa de água, (3) uma dispersão aquosa em que 0,1 a 22,5% por massa de um solvente orgânico aquoso estão adicionalmente contidos na dispersão aquosa em (1) acima; e (4) uma dispersão aquosa em que 0,1 a 22,5% por massa de um

solvente orgânico aquoso estão adicionalmente contidos na dispersão aquosa em (2) acima.

A dispersão aquosa anteriormente mencionada é aplicada a uma superfície do material resistente ao calor por meio de revestimento de rolo, escovação, 5 pulverização, ou similares, e uma camada de revestimento de um lubrificante sólido constituída por uma composição lubrificante é formada sobre uma superfície daquele material resistente ao calor. A camada de revestimento do lubrificante sólido é seca e é subsequentemente sinterizada em um forno de aquecimento durante 10 a 30 minutos em uma temperatura na faixa do ponto de fusão T da 10 resina de fluorocarboneto fundido a  $(T + 150^{\circ}\text{C})$ , de preferência,  $(T + 5^{\circ}\text{C})$  a  $(T + 135^{\circ}\text{C})$ , com mais preferência,  $(T + 10^{\circ}\text{C})$  a  $(T + 125^{\circ}\text{C})$ , formando assim uma camada de revestimento sinterizada do lubrificante sólido sobre uma superfície do material resistente ao calor.

A seguir, com referência aos desenhos, será fornecida uma descrição de um 15 método de fabricação de um elemento de vedação anular esférico composto dos materiais constituintes descritos acima.

(Primeiro Processo) Como mostrado na Figura 3, uma rede de fio de metal tecida cilíndrico oco 1, que é formada ao tricotar um fio de metal fino com um diâmetro de 0,28 a 0,32 mm em um formato cilíndrico e cujo tamanho da trama é 4 a 20 6 mm de comprimento e 3 a 5 mm de largura ou aproximadamente (veja a Figura 5), é passado entre os rolos 2 e 3, fabricando assim uma rede de fio de metal em forma de correia 4 que possui uma largura predeterminada D. Um elemento de reforço 5 é então preparado ao cortar a rede de fio de metal em forma de correia 4 em um comprimento predeterminado L.

25 (Segundo Processo) Como mostrado na Figura 4, um material resistente ao calor 6 (composto de um entre o material resistente ao calor I, o material resistente ao calor II, e o material resistente ao calor III) para o elemento de base anular esférico é preparado cuja densidade é 1,0 a 1,5  $\text{Mg/m}^3$ , de preferência, 1,0 a 1,2  $\text{Mg/m}^3$ , para possuir uma largura d de  $(1,10 \times D)$  mm a  $(2,10 \times D)$  mm em relação à 30 largura D do elemento de reforço 5 descrito acima e um comprimento l de  $(1,30 \times L)$

mm a  $(2,70 \times L)$  mm em relação ao comprimento L do elemento de reforço 5.

(Terceiro Processo) Uma montagem sobreposta 12 em que o material resistente ao calor 6 e o elemento de reforço 5 são sobrepostos é preparada da seguinte maneira: Para garantir que o material resistente ao calor 6 seja  
5 completamente exposto em uma face de extremidade anular de lado de diâmetro grande 34 de uma superfície esférica parcialmente convexa 33 em um elemento de vedação anular esférico 38 descrito abaixo (veja a Figura 1), como mostrado na Figura 6, o material resistente ao calor 6 é feito para se projetar na direção da largura por um máximo de  $(0,10 \text{ a } 0,80) \times D$  mm a partir de uma extremidade no  
10 sentido da largura 7 do elemento de reforço 5, que serve como a face de extremidade anular de lado de diâmetro grande 34 da superfície esférica parcialmente convexa 33. Também, a quantidade de projeção no sentido da largura,  $\delta_1$ , do material resistente ao calor 6 a partir da extremidade 7 é maior do que a quantidade de sua projeção no sentido da largura,  $\delta_2$ , a partir da outra extremidade  
15 no sentido da largura 8 do elemento de reforço 5, que serve como uma face de extremidade anular de lado de diâmetro pequeno 35 da superfície esférica parcialmente convexa 33. Ademais, o material resistente ao calor 6 é feito para se projetar na direção longitudinal por um máximo de  $(0,30 \text{ a } 1,70) \times L$  mm a partir de uma extremidade longitudinal 9 do elemento de reforço 5, enquanto a outra  
20 extremidade longitudinal 10 do elemento de reforço 5 e uma extremidade longitudinal 11 do material resistente ao calor 6 correspondente àquela extremidade 10 são feitos para serem combinadas.

(Quarto Processo) Como mostrado na Figura 7, a montagem sobreposta 12 é enrolada com o material resistente ao calor 6 colocado no lado interno de modo  
25 que o material resistente ao calor 6 seja enrolado com mais de uma volta, formando assim um elemento de base tubular 13 em que o material resistente ao calor 6 é exposto no lado periférico interno e no lado periférico externo. Como o material resistente ao calor 6, um é preparado com antecedência com um comprimento l de  $(1,30 \times L)$  mm a  $(2,70 \times L)$  mm em relação ao comprimento L do elemento de reforço  
30 5 de modo que o número de voltas de enrolamento do material resistente ao calor 6

no elemento de base tubular 13 se torne maior que o número de voltas de enrolamento do elemento de reforço 5. No elemento de base tubular 13, como mostrado na Figura 8, o material resistente ao calor 6 em seu lado de extremidade no sentido da largura se projeta na direção da largura por  $\delta_1$  a partir de uma  
5 extremidade 7 do elemento de reforço 5, e o material resistente ao calor 6 em seu outro lado de extremidade no sentido da largura se projeta na direção da largura por  $\delta_2$  a partir da outra extremidade 8 do elemento de reforço 5.

(Quinto Processo) Outro material resistente ao calor 6 como aquele mostrado na Figura 9 é separadamente preparado para ser similar ao material  
10 resistente ao calor 6 descrito acima, porém possui uma largura menor  $d$  que a largura  $D$  do elemento de reforço 5 e possui um comprimento  $l$  dessa medida para ser capaz de ser enrolado em torno do elemento de base tubular 13 por uma volta.

(Sexto Processo) Como a dispersão aquosa, qualquer uma das seguintes dispersões aquosas é preparada: (1) uma dispersão aquosa composta de 12,5 a  
15 45% por massa de um pó de resina de fluorocarboneto fundido com um tamanho médio de partícula de 0,01 a 1  $\mu\text{m}$ , 12,5 a 45% por massa de um pó de nitreto de boro hexagonal com um tamanho médio de partícula de 0,01 a 1  $\mu\text{m}$ , 0,01 a 13,5% por massa de um tensoativo, e o equilíbrio de 25 a 45% por massa de água, (2) uma dispersão aquosa composta de 12,5 a 45% por massa de um pó de resina de  
20 fluorocarboneto fundido com um tamanho médio de partícula de 0,01 a 1  $\mu\text{m}$ , 12,5 a 45% por massa de um pó de nitreto de boro hexagonal com um tamanho médio de partícula de 0,01 a 1  $\mu\text{m}$ , 0,5 a 8% por massa de um pó de grafite, 0,01 a 13,5% por massa de um tensoativo, e o equilíbrio de 25 a 45% por massa de água, (3) uma dispersão aquosa em que 0,1 a 22,5% por massa de um solvente orgânico aquoso  
25 estão contidos na dispersão aquosa em (1) acima; e (4) uma dispersão aquosa em que 0,1 a 22,5% por massa de um solvente orgânico aquoso estão contidos na dispersão aquosa em (2) acima.

(Sétimo Processo) Uma das dispersão aquosas (1) a (4) mencionadas acima é aplicada a uma superfície do material resistente ao calor 6 mostrado na  
30 Figura 9 por meio de escovação, revestimento de rolo, pulverização, ou similares, e



essa camada de revestimento é seca a uma temperatura de 100°C, formando assim uma camada de revestimento 14 do lubrificante sólido composto da composição lubrificante, como mostrado na Figura 10.

(Oitavo Processo) O material resistente ao calor 6 que possui a camada de revestimento 14 do lubrificante sólido composto da composição lubrificante formada em uma superfície desse é sinterizado em um forno de aquecimento a uma temperatura em uma faixa do ponto de fusão (T) da resina de fluorocarboneto fundido a (T + 150°C), de preferência, (T + 5°C) a (T + 135°C), com mais preferência, (T + 10°C) a (T + 125°C), formando assim uma camada de revestimento sinterizada 15 do lubrificante sólido em uma superfície do material resistente ao calor 6.

(Nono Processo)

<Primeiro Método > Como mostrado nas Figuras 11 a 13, o material resistente ao calor 6 que possui a camada de revestimento sinterizada 15 do lubrificante sólido é continuamente inserido (veja a Figura 11) no elemento de reforço 5 da camada externa constituída pela rede de fio metal de malha cilíndrico oco obtida ao tricotar continuamente um fio de metal fino com um diâmetro de fio de 0,28 a 0,32 mm por uma máquina de tricotagem (não mostrada). O elemento de reforço 5 com o material resistente ao calor 6 inserido nesse é alimentado, começando com seu lado de extremidade de início de inserção, em um estrangulamento  $\Delta 1$  entre um par de rolos cilíndricos 16 e 17 cada um possuindo uma superfície periférica externa cilíndrica lisa, para ser integrada por pressurização na direção da espessura do material resistente ao calor 6 (veja a Figura 12), preenchendo assim as tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço 5 da camada externa com o material resistente ao calor 6 e a camada de revestimento sinterizada 15 do lubrificante sólido formada sobre a superfície daquele material resistente ao calor 6. Assim, um elemento de formação de camada externa achatado 20 é fabricado na superfície cuja superfície 18 constituída pelo elemento de reforço 5 da camada externa e uma superfície 19 constituída pelo lubrificante sólido sinterizado são expostas sob a forma misturada.

<Segundo Método> O elemento de reforço 5 constituído pela rede de fio de metal em forma de corrente 4 descrito no primeiro processo representado acima é separadamente preparado, e, como mostrado na Figura 14, o material resistente ao calor 6 que possui a camada de revestimento sinterizada 15 do lubrificante sólido é inserido no elemento de reforço 5 da camada externa constituída pela rede de fio de metal em forma de corrente 4, e, como mostrado na Figura 15, essa montagem é alimentada em um estrangulamento  $\Delta 1$  entre os rolos 21 e 22 para ser integrada por pressurização na direção da espessura do material resistente ao calor 6, preenchendo assim as tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço 5 da camada externa com o material resistente ao calor 6 e a camada de revestimento sinterizada 15 do lubrificante sólido formada sobre a superfície daquele material resistente ao calor 6. Assim, o elemento de formação de camada externa achatado 20 é fabricado na superfície cuja superfície 18 constituída pelo elemento de reforço 5 da camada externa e uma superfície 19 constituída pelo lubrificante sólido sinterizado são expostas sob a forma misturada.

<Terceiro Método (Não Mostrado)> Uma rede de fio de metal tecida lisa é preparada como uma rede de fio de metal tecida que é formada ao tecer um fio de metal fino com um diâmetro de 0,28 a 0,32 mm. O elemento de reforço 5 da camada externa feito a partir dessa rede de fio de metal tecida lisa é cortado em um comprimento e largura predeterminados, e dois desses elementos de reforço 5 são preparados. O material resistente ao calor 6 que possui a camada de revestimento sinterizada 15 do lubrificante sólido é inserido entre os dois elementos de reforço 5 da camada externa, e essa montagem é alimentada no estrangulamento  $\Delta 1$  entre o par de rolos 21 e 22 para ser integrada na direção da espessura do material resistente ao calor 6, preenchendo assim as tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço 5 da camada externa com o material resistente ao calor 6 e a camada de revestimento sinterizada 15 do lubrificante sólido formada sobre a superfície daquele material resistente ao calor 6. Assim, o elemento de formação de camada externa achatado 20 é fabricado na superfície cuja superfície 18 constituída pelo elemento de reforço 5 da camada externa e uma superfície 19 constituída pelo

lubrificante sólido sinterizado são expostas sob a forma misturada.

Nos primeiro, segundo e terceiro métodos descritos acima, 0,4 a 0,6 mm ou aproximadamente é adequado como o estrangulamento  $\Delta 1$  entre o par de rolos cilíndricos 16 e 17 e os rolos 21 e 22.

5 (10° Processo) O elemento de formação de camada externa 20 obtido desse modo é enrolado em torno de uma superfície periférica externa do elemento de base tubular 13 com sua camada de revestimento sinterizada 15 colocada sobre o lado externo, preparando assim uma pré-forma cilíndrica 23 (veja a Figura 16).

10 (11° Processo) Uma matriz 30 como aquela mostrada na Figura 17 é preparada tendo em sua superfície interna uma superfície de parede cilíndrica 24, uma superfície de parede esférica parcialmente côncava 25 que continua da superfície de parede cilíndrica 24, e um furo atravessante 26 que continua a partir da superfície de parede esférica parcialmente côncava 25, e em que uma porção cilíndrica oca 28 e uma porção oca anular esférica 29 que continua a partir da  
15 porção cilíndrica oca 28 são formadas dentro dessa como um núcleo escalonado 27 é inserido de forma adequada no furo atravessante 26. Então, a pré-forma cilíndrica 23 é ajustada sobre o núcleo escalonado 27 da matriz 30.

A pré-forma cilíndrica 23 disposta na porção cilíndrica oca 28 e a porção oca anular esférica 29 da matriz 30 é submetida à formação por compressão sob uma  
20 pressão de 98 a 294 N/mm<sup>2</sup> (1 a 3 tons/cm<sup>2</sup>) na direção do eixo geométrico de núcleo. Assim, o elemento de vedação anular esférico 38 é fabricado para incluir um elemento de base anular esférico 36 que possui um furo atravessante 31 em sua porção central e definido por uma superfície interna cilíndrica 32, a superfície esférica parcialmente convexa 33, e as faces de extremidade anular de lado de  
25 diâmetro grande e pequeno 34 e 35 da superfície esférica parcialmente convexa 33, bem como uma camada externa 37 formada integralmente sobre a superfície esférica parcialmente convexa 33 do elemento de base anular esférico 36, como mostrado nas Figuras 1 e 2.

30 Por meio dessa formação por compressão, o elemento de base anular esférico 36 é construído para ser fornecido com integridade estrutural à medida que

o material resistente ao calor 6 e o elemento de reforço 5 são comprimidos e entrelaçados. Na camada externa 37, o material resistente ao calor 6, o lubrificante sólido sinterizado constituído pela composição lubrificante, e o elemento de reforço 5 feito a partir da rede de fio de metal são comprimidos de modo que o lubrificante sólido sinterizado e o material resistente ao calor 6 sejam preenchidos nas tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço 5, e o lubrificante sólido, o material resistente ao calor 6, e o elemento de reforço 5 são integrados sob a forma misturada, uma superfície externa 39 daquela camada externa 37 é formada desse modo em uma superfície lisa 42 em que uma superfície 40 constituída pelo elemento de reforço 5 e uma superfície 41 constituída pelo lubrificante sólido sinterizado estão presentes sob a forma misturada.

No elemento de base anular esférico 36 e na camada externa 37 do elemento de vedação anular esférico fabricado 38, o elemento de reforço 5 constituído pela rede de fio de metal está contido em uma razão de 40 a 65% por massa, e o material resistente ao calor 6 que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido sinterizado estão contidos em uma razão de 35 a 60% por massa. O material resistente ao calor 6 e o lubrificante sólido sinterizado no elemento de base anular esférico 36 e a camada externa 37 possuem uma densidade de 1,20 a 2,00 Mg/m<sup>3</sup>.

Ademais, se a atenção estiver concentrada na camada externa 37 separadamente, o elemento de reforço 5 constituído pela rede de fio de metal está contido em uma razão de 60 a 75% por massa, e o material resistente ao calor 6 que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido sinterizado estão contidos em uma razão de 25 a 40% por massa na camada externa 37.

No quarto processo descrito acima, se o elemento de base tubular 13 for formado ao enrolar a montagem sobreposta 12 em um estado onde o elemento de reforço 5 constituído pela rede de fio de metal em forma de corrente 4 é colocado no lado interno, em vez de enrolar a montagem sobreposta 12 com o material resistente ao calor 6 colocado no lado interno, é possível fabricar o elemento de vedação anular esférico 38 em que o elemento de reforço 5 constituído pela rede de

fio de metal fica exposto sobre a superfície interna cilíndrica 32 do elemento de base anular esférico 36.

O elemento de vedação anular esférico 38 é usado ao ser incorporado na junta esférica do cano de descarga mostrada na Figura 18. Ou seja, na junta  
5 esférica do cano de descarga mostrada na Figura 18, um flange 200 é fornecido verticalmente em uma superfície periférica externa de um cano de descarga de lado a montante 100, que é conectado a um lado de motor, deixando uma porção de extremidade de cano 101. O elemento de vedação anular esférico 38 é ajustado sobre a porção de extremidade de cano 101 na superfície interna cilíndrica 32 que  
10 define o furo atravessante 31, e é assentado com sua face de extremidade anular de lado de diâmetro grande 34 em contiguidade com aquele flange 200. Uma porção alargada 301, que possui integralmente uma porção de superfície esférica côncava 302 e uma porção de flange 303 contínua a partir da porção de superfície esférica côncava 302, é fixada em um cano de descarga de lado a jusante 300 disposto de  
15 tal modo para opor o cano de descarga de lado a montante 100 e é conectado ao lado de silenciador. Uma superfície interna 304 da porção de superfície esférica côncava 302 está em contato deslizante com a superfície lisa 42 em que a superfície 40 constituída pelo elemento de reforço 5 e a superfície 41 constituída pelo lubrificante sólido sinterizado estão presentes sob a forma misturada na  
20 superfície externa 39 da camada externa 37 do elemento de vedação anular esférico 38.

Na junta esférica do cano de descarga mostrada na Figura 18, o cano de descarga de lado a jusante 300 é constantemente impelido de forma resiliente em direção ao cano de descarga de lado a montante 100 por meio de um par de  
25 cavilhas 400 que possui uma extremidade fixada no flange 200 e outra extremidade disposta ao ser inserida na porção de flange 303 da porção alargada 301, e por meio de um par de molas espirais 500 dispostas entre uma cabeça ampliada da cavilha 400 e a porção de flange 303. Ademais, a junta esférica do cano de descarga fica disposta de modo que os deslocamentos angulares relativos que  
30 ocorrem nos canos de descarga de lado a montante e a jusante 100 e 300 sejam

permitidos por contato deslizante entre a superfície lisa 42 que serve como uma superfície deslizante da camada externa 37 do elemento de vedação anular esférico 38 e a superfície interna 304 da porção de superfície esférica côncava 302 da porção alargada 301 formada na extremidade do cano de descarga de lado a jusante 300.

#### EXEMPLOS

A seguir, a presente invenção será descrita em detalhes de acordo com os exemplos. Deve ser observado que a presente invenção não se limita a esses exemplos.

10 <Exemplos 1 a 3>

Utilizando-se um fio de aço inoxidável austenítico (SUS 304) que possui um diâmetro de fio de 0,28 mm como um fio de metal fino, uma rede de fio de metal de malha cilíndrico cujo tamanho da trama é 4 mm de comprimento e 5 mm de largura foi fabricada e passada entre um par de rolos para formar uma rede de fio de metal em forma de corrente. Essa rede de fio de metal foi usada como o elemento de reforço para o elemento de base anular esférico. Como o material resistente ao calor, uma folha de grafite expandido (material resistente ao calor I) que possui uma densidade de  $1,12 \text{ Mg/m}^3$  e uma espessura de 0,38 mm foi usada. Após o material resistente ao calor ser enrolado por uma porção de uma circunferência, o elemento de reforço do elemento de base anular esférico foi sobreposto ao lado interno do material resistente ao calor, e a montagem sobreposta dessa foi enrolada, preparando assim um elemento de base tubular em que o material resistente ao calor foi colocado sobre a periferia mais externa. Nesse elemento de base tubular, as porções de extremidade opostas no sentido da largura do material resistente ao calor respectivamente se projetam a partir do elemento de reforço do elemento de base anular esférico na direção da largura desse.

Utilizando-se um fio de metal fino similar àquele descrito acima, uma rede de fio de metal de malha cilíndrico cujo tamanho da trama é 3,5 mm de comprimento e 1,5 mm de largura foi fabricado e passado entre o par de rolos para formar uma rede de fio de metal em forma de corrente. Essa rede de fio de metal foi usada como o

elemento de reforço da camada externa.

Utilizando-se um material resistente ao calor (material resistente ao calor I) similar àquele descrito acima, um material resistente ao calor que possui uma largura menor que a largura da rede de fio de metal em forma de corrente do elemento de reforço da camada externa foi preparado separadamente.

Um copolímero de tetrafluoroetileno-hexafluoropropileno (FEP) foi usado como a resina de fluorocarboneto fundido, e uma dispersão aquosa foi preparada e composta de 12,5 a 37,5% por massa de um pó de FEP com um tamanho médio de partícula de 0,2  $\mu\text{m}$ , 12,5 a 37,5% por massa de um pó de nitreto de boro hexagonal com um tamanho médio de partícula de 1  $\mu\text{m}$ , 5% por massa de polioxietileno alquil éter (tensoativo não iônico) como um tensoativo, e 45% por massa de água.

A dispersão aquosa descrita acima foi revestida por rolo em uma superfície do material resistente ao calor separadamente preparado anteriormente mencionado, foi seca a uma temperatura de 100°C para formar uma camada de revestimento do lubrificante sólido constituído pela composição lubrificante de FEP e nitreto de boro hexagonal, e esse material resistente ao calor revestido foi então submetido à sinterização em um forno de aquecimento a uma temperatura de 340°C durante 20 minutos, formando assim uma camada de revestimento do lubrificante sólido sinterizado (25 a 75% por massa de FEP e 25 a 75% por massa de nitreto de boro hexagonal) sobre a superfície daquele material resistente ao calor.

O material resistente ao calor que possui a camada de revestimento do lubrificante sólido sinterizado foi inserido na rede de fio de metal em forma de corrente que é o elemento de reforço da camada externa e foi passado entre o par de rolos para ser integrado, preenchendo assim as tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço com o material resistente ao calor e a camada de revestimento do lubrificante sólido sinterizado sobre a superfície daquele material resistente ao calor. Assim, um elemento de formação de camada externa achatado foi fabricado sobre a superfície cuja superfície constituída pelo elemento de reforço e superfície constituída pelo lubrificante sólido sinterizado são expostas sob a forma misturada.

O elemento de formação de camada externa anteriormente mencionado, em um estado no qual sua superfície onde a superfície constituída pelo elemento de reforço e a superfície constituída pelo lubrificante sólido sinterizado estão presentes sob a forma misturada em sua superfície reversa foi colocada no outro lado, foi  
5 enrolado em torno da superfície periférica externa do elemento de base tubular anteriormente mencionado, preparando assim uma pré-forma cilíndrica. Essa pré-forma cilíndrica foi ajustada sobre o núcleo escalonado da matriz mostrada na Figura 17, e foi disposta na porção oca da matriz.

A pré-forma cilíndrica disposta na porção oca da matriz foi submetida à  
10 formação por compressão em uma pressão de  $294 \text{ N/mm}^3$  ( $3 \text{ tons/cm}^2$ ) na direção do eixo geométrico de núcleo, obtendo assim um elemento de vedação anular esférico que inclui o elemento de base anular esférico que define o furo atravessante em sua porção central e definido pela superfície interna cilíndrica, a superfície esférica parcialmente convexa, e as faces de extremidade anular de lado  
15 de diâmetro grande e pequeno da superfície esférica parcialmente convexa, bem como a camada externa formada integralmente sobre a superfície esférica parcialmente convexa do elemento de base anular esférico.

Por meio dessa formação por compressão, o elemento de base anular esférico foi construído para ser fornecido com integridade estrutural como o material  
20 resistente ao calor e o elemento de reforço para o elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal foram comprimidos e entrelaçados. O elemento de base anular esférico inclui o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal comprimida e o material resistente ao calor feito a partir de grafite expandido que preenche as tramas da rede de fio de  
25 metal desse elemento de reforço e é comprimido de modo que seja integralmente formado com esse elemento de reforço sob a forma misturada. Na camada externa, o material resistente ao calor, o lubrificante sólido sinterizado constituído pela composição lubrificante que contém 25 a 75% por massa de FEP e 25 a 75% por massa de nitreto de boro hexagonal, e o elemento de reforço da camada externa  
30 feito a partir da rede de fio de metal foram comprimidos de modo que o lubrificante



sólido sinterizado e o material resistente ao calor sejam preenchidos nas tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço, e de modo que o lubrificante sólido, o material resistente ao calor, e o elemento de reforço sejam integrados sob a forma misturada, a superfície externa de tal camada externa é formada desse modo em  
5 uma superfície lisa em que a superfície constituída pelo elemento de reforço e a superfície constituída pelo lubrificante sólido estão presentes sob a forma misturada.

No elemento de base anular esférico e na camada externa do elemento de vedação anular esférico fabricado, os elementos de reforço do elemento de base anular esférico e da camada externa constituída pela rede de fio de metal estão  
10 contidos em uma razão de 57,0 a 57,2% por massa, e o material resistente ao calor contendo o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 42,8 a 43,0% por massa. A densidade do material resistente ao calor e do lubrificante sólido no elemento de base anular esférico e na camada externa é 1,60 Mg/m<sup>3</sup>. Ademais, conforme para a camada externa, o elemento de reforço  
15 constituído pela rede de fio de metal está contido em uma razão de 65,7 a 66,4% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 33,6 a 34,3% por massa.

#### Exemplo 4

Utilizando-se materiais constituintes similares àqueles do Exemplo 1 descrito  
20 acima, o elemento de base tubular foi fabricado da mesma maneira que no Exemplo 1. Nesse elemento de base tubular, as porções de extremidade opostas no sentido da largura do material resistente ao calor respectivamente se projetam a partir do elemento de reforço na direção da largura desse.

Uma folha de grafite expandido similar àquela do Exemplo 1 descrito acima  
25 foi usada como o material resistente ao calor da camada externa, e um elemento de reforço similar àquele do Exemplo 1 descrito acima foi usado como o elemento de reforço da camada externa.

Um copolímero de tetrafluoroetileno-perfluoroalquilviniléter (PFA) foi usado como a resina de fluorocarboneto fundido, e uma dispersão aquosa foi preparada e  
30 composta de 27,5% por massa de um pó de PFA com um tamanho médio de

partícula de 0,2 µm, 22,5% por massa de um pó de nitreto de boro hexagonal com um tamanho médio de partícula de 1 µm, 5% por massa de polioxienteleno alquil éter (tensoativo não iônico) como um tensoativo, e 45% por massa de água.

5 A dispersão aquosa descrita acima foi revestida por rolo em uma superfície do material resistente ao calor separadamente preparado anteriormente mencionado, foi seca a uma temperatura de 100°C para formar uma camada de revestimento do lubrificante sólido constituído por PFA e nitreto de boro hexagonal, e esse material resistente ao calor revestido foi então submetido à sinterização em um forno de aquecimento a uma temperatura de 380°C durante 20 minutos, 10 formando assim uma camada de revestimento do lubrificante sólido sinterizado (55% por massa de PFA e 45% por massa de nitreto de boro hexagonal) sobre a superfície daquele material resistente ao calor.

Então, um elemento de vedação anular esférico foi obtido em um método similar àquele do Exemplo 1 descrito acima. Nesse elemento de vedação anular 15 esférico, o elemento de base anular esférico foi construído para ser fornecido com integridade estrutural à medida que o material resistente ao calor e o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal são comprimidos e entrelaçados. O elemento de base anular esférico inclui o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal 20 comprimida e o material resistente ao calor feito a partir de grafite expandido que expande as tramas da rede de fio de metal desse elemento de reforço e é comprimido de modo que seja integralmente formado com esse elemento de reforço sob a forma misturada. Na camada externa, o material resistente ao calor, o lubrificante sólido sinterizado constituído pela composição lubrificante que contém 25 55% por massa de PFA e 45% por massa de nitreto de boro hexagonal, e o elemento de reforço da camada externa feito a partir da rede de fio de metal são comprimidos de modo que o lubrificante sólido sinterizado e o material resistente ao calor sejam preenchidos nas tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço, e de modo que o lubrificante sólido, o material resistente ao calor, e o elemento de 30 reforço sejam integrados sob a forma misturada, a superfície externa de tal camada

externa é formada desse modo em uma superfície lisa em que a superfície constituída pelo elemento de reforço e a superfície constituída pelo lubrificante sólido estão presentes sob a forma misturada.

5 No elemento de base anular esférico e na camada externa do elemento de vedação anular esférico fabricado, os elementos de reforço do elemento de base anular esférico e a camada externa constituída pela rede de fio de metal estão contidos em uma razão de 57,1% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 42,9% por massa. A densidade do material resistente ao calor e do lubrificante sólido no elemento de base anular esférico e na camada externa é 1,61 Mg/m<sup>3</sup>.  
10 Ademais, conforme para a camada externa, o elemento de reforço constituído pela rede de fio de metal está contido em uma razão de 65,7% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 34,3% por massa.

15 Exemplos 5 a 7

Utilizando-se os materiais constituintes similares àqueles do Exemplo 1 descrito acima, o elemento de base tubular foi fabricado da mesma maneira que no Exemplo 1. Nesse elemento de base tubular, porções de extremidade opostas no sentido da largura do material resistente ao calor respectivamente se projetam a partir do elemento de reforço na direção da largura desse.  
20

Uma folha de grafite expandido similar àquela do Exemplo 1 descrito acima foi usada como o material resistente ao calor da camada externa, e um elemento de reforço similar àquele do Exemplo 1 descrito acima foi usado como o elemento de reforço da camada externa.

25 Um copolímero de tetrafluoroetileno-hexafluoropropileno (FEP) foi usado como a resina de fluorocarboneto fundido, e uma dispersão aquosa foi preparada e composta de 11,5 a 36,5% por massa de um pó de FEP com um tamanho médio de partícula de 0,2 µm, 11,5 a 36,5% por massa de um pó de nitreto de boro hexagonal com um tamanho médio de partícula de 1 µm, 2,0 a 4,5% por massa de um pó de grafite natural que é passado por uma peneira de malha 400, 5% por massa de  
30

polioxienteleno alquil éter (tensoativo não iônico) como um tensoativo, e 45% por massa de água.

A dispersão aquosa descrita acima foi revestida por rolo em uma superfície do material resistente ao calor separadamente preparado anteriormente  
5 mencionado, foi seca a uma temperatura de 100°C para formar uma camada de revestimento do lubrificante sólido constituída pela composição lubrificante de FEP, nitreto de boro hexagonal, e grafite, e esse material resistente ao calor revestido foi então submetido à sinterização em um forno de aquecimento a uma temperatura de 340°C durante 20 minutos, formando assim uma camada de revestimento do  
10 lubrificante sólido sinterizado (23 a 73% por massa de FEP, 23 a 73% por massa de nitreto de boro hexagonal, e 4 a 9% por massa de grafite) sobre a superfície daquele material resistente ao calor.

Então, um elemento de vedação anular esférico foi obtido em um método similar àquele do Exemplo 1 descrito acima. Nesse elemento de vedação anular  
15 esférico, o elemento de base anular esférico foi construído para ser fornecido com integridade estrutural à medida que o material resistente ao calor e o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal foram comprimidos e entrelaçados. O elemento de base anular esférico inclui o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio  
20 de metal comprimida e o material resistente ao calor feito a partir de grafite expandido que preenche as tramas da rede de fio de metal desse elemento de reforço e é comprimido de modo que seja integralmente formado com esse elemento de reforço sob a forma misturada. Na camada externa, o material resistente ao calor, o lubrificante sólido sinterizado constituído pela composição  
25 lubrificante que contém 23 a 73% por massa de FEP, 23 a 73% por massa de nitreto de boro hexagonal, e 4 a 9% por massa de grafite, e o elemento de reforço da camada externa feito a partir da rede de fio de metal foram comprimidos de modo que o lubrificante sólido sinterizado e o material resistente ao calor sejam preenchidos nas tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço, e de modo  
30 que o lubrificante sólido, o material resistente ao calor, e o elemento de reforço

sejam integrados sob a forma misturada, a superfície externa daquela camada externa é formada desse modo em uma superfície lisa em que a superfície constituída pelo elemento de reforço e a superfície constituída pelo lubrificante sólido sinterizado estão presentes sob a forma misturada.

5 No elemento de base anular esférico e na camada externa do elemento de vedação anular esférico fabricado, os elementos de reforço do elemento de base anular esférico e a camada externa constituída pela rede de fio de metal estão contidos em uma razão de 56,9 a 57,2% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão  
10 de 42,8 a 43,0% por massa. A densidade do material resistente ao calor e o lubrificante sólido no elemento de base anular esférico e na camada externa é 1,62 Mg/m<sup>3</sup>. Ademais, conforme para camada externa, o elemento de reforço constituído pela rede de fio de metal está contido em uma razão de 65,0 a 65,7% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido  
15 estão contidos em uma razão de 34,3 a 35,0% por massa.

#### Exemplo 8

Utilizando-se materiais constituintes similares àqueles do Exemplo 1 descrito acima, o elemento de base tubular foi fabricado da mesma maneira que no Exemplo 1. Nesse elemento de base tubular, as porções de extremidade opostas no sentido  
20 da largura do material resistente ao calor respectivamente se projetam a partir do elemento de reforço na direção da largura desse.

Uma folha de grafite expandido similar àquela do Exemplo 1 descrito acima foi usada como o material resistente ao calor da camada externa, e um elemento de reforço similar àquele do Exemplo 1 descrito acima foi usado como o elemento de  
25 reforço da camada externa.

Um copolímero de tetrafluoroetileno-hexafluoropropileno (FEP) foi usado como a resina de fluorocarboneto fundido, e uma dispersão aquosa foi preparada e composta de 27,5% por massa de um pó de FEP com um tamanho médio de partícula de 0,2 µm, 22,5% por massa de um pó de nitreto de boro hexagonal com  
30 um tamanho médio de partícula de 1 µm, 5% por massa de polioxienteleno alquil éter

(tensoativo não iônico) como um tensoativo, 5% por massa de etileno glicol como um solvente orgânico aquoso, e 40% por massa de água.

A dispersão aquosa descrita acima foi revestida por rolo em uma superfície do material resistente ao calor separadamente preparado anteriormente mencionado, foi seca a uma temperatura de 100°C para formar uma camada de revestimento do lubrificante sólido constituída pela composição lubrificante de FEP e nitreto de boro hexagonal, e esse material resistente ao calor revestido foi então submetido à sinterização em um forno de aquecimento a uma temperatura de 340°C durante 20 minutos, formando assim uma camada de revestimento do lubrificante sólido sinterizado (55% por massa de FEP e 45% por massa de nitreto de boro hexagonal) sobre a superfície daquele material resistente ao calor.

Então, um elemento de vedação anular esférico foi obtido em um método similar àquele do Exemplo 1 descrito acima. Nesse elemento de vedação anular esférico, o elemento de base anular esférico foi construído para ser fornecido com integridade estrutural à medida que o material resistente ao calor e o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal foram comprimidos e entrelaçados. O elemento de base anular esférico inclui o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal comprimida e o material resistente ao calor feito a partir de grafite expandido que preenche as tramas da rede de fio de metal desse elemento de reforço e é comprimido de modo que seja integralmente formado com esse elemento de reforço sob a forma misturada. Na camada externa, o material resistente ao calor, o lubrificante sólido sinterizado constituído pela composição lubrificante que contém 55% por massa de FEP e 45% por massa de nitreto de boro hexagonal, e o elemento de reforço da camada externa feito a partir da rede de fio de metal são comprimidos de modo que o lubrificante sólido sinterizado e o material resistente ao calor sejam preenchidos nas tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço, e de modo que o lubrificante sólido, o material resistente ao calor, e o elemento de reforço sejam integrados sob a forma misturada, a superfície externa daquela camada externa é formada desse modo em uma superfície lisa em

que a superfície constituída pelo elemento de reforço e a superfície constituída pelo lubrificante sólido sinterizado estão presentes sob a forma misturada.

No elemento de base anular esférico e na camada externa do elemento de vedação anular esférico fabricado, os elementos de reforço do elemento de base anular esférico e a camada externa constituída pela rede de fio de metal estão contidos em uma razão de 57,2% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 42,8% por massa. A densidade do material resistente ao calor e o lubrificante sólido no elemento de base anular esférico e na camada externa é 1,60 Mg/m<sup>3</sup>. Ademais, conforme para camada externa, o elemento de reforço constituído pela rede de fio de metal está contido em uma razão de 65,7% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 34,3% por massa.

#### Exemplo 9

Utilizando-se materiais constituintes similares àqueles do Exemplo 1 descrito acima, o elemento de base tubular foi fabricado da mesma maneira que no Exemplo 1. Nesse elemento de base tubular, as porções de extremidade opostas no sentido da largura do material resistente ao calor respectivamente se projetam a partir do elemento de reforço na direção da largura desse.

Uma folha de grafite expandido similar àquela do Exemplo 1 descrito acima foi usada como o material resistente ao calor da camada externa, e um elemento de reforço similar àquele do Exemplo 1 descrito acima foi usado como o elemento de reforço da camada externa.

Um copolímero de tetrafluoroetileno-hexafluoropropileno (FEP) foi usado como a resina de fluorocarboneto fundido, e uma dispersão aquosa foi preparada e composta de 25% por massa de um pó de FEP com um tamanho médio de partícula de 0,2 µm, 20,5% por massa de um pó de nitreto de boro hexagonal com um tamanho médio de partícula de 1 µm, 4,5% por massa de um pó de grafite natural que passa por uma peneira de malha 400, 5% por massa de polioxietileno alquil éter (tensoativo não iônico) como um tensoativo, 5% por massa de etileno glicol

como um solvente orgânico aquoso, e 40% por massa de água.

A dispersão aquosa descrita acima foi revestida por rolo em uma superfície do material resistente ao calor separadamente preparado anteriormente mencionado, foi seca a uma temperatura de 100°C para formar uma camada de revestimento do lubrificante sólido constituída pela composição lubrificante de FEP, nitreto de boro hexagonal, e grafite, e esse material resistente ao calor revestido foi então submetido à sinterização em um forno de aquecimento a uma temperatura de 340°C durante 20 minutos, formando assim uma camada de revestimento do lubrificante sólido sinterizado (50% por massa de FEP, 41% por massa de nitreto de boro hexagonal, e 9% por massa de grafite) sobre a superfície daquele material resistente ao calor.

Então, um elemento de vedação anular esférico foi obtido em um método similar àquele do Exemplo 1 descrito acima. Nesse elemento de vedação anular esférico, o elemento de base anular esférico foi construído para ser fornecido com integridade estrutural à medida que o material resistente ao calor e o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal foram comprimidos e entrelaçados. O elemento de base anular esférico inclui o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal comprimida e o material resistente ao calor feito a partir de grafite expandido que preenche as tramas da rede de fio de metal desse elemento de reforço e é comprimido de modo que seja integralmente formado com esse elemento de reforço sob a forma misturada. Na camada externa, o material resistente ao calor, o lubrificante sólido sinterizado constituído pela composição lubrificante que contém 50% por massa de FEP, 41% por massa de nitreto de boro hexagonal, e 9% por massa de grafite, e o elemento de reforço da camada externa feito a partir da rede de fio de metal são comprimidos de modo que o lubrificante sólido sinterizado e o material resistente ao calor sejam preenchidos nas tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço, e de modo que o lubrificante sólido, o material resistente ao calor, e o elemento de reforço sejam integrados sob a forma misturada, a superfície externa daquela camada externa é formada desse modo em



uma superfície lisa em que a superfície constituída pelo elemento de reforço e a superfície constituída pelo lubrificante sólido sinterizado estão presentes sob a forma misturada.

5 No elemento de base anular esférico e na camada externa do elemento de vedação anular esférico fabricado, os elementos de reforço do elemento de base anular esférico e a camada externa constituída pela rede de fio de metal estão contidos em uma razão de 57,1% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 42,9% por massa. A densidade do material resistente ao calor e do lubrificante sólido no elemento de base anular esférico e na camada externa é 1,61 Mg/m<sup>3</sup>.  
10 Ademais, conforme para camada externa, o elemento de reforço constituído pela rede de fio de metal está contido em uma razão de 65,7% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 34,3% por massa.

15 Exemplo 10

Um elemento de reforço do elemento de base anular esférico similar àquele do Exemplo 1 descrito acima foi usado. Uma folha de grafite expandido (material resistente ao calor II) que contém 4,0% por massa de fosfato de alumínio primário e possui uma densidade de 1,12 Mg/m<sup>3</sup> e uma espessura de 0,38 mm foi usada como  
20 o material resistente ao calor. Então, o elemento de base tubular foi fabricado da mesma maneira que no Exemplo 1. Nesse elemento de base tubular, porções de extremidade opostas no sentido da largura do material resistente ao calor respectivamente se projetam a partir do elemento de reforço do elemento de base anular esférico na direção da largura desse.

25 Um elemento de reforço similar àquele do Exemplo 1 descrito acima foi usado como o elemento de reforço da camada externa. Uma folha de grafite expandido (material resistente ao calor II) similar ao material resistente ao calor do elemento de base anular esférico (material resistente ao calor II) foi separadamente preparada como o material resistente ao calor da camada externa.

30 Um copolímero de tetrafluoroetileno-hexafluoropropileno (FEP) foi usado

como a resina de fluorocarboneto fundido, e uma dispersão aquosa foi preparada e composta de 27,5% por massa de um pó de FEP com um tamanho médio de partícula de 0,2  $\mu\text{m}$ , 22,5% por massa de um pó de nitreto de boro hexagonal com um tamanho médio de partícula de 1  $\mu\text{m}$ , 5% por massa de polioxietileno alquil éter (tensoativo não iônico) como um tensoativo, e 45% por massa de água.

A dispersão aquosa descrita acima foi revestida por rolo em uma superfície do material resistente ao calor separadamente preparado anteriormente mencionado (material resistente ao calor II), foi seca a uma temperatura de 100°C para formar uma camada de revestimento do lubrificante sólido constituída pela composição lubrificante de FEP e nitreto de boro hexagonal, e esse material resistente ao calor revestido foi então submetido à sinterização em um forno de aquecimento a uma temperatura de 340°C durante 20 minutos, formando assim uma camada de revestimento do lubrificante sólido sinterizado (55% por massa de FEP e 45% por massa de nitreto de boro hexagonal) sobre a superfície daquele material resistente ao calor.

Então, um elemento de vedação anular esférico foi obtido em um método similar àquele do Exemplo 1 descrito acima. Nesse elemento de vedação anular esférico, o elemento de base anular esférico foi construído para ser fornecido com integridade estrutural à medida que o material resistente ao calor (material resistente ao calor II) e o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal são comprimidos e entrelaçados. O elemento de base anular esférico inclui o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal comprimida e o material resistente ao calor feito a partir de grafite expandido que preenche as tramas da rede de fio de metal desse elemento de reforço e é comprimido de modo que seja integralmente formado com esse elemento de reforço sob a forma misturada. Na camada externa, o material resistente ao calor (material resistente ao calor II), o lubrificante sólido sinterizado constituído pela composição lubrificante que contém 55% por massa de FEP e 45% por massa de nitreto de boro hexagonal, e o elemento de reforço da camada externa feito a partir da rede de fio de metal são comprimidos de modo que o lubrificante

sólido sinterizado e o material resistente ao calor sejam preenchidos nas tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço, e de modo que o lubrificante sólido, o material resistente ao calor, e o elemento de reforço sejam integrados sob a forma misturada, a superfície externa daquela camada externa é formada desse modo em  
5 uma superfície lisa em que a superfície constituída pelo elemento de reforço e a superfície constituída pelo lubrificante sólido sinterizado estão presentes sob a forma misturada.

No elemento de base anular esférico e na camada externa do elemento de vedação anular esférico fabricado, os elementos de reforço do elemento de base  
10 anular esférico e a camada externa constituída pela rede de fio de metal estão contidos em uma razão de 57,3% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 42,7% por massa. A densidade do material resistente ao calor e do lubrificante sólido no elemento de base anular esférico e na camada externa é 1,60 Mg/m<sup>3</sup>.  
15 Ademais, conforme para camada externa, o elemento de reforço constituído pela rede de fio de metal está contido em uma razão de 65,8% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 34,2% por massa.

#### Exemplo 11

20 Um elemento de reforço do elemento de base anular esférico similar àquele do Exemplo 1 descrito acima foi usado. Uma folha de grafite expandido (material resistente ao calor III) que contém 8,0% por massa de fosfato de alumínio primário e 1,0% por massa de pentóxido de fósforo e possui uma densidade de 1,12 Mg/m<sup>3</sup> e uma espessura de 0,38 mm foi usado como o material resistente ao calor. Então, o  
25 elemento de base tubular foi fabricado da mesma maneira que no Exemplo 1. Nesse elemento de base tubular, as porções de extremidade opostas no sentido da largura do material resistente ao calor respectivamente se projetam a partir do elemento de reforço do elemento de base anular esférico na direção da largura desse.

Um elemento de reforço similar àquele do Exemplo 1 descrito acima foi  
30 usado como o elemento de reforço da camada externa. Uma folha de grafite

expandido do elemento de base anular esférico (material resistente ao calor III) foi separadamente preparada como o material resistente ao calor da camada externa.

Um copolímero de tetrafluoroetileno-hexafluoropropileno (FEP) foi usado como a resina de fluorocarboneto fundido, e uma dispersão aquosa foi preparada e  
5 composta de 27,5% por massa de um pó de FEP com um tamanho médio de partícula de 0,2  $\mu\text{m}$ , 22,5% por massa de um pó de nitreto de boro hexagonal com um tamanho médio de partícula de 1  $\mu\text{m}$ , 5% por massa de polioxietileno alquil éter (tensoativo não iônico) como um tensoativo, e 45% por massa de água.

A dispersão aquosa descrita acima foi revestida por rolo em uma superfície  
10 do material resistente ao calor separadamente preparado anteriormente mencionado (material resistente ao calor III), foi seca a uma temperatura de 100°C para formar uma camada de revestimento do lubrificante sólido constituída pela composição lubrificante de FEP e nitreto de boro hexagonal, e esse material resistente ao calor revestido foi então submetido à sinterização em um forno de aquecimento a uma  
15 temperatura de 340°C durante 20 minutos, formando assim uma camada de revestimento do lubrificante sólido sinterizado (55% por massa de FEP e 45% por massa de nitreto de boro hexagonal) sobre a superfície daquele material resistente ao calor.

Então, um elemento de vedação anular esférico foi obtido em um método  
20 similar àquele do Exemplo 1 descrito acima. Nesse elemento de vedação anular esférico, o elemento de base anular esférico foi construído para ser fornecido com integridade estrutural à medida que o material resistente ao calor (material resistente ao calor III) e o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal são comprimidos e entrelaçados. O elemento de base  
25 anular esférico inclui o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal comprimida e o material resistente ao calor feito a partir de grafite expandido que preenche as tramas da rede de fio de metal desse elemento de reforço e é comprimido de modo que seja integralmente formado com esse elemento de reforço sob a forma misturada. Na camada externa, o material  
30 resistente ao calor (material resistente ao calor III), o lubrificante sólido sinterizado

constituído pela composição lubrificante que contém 55% por massa de FEP e 45% por massa de nitreto de boro hexagonal, e o elemento de reforço da camada externa feito a partir da rede de fio de metal são comprimidos de modo que o lubrificante sólido sinterizado e o material resistente ao calor sejam preenchidos nas tramas da

5 rede de fio de metal do elemento de reforço, e de modo que o lubrificante sólido, o material resistente ao calor, e o elemento de reforço sejam integrados sob a forma misturada, a superfície externa daquela camada externa é formada desse modo em uma superfície lisa em que a superfície constituída pelo elemento de reforço e a superfície constituída pelo lubrificante sólido sinterizado estão presentes sob a

10 forma misturada.

No elemento de base anular esférico e na camada externa do elemento de vedação anular esférico fabricado, os elementos de reforço do elemento de base anular esférico e a camada externa constituída pela rede de fio de metal estão contidos em uma razão de 57,2% por massa, e o material resistente ao calor que

15 contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 42,8% por massa. A densidade do material resistente ao calor e do lubrificante sólido no elemento de base anular esférico e na camada externa é  $1,62 \text{ Mg/m}^3$ . Ademais, conforme para camada externa, o elemento de reforço constituído pela rede de fio de metal está contido em uma razão de 65,5% por massa, e o material

20 resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 34,5% por massa.

#### Exemplo 12

Utilizando-se materiais constituintes similares àqueles do Exemplo 10 descrito acima, o elemento de base tubular foi fabricado em um método similar

25 àquele do Exemplo 1. Nesse elemento de base tubular, as porções de extremidade opostas no sentido da largura do material resistente ao calor respectivamente se projetam a partir do elemento de reforço do elemento de base anular esférico na direção da largura desse.

Um elemento de reforço similar àquele do Exemplo 1 descrito acima foi

30 usado como o elemento de reforço da camada externa. Uma folha de grafite

expandido (material resistente ao calor II) similar ao material resistente ao calor do elemento de base anular esférico (material resistente ao calor II) foi separadamente preparada como o material resistente ao calor da camada externa.

5 Uma dispersão aquosa similar àquela do Exemplo 8 descrito acima foi preparada como a dispersão aquosa.

A dispersão aquosa descrita acima foi revestida por rolo em uma superfície do material resistente ao calor separadamente preparado anteriormente mencionado (material resistente ao calor II), foi seca a uma temperatura de 100°C para formar uma camada de revestimento do lubrificante sólido constituída pela composição  
10 lubrificante de FEP e nitreto de boro hexagonal, e esse material resistente ao calor revestido foi então submetido à sinterização em um forno de aquecimento a uma temperatura de 340°C durante 20 minutos, formando assim uma camada de revestimento do lubrificante sólido sinterizado (55% por massa de FEP e 45% por massa de nitreto de boro hexagonal) sobre a superfície daquele material resistente  
15 ao calor.

Então, um elemento de vedação anular esférico foi obtido em um método similar àquele do Exemplo 1 descrito acima. Nesse elemento de vedação anular esférico, o elemento de base anular esférico foi construído para ser fornecido com integridade estrutural à medida que o material resistente ao calor e o elemento de  
20 reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal foram comprimidos e entrelaçados. O elemento de base anular esférico inclui o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal comprimida e o material resistente ao calor feito a partir de grafite expandido que preenche as tramas da rede de fio de metal desse elemento de  
25 reforço e é comprimido de modo que seja integralmente formado com esse elemento de reforço sob a forma misturada. Na camada externa, o material resistente ao calor, o lubrificante sólido sinterizado constituído pela composição lubrificante que contém 55% por massa de FEP e 45% por massa de nitreto de boro hexagonal, e o elemento de reforço da camada externa feito a partir da rede de fio  
30 de metal são comprimidos de modo que o lubrificante sólido sinterizado e o material

resistente ao calor sejam preenchidos nas tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço, e de modo que o lubrificante sólido, o material resistente ao calor, e o elemento de reforço sejam integrados sob a forma misturada, a superfície externa daquela camada externa é formada desse modo em uma superfície lisa em que a superfície constituída pelo elemento de reforço e a superfície constituída pelo lubrificante sólido sinterizado estão presentes sob a forma misturada.

No elemento de base anular esférico e na camada externa do elemento de vedação anular esférico fabricado, os elementos de reforço do elemento de base anular esférico e a camada externa constituída pela rede de fio de metal estão contidos em uma razão de 57,4% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 42,6% por massa. A densidade do material resistente ao calor e do lubrificante sólido no elemento de base anular esférico e na camada externa é 1,61 Mg/m<sup>3</sup>. Ademais, conforme para camada externa, o elemento de reforço constituído pela rede de fio de metal está contido em uma razão de 65.9% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 34,1% por massa.

#### Exemplo 13

Utilizando-se materiais constituintes similares àqueles do Exemplo 10 descrito acima, o elemento de base tubular foi fabricado em um método similar àquele do Exemplo 1. Nesse elemento de base tubular, as porções de extremidade opostas no sentido da largura do material resistente ao calor respectivamente se projetam a partir do elemento de reforço do elemento de base anular esférico na direção da largura desse.

Um elemento de reforço similar àquele do Exemplo 1 descrito acima foi usado como o elemento de reforço da camada externa. Uma folha de grafite expandido (material resistente ao calor II) similar ao material resistente ao calor do elemento de base anular esférico (material resistente ao calor II) foi separadamente preparada como o material resistente ao calor da camada externa.

Uma dispersão aquosa similar àquele do Exemplo 9 descrito acima foi

preparada como a dispersão aquosa.

A dispersão aquosa descrita acima foi revestida por rolo em uma superfície do material resistente ao calor separadamente preparado anteriormente mencionado (material resistente ao calor II), foi seca a uma temperatura de 100°C para formar  
5 uma camada de revestimento do lubrificante sólido constituída pela composição lubrificante de FEP, nitreto de boro hexagonal, e grafite, e esse material resistente ao calor revestido foi então submetido à sinterização em um forno de aquecimento a uma temperatura de 340°C durante 20 minutos, formando assim uma camada de revestimento do lubrificante sólido sinterizado (50% por massa de FEP, 41% por  
10 massa de nitreto de boro hexagonal, e 9% por massa de grafite) sobre a superfície daquele material resistente ao calor.

Então, um elemento de vedação anular esférico foi obtido em um método similar àquele do Exemplo 1 descrito acima. Nesse elemento de vedação anular esférico, o elemento de base anular esférico foi construído para ser fornecido com  
15 integridade estrutural à medida que o material resistente ao calor e o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal foram comprimidos e entrelaçados. O elemento de base anular esférico inclui o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal comprimida e o material resistente ao calor feito a partir de grafite  
20 expandido que preenche as tramas da rede de fio de metal desse elemento de reforço e é comprimido de modo que seja integralmente formado com esse elemento de reforço sob a forma misturada. Na camada externa, o material resistente ao calor, o lubrificante sólido sinterizado constituído pela composição lubrificante que contém 50% por massa de FEP, 41% por massa de nitreto de boro  
25 hexagonal, e 9% por massa de grafite, e o elemento de reforço da camada externa feito a partir da rede de fio de metal são comprimidos de modo que o lubrificante sólido sinterizado e o material resistente ao calor sejam preenchidos nas tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço, e de modo que o lubrificante sólido, o material resistente ao calor, e o elemento de reforço sejam integrados sob a forma  
30 misturada, a superfície externa daquela camada externa é formada desse modo em



uma superfície lisa em que a superfície constituída pelo elemento de reforço e a superfície constituída pelo lubrificante sólido sinterizado estão presentes sob a forma misturada.

5 No elemento de base anular esférico e na camada externa do elemento de vedação anular esférico fabricado, os elementos de reforço do elemento de base anular esférico e a camada externa constituída pela rede de fio de metal estão contidos em uma razão de 57,2% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 42,8% por massa. A densidade do material resistente ao calor e do lubrificante sólido no elemento de base anular esférico e na camada externa é 1,60 Mg/m<sup>3</sup>.  
10 Ademais, conforme para camada externa, o elemento de reforço constituído pela rede de fio de metal está contido em uma razão de 65,7% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 34,3% por massa.

#### 15 Exemplo 14

Utilizando-se materiais constituintes similares àqueles do Exemplo 11 descrito acima, o elemento de base tubular foi fabricado em um método similar àquele do Exemplo 1. Nesse elemento de base tubular, as porções de extremidade opostas no sentido da largura do material resistente ao calor respectivamente se projetam a partir do elemento de reforço na direção da largura desse.  
20

Um elemento de reforço similar àquele do Exemplo 1 descrito acima foi usado como o elemento de reforço da camada externa. Uma folha de grafite expandido do elemento de base anular esférico (material resistente ao calor III) foi separadamente preparada como o material resistente ao calor da camada externa.

25 Uma dispersão aquosa similar àquela do Exemplo 8 descrito acima foi preparada como a dispersão aquosa.

A dispersão aquosa descrita acima foi revestida por rolo em uma superfície do material resistente ao calor separadamente preparado anteriormente mencionado (material resistente ao calor III), foi seca a uma temperatura de 100°C para formar  
30 uma camada de revestimento do lubrificante sólido constituída pela composição

lubrificante de FEP e nitreto de boro hexagonal, e esse material resistente ao calor revestido foi então submetido à sinterização em um forno de aquecimento a uma temperatura de 340°C durante 20 minutos, formando assim uma camada de revestimento do lubrificante sólido sinterizado (55% por massa de FEP e 45% por  
5 massa de nitreto de boro hexagonal) sobre a superfície daquele material resistente ao calor.

Então, um elemento de vedação anular esférico foi obtido em um método similar àquele do Exemplo 1 descrito acima. Nesse elemento de vedação anular esférico, o elemento de base anular esférico foi construído para ser fornecido com  
10 integridade estrutural à medida que o material resistente ao calor e o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal foram comprimidos e entrelaçados. O elemento de base anular esférico inclui o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal comprimida e o material resistente ao calor feito a partir de grafite  
15 expandido que preenche as tramas da rede de fio de metal desse elemento de reforço e é comprimido de modo que seja integralmente formado com esse elemento de reforço sob a forma misturada. Na camada externa, o material resistente ao calor, o lubrificante sólido sinterizado constituído pela composição lubrificante que contém 55% por massa de FEP e 45% por massa de nitreto de boro  
20 hexagonal, e o elemento de reforço da camada externa feito a partir da rede de fio de metal são comprimidos de modo que o lubrificante sólido sinterizado e o material resistente ao calor sejam preenchidos nas tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço, e de modo que o lubrificante sólido, o material resistente ao calor, e o elemento de reforço sejam integrados sob a forma misturada, a superfície  
25 externa daquela camada externa é formada desse modo em uma superfície lisa em que a superfície constituída pelo elemento de reforço e a superfície constituída pelo lubrificante sólido sinterizado estão presentes sob a forma misturada.

No elemento de base anular esférico e na camada externa do elemento de vedação anular esférico fabricado, os elementos de reforço do elemento de base  
30 anular esférico e da camada externa constituída pela rede de fio de metal estão

contidos em uma razão de 57,0% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 43,0% por massa. A densidade do material resistente ao calor e do lubrificante sólido no elemento de base anular esférico e na camada externa é 1,60 Mg/m<sup>3</sup>.

5 Ademais, conforme para camada externa, o elemento de reforço constituído pela rede de fio de metal está contido em uma razão de 65,7% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 34,3% por massa.

#### Exemplo 15

10 Utilizando-se materiais constituintes similares àqueles do Exemplo 11, o elemento de base tubular foi fabricado em um método similar àquele do Exemplo 1.

Um elemento de reforço similar àquele do Exemplo 1 descrito acima foi usado como o elemento de reforço da camada externa. Uma folha de grafite expandido do elemento de base anular esférico (material resistente ao calor III) foi separadamente preparada como o material resistente ao calor da camada externa.

15 Uma dispersão aquosa similar àquela do Exemplo 9 descrito acima foi preparada como a dispersão aquosa.

A dispersão aquosa descrita acima foi revestida por rolo em uma superfície do material resistente ao calor separadamente preparado anteriormente mencionado (material resistente ao calor II), foi seca a uma temperatura de 100°C para formar uma camada de revestimento do lubrificante sólido constituída pela composição lubrificante de FEP, nitreto de boro hexagonal, e grafite, e esse material resistente ao calor revestido foi então submetido à sinterização em um forno de aquecimento a uma temperatura de 340°C durante 20 minutos, formando assim uma camada de revestimento do lubrificante sólido sinterizado (50% por massa de FEP, 41% por massa de nitreto de boro hexagonal, e 9% por massa de grafite) sobre a superfície daquele material resistente ao calor.

Então, um elemento de vedação anular esférico foi obtido em um método similar àquele do Exemplo 1 descrito acima. Nesse elemento de vedação anular esférico, o elemento de base anular esférico foi construído para ser fornecido com

integridade estrutural à medida que o material resistente ao calor e o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal foram comprimidos e entrelaçados. O elemento de base anular esférico inclui o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal comprimida e o material resistente ao calor feito a partir de grafite expandido que preenche as tramas da rede de fio de metal desse elemento de reforço e é comprimido de modo que seja integralmente formado com esse elemento de reforço sob a forma misturada. Na camada externa, o material resistente ao calor, o lubrificante sólido sinterizado constituído pela composição lubrificante que contém 50% por massa de FEP, 41% por massa de nitreto de boro hexagonal, e 9% por massa de grafite, e o elemento de reforço da camada externa feito a partir da rede de fio de metal são comprimidos de modo que o lubrificante sólido sinterizado e o material resistente ao calor sejam preenchidos nas tramas da rede de fio de metal do elemento de reforço, e de modo que o lubrificante sólido, o material resistente ao calor, e o elemento de reforço sejam integrados sob a forma misturada, a superfície externa daquela camada externa é formada desse modo em uma superfície lisa em que a superfície constituída pelo elemento de reforço e a superfície constituída pelo lubrificante sólido sinterizado estão presentes sob a forma misturada.

No elemento de base anular esférico e na camada externa do elemento de vedação anular esférico fabricado, os elementos de reforço do elemento de base anular esférico e a camada externa constituída pela rede de fio de metal estão contidos em uma razão de 57,6% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 42,4% por massa. A densidade do material resistente ao calor e do lubrificante sólido no elemento de base anular esférico e na camada externa é  $1,61 \text{ Mg/m}^3$ . Ademais, conforme para camada externa, o elemento de reforço constituído pela rede de fio de metal está contido em uma razão de 66,2% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 33,8% por massa.

### Exemplo Comparativo 1

Utilizando-se um fio de aço inoxidável austenítico (SUS 304) que possui um diâmetro de fio de 0,28 mm como um fio de metal fino, uma rede de fio de metal de malha cilíndrico cujo tamanho da trama é 4 mm de comprimento e 5 mm de largura foi fabricada e passada entre um par de rolos para formar uma rede de fio de metal em forma de corrente. Essa rede de fio de metal foi usada como o elemento de reforço para o elemento de base anular esférico. Como o material resistente ao calor, uma folha de grafite expandido (material resistente ao calor I) que possui uma densidade de 1,12 Mg/m<sup>3</sup> e uma espessura de 0,38 mm foi usada. Após o material resistente ao calor ser enrolado por uma porção de uma circunferência, o elemento de reforço do elemento de base anular esférico foi sobreposto ao lado interno do material resistente ao calor, e a montagem sobreposta dessa foi enrolada, preparando assim um elemento de base tubular em que o material resistente ao calor foi colocado sobre a periferia mais externa. Nesse elemento de base tubular, as porções de extremidade opostas no sentido da largura do material resistente ao calor respectivamente se projetam a partir do elemento de reforço do elemento de base anular esférico na direção da largura desse.

Utilizando-se um fio de metal fino similar àquele descrito acima, uma rede de fio de metal de malha cilíndrico cujo tamanho da trama é 3,5 mm de comprimento e 2,5 mm de largura foi fabricado e passado entre o par de rolos para formar uma rede de fio de metal em forma de corrente. Essa rede de fio de metal foi usada como o elemento de reforço da camada externa. Um material resistente ao calor similar àquele descrito acima- foi separadamente preparado como o material resistente ao calor, e esse material resistente ao calor foi inserido na rede de fio de metal em forma de corrente. Um material resistente ao calor similar àquele descrito acima foi separadamente preparado, e uma dispersão aquosa (teor de sólido: 50%) que é composta de 50% por massa de uma resina de politetrafluoroetileno (PTFE), 5% por massa de um tensoativo, e 45% por massa de água foi revestida por rolo em uma superfície daquele material resistente ao calor, e foi seca a uma temperatura de 100°C, formando assim uma camada de revestimento de PTFE.

O material resistente ao calor que possui a camada de revestimento de PTFE foi sobreposto à rede de fio de metal em forma de corrente que sustenta o material resistente ao calor in its interior com a camada de revestimento faceada para cima, e uma montagem desse foi passada entre um par de rolos para então  
5 formar um elemento de formação de camada externa integrado.

O elemento de formação de camada externa descrito acima com sua camada de revestimento colocada sobre o lado externo foi enrolado em torno da superfície periférica externa do elemento de base tubular descrito acima, preparando assim uma pré-forma cilíndrica. Então, utilizando-se uma matriz similar  
10 àquela dos Exemplos descritos acima, um elemento de vedação anular esférico foi obtido por um método similar, e o elemento de vedação anular esférico inclui o elemento de base anular esférico que possui o furo atravessante em sua porção central e definido pela superfície interna cilíndrica, a superfície esférica parcialmente convexa, e as faces de extremidade anular de lado de diâmetro grande e pequeno  
15 da superfície esférica parcialmente convexa, bem como a camada externa formada integralmente sobre a superfície esférica parcialmente convexa do elemento de base anular esférico.

Por meio dessa formação por compressão, o elemento de base anular esférico foi construído para ser fornecido com integridade estrutural à medida que o  
20 material resistente ao calor do elemento de base anular esférico e o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal são comprimidos e entrelaçados. O elemento de base anular esférico inclui o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal comprimida e o material resistente ao calor do elemento de base anular esférico  
25 feito a partir de grafite expandido que preenche as tramas desse elemento de reforço e é comprimido de modo que seja integralmente formado com o elemento de reforço sob a forma misturada. A superfície da camada externa inclui o material resistente ao calor comprimido, o elemento de reforço feito a partir da rede de fio de metal e integrado com esse material resistente ao calor sob a forma misturada, e a  
30 camada de revestimento de PTFE integrada com o elemento de reforço e o material

resistente ao calor, e a superfície externa da camada externa exposta para fora foi formada em uma superfície lisa da camada de revestimento de PTFE.

No elemento de base anular esférico e na camada externa do elemento de vedação anular esférico fabricado, os elementos de reforço do elemento de base anular esférico e a camada externa constituída pela rede de fio de metal estão contidos em uma razão de 57,0% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 43,0% por massa. A densidade do material resistente ao calor e do lubrificante sólido no elemento de base anular esférico e na camada externa é 1,58 Mg/m<sup>3</sup>.  
Ademais, conforme para camada externa, o elemento de reforço constituído pela rede de fio de metal está contido em uma razão de 66,2% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 33,8% por massa.

#### Exemplo Comparativo 2

Um elemento de base tubular foi fabricado por materiais e um método similar àquele do Exemplo Comparativo 1 descrito acima. Similar ao Exemplo Comparativo 1 descrito acima, uma rede de fio de metal em forma de corrente com um material resistente ao calor inserido e mantido em sua parte interna foi fabricada, e essa foi usada como o elemento de reforço da camada externa. Um material resistente ao calor similar àquele descrito acima foi separadamente preparado, e uma dispersão aquosa (teor de sólido: 50%) que é composta de 50% por massa de uma resina de politetrafluoroetileno (PTFE), 5% por massa de um tensoativo, e 45% por massa de água foi revestida por rolo sobre uma superfície daquele material resistente ao calor, e foi seca a uma temperatura de 100°C, formando assim uma camada de revestimento de PTFE. Subsequentemente, esse material resistente ao calor foi sinterizado no forno de aquecimento durante 20 minutos a uma temperatura de 340°C acima do ponto de fusão (327°C) de PTFE, para então formar uma camada de revestimento sinterizada de PTFE em uma superfície do material resistente ao calor.

O material resistente ao calor que possui a camada de revestimento

sinterizada de PTFE foi sobreposto à rede de fio de metal em forma de corrente que possui o material resistente ao calor inserido e mantido em sua parte interna com a camada de revestimento faceada para cima, e uma montagem desse foi passada entre um par de rolos para então formar um elemento de formação de camada externa integrado.

O elemento de formação de camada externa descrito acima com sua camada de revestimento colocada no lado externo foi enrolado em torno da superfície periférica externa do elemento de base tubular descrito acima, preparando assim uma pré-forma cilíndrica. Então, utilizando-se uma matriz similar àquela dos Exemplos descritos acima, um elemento de vedação anular esférico foi obtido por um método similar, e o elemento de vedação anular esférico inclui o elemento de base anular esférico que possui o furo atravessante em sua porção central e definido pela superfície interna cilíndrica, a superfície esférica parcialmente convexa, e as faces de extremidade anular de lado de diâmetro grande e pequeno da superfície esférica parcialmente convexa, bem como a camada externa formada integralmente sobre a superfície esférica parcialmente convexa do elemento de base anular esférico.

Por meio dessa formação por compressão, o elemento de base anular esférico foi construído para ser fornecido com integridade estrutural à medida que o material resistente ao calor do elemento de base anular esférico e o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal são comprimidos e entrelaçados. O elemento de base anular esférico inclui o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal comprimida e o material resistente ao calor do elemento de base anular esférico feito a partir de grafite expandido que preenche as tramas desse elemento de reforço e é comprimido de modo que seja integralmente formado com o elemento de reforço sob a forma misturada. A superfície da camada externa inclui o material resistente ao calor comprimido, o elemento de reforço feito a partir da rede de fio de metal e integrado com esse material resistente ao calor sob a forma misturada, e a camada de revestimento sinterizada de PTFE integrada com o elemento de reforço



e o material resistente ao calor, e a superfície externa da camada externa exposta para fora foi formada e uma superfície lisa da camada de revestimento sinterizada de PTFE.

5 No elemento de base anular esférico e na camada externa do elemento de vedação anular esférico fabricado, os elementos de reforço do elemento de base anular esférico e a camada externa constituída pela rede de fio de metal estão contidos em uma razão de 57,2% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 42,8% por massa. A densidade do material resistente ao calor e do lubrificante sólido no elemento de base anular esférico e na camada externa é 1,58 Mg/m<sup>3</sup>.  
10 Ademais, conforme para camada externa, o elemento de reforço constituído pela rede de fio de metal está contido em uma razão de 66,1% por massa, e o material resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 33,9% por massa.

#### 15 Exemplo Comparativo 3

Um elemento de base tubular foi fabricado por materiais e um método similar àquele do Exemplo Comparativo 1 descrito acima. Similar ao Exemplo Comparativo 1 descrito acima, uma rede de fio de metal em forma de corrente com um material resistente ao calor inserido e mantido em sua parte interna foi fabricada,  
20 e essa foi usada como o elemento de reforço da camada externa.

Um material resistente ao calor similar àquele do Exemplo Comparativo 1 descrito acima foi separadamente preparado, e uma dispersão aquosa (18,7% por massa de nitreto de boro hexagonal, 33,0% por massa de PTFE, 3,3% por massa de alumina, 5% por massa de um tensoativo, e 40% por massa de água), que está  
25 contida de forma dispersa como um teor de sólido de 55% por massa de uma composição lubrificante (34% por massa de nitreto de boro hexagonal, 60% por massa de PTFE, e 6% por massa de alumina) em que uma composição lubrificante que consiste em 85% por massa de um pó de nitreto de boro hexagonal e 15% por massa de um pó de alumina foi ajustada como 100 partes por massa e em que 150  
30 partes por massa de um pó de resina de politetrafluoroetileno (PTFE) estão contidas

de forma dispersa, foi revestida por rolo sobre uma superfície daquele material resistente ao calor, e foi seca a uma temperatura de 100°C, formando assim uma camada de revestimento da composição lubrificante (34% por massa de nitreto de boro hexagonal, 60% por massa de PTFE, e 6% por massa de alumina) sobre uma

5 superfície daquele material resistente ao calor.

O material resistente ao calor que possui a camada de revestimento da composição lubrificante foi sobreposto à rede de fio de metal em forma de corrente que possui o material resistente ao calor inserido e mantido em sua parte interna com aquela camada de revestimento faceada para cima, e uma montagem desse é

10 passada entre um par de rolos para então formar um elemento de formação de camada externa integrado.

O elemento de formação de camada externa descrito acima com a camada de revestimento da composição lubrificante colocada no lado externo foi enrolado em torno da superfície periférica externa do elemento de base tubular descrito

15 acima, preparando assim uma pré-forma cilíndrica. Então, utilizando-se uma matriz similar àquela dos Exemplos descritos acima, um elemento de vedação anular esférico foi obtido por um método similar, e o elemento de vedação anular esférico inclui o elemento de base anular esférico que possui o furo atravessante em sua

20 porção central e definido pela superfície interna cilíndrica, a superfície esférica parcialmente convexa, e as faces de extremidade anular de lado de diâmetro grande e pequeno da superfície esférica parcialmente convexa, bem como a camada externa formada integralmente sobre a superfície esférica parcialmente convexa do elemento de base anular esférico.

Por meio dessa formação por compressão, o elemento de base anular

25 esférico foi construído para ser fornecido com integridade estrutural à medida que o material resistente ao calor do elemento de base anular esférico e o elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal foram comprimidos e entrelaçados. O elemento de base anular esférico inclui o

30 elemento de reforço do elemento de base anular esférico feito a partir da rede de fio de metal comprimida e o material resistente ao calor do elemento de base anular

esférico feito a partir de grafite expandido que preenche as tramas desse elemento de reforço e é comprimido de modo que seja integralmente formado com o elemento de reforço sob a forma misturada. A superfície da camada externa inclui o material resistente ao calor comprimido, o elemento de reforço feito a partir da rede de fio de metal e integrado com esse material resistente ao calor sob a forma misturada, e a 5 camada de revestimento da composição lubrificante integrada com o elemento de reforço e o material resistente ao calor, e a superfície externa da camada externa exposta para fora foi formada em uma superfície lisa da camada de revestimento da composição lubrificante (34% por massa de nitreto de boro hexagonal, 60% por 10 massa de PTFE, e 6% por massa de alumina).

No elemento de base anular esférico e na camada externa do elemento de vedação anular esférico fabricado, os elementos de reforço do elemento de base anular esférico e a camada externa constituída pela rede de fio de metal estão contidos em uma razão de 54,7% por massa, e o material resistente ao calor que 15 contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 45,3% por massa. A densidade do material resistente ao calor e do lubrificante sólido no elemento de base anular esférico e na camada externa é 1,62 Mg/m<sup>3</sup>. Ademais, conforme para camada externa, o elemento de reforço constituído pela rede de fio de metal está contido em uma razão de 63,5% por massa, e o material 20 resistente ao calor que contém o grafite expandido e o lubrificante sólido estão contidos em uma razão de 36,5% por massa.

Então, uma descrição será fornecida dos resultados de testes realizados na presença ou ausência de geração de ruído de atrito anormal e a quantidade de vazamento de gás (l/min) ao incorporar os elementos de vedação anulares esféricos obtidos nos Exemplos 1 a 15 e Exemplos Comparativos 1 a 3 descritos acima na 25 junta esférica do cano de descarga mostrada na Figura 18.

<Condições de Teste na Presença ou Ausência de Geração de Ruído de Atrito Anormal>

Força de compressão utilizando molas espirais (força de ajuste de mola): 590 30 N

Ângulo de Oscilação:  $\pm 4^\circ$

Frequência de Excitação: 12 Hz

Temperatura (temperatura de superfície externa da porção de superfície esférica côncava 302 mostrada na Figura 18):

5 A partir da temperatura ambiente (25°C) a 500°C

Número de oscilações de teste: 1.000.000

Elemento de acoplamento (material da porção ampliada 301 mostrada na Figura 18): SUS 304

<Método de Teste>

10 Após 45.000 movimentos oscilantes serem realizados em temperatura ambiente (25°C) ao ajustar um movimento oscilante a  $\pm 4^\circ$  em uma frequência de excitação de 12 Hz como uma unidade de oscilação, a temperatura ambiente é aumentada para uma temperatura de 500°C, enquanto continua os movimentos oscilantes (o número de movimentos oscilantes durante o aumento de temperatura é

15 45.000). quando a temperatura ambiente atingir a temperatura de 500°C, 115.000 movimentos oscilantes são realizados, e a temperatura ambiente é subsequentemente deixada cair para a temperatura ambiente enquanto continua os movimentos oscilantes (o número de movimentos oscilantes durante a queda de temperatura é 45.000). O total combinado de 250.000 movimentos oscilantes é

20 ajustado como um ciclo, e quatro ciclos são realizados.

A avaliação da presença ou ausência da ocorrência de ruído de atrito anormal foi realizada nos pontos de tempo anteriormente mencionados, ou seja, (1) após 250.000 movimentos oscilantes, (2) após 500.000 movimentos oscilantes, (3) após 750.000 movimentos oscilantes, e (4) após 1.000.000 movimentos oscilantes,

25 conforme exposto a seguir.

<Níveis de Julgamento de Ruído de Atrito Anormal>

Código de Avaliação A: Não ocorreu ruído de atrito anormal.

Código de Avaliação B: O ruído de atrito anormal é ligeiramente é escutado ao aproximar os ouvidos da peça de teste.

30 Código de Avaliação C: Embora o ruído seja geralmente difícil de identificar a partir

de uma posição fixa (uma posição 1,5 m distante da peça de teste) visto que é coberta pelos ruídos do ambiente, o ruído pode ser identificado como ruído de atrito anormal por uma pessoa envolvida no teste.

- 5 Código de Avaliação D: O ruído pode ser identificado como ruído de atrito anormal (som desagradável) por uma pessoa a partir da posição fixa.

<Condições de Teste de Vazamento de Gás e Método de Teste>

<Condições de Teste>

Força de compressão utilizando molas espirais (força de ajuste de mola): 980

10 N

Ângulo de Oscilação:  $\pm 2,5^\circ$

Frequência de Excitação: 5 Hz

Temperatura (temperatura de superfície externa da porção de superfície esférica côncava 302 mostrada na Figura 18):

15 a partir da temperatura ambiente (25°C) a 500°C

Número de oscilações de teste: 1.000.000

Elemento de acoplamento (material da porção ampliada 301 mostrada na Figura 18): SUS 304

<Método de Teste>

20 A temperatura foi elevada para 500°C enquanto continua o movimento oscilante a  $\pm 2,5^\circ$  em uma frequência de excitação de 5 Hz em temperatura ambiente (25°C). Em um estado onde essa temperatura é mantida, o movimento oscilante continua, e a quantidade de vazamento de gás foi medida no ponto de tempo quando o número de movimentos oscilantes atingir 1.000.000.

25 <Método de Medida de Quantidade de Vazamento de Gás>

Uma abertura de um cano de descarga de lado a montante 100 da junta esférica do cano de descarga mostrada na Figura 18 foi fechada, e ar seco foi deixado fluir para dentro da porção de junta do outro lado de cano de descarga de lado a jusante 300 sob uma pressão de 0,049 Mpa (0,5 kgf/cm<sup>2</sup>). A quantidade de vazamento da porção de junta (porções de contato deslizante entre a superfície 42

do elemento de vedação anular esférico 38 e a porção ampliada 301, as porções de ajuste entre a superfície interna cilíndrica 32 do elemento de vedação anular esférico 38 e a porção de extremidade de cano 101 do cano de descarga de lado a montante 100, e porções de contiguidade entre a face de extremidade anular 34 E o flange 200 fornecido verticalmente sobre o cano de descarga de lado a montante 100) foi medida por meio de um fluxímetro 4 vezes, ou seja, (1) em um período inicial de teste (antes do início do teste), (2) após 250.000 movimentos oscilantes, (3) após 500.000 movimentos oscilantes, e (4) após 1.000.000 movimentos oscilantes.

10 As Tabelas 1 a 5 mostram os resultados dos testes descritos acima.

[Tabela 1]

	Exemplos		
	1	2	3
<Material resistente ao calor (Grafite expandido)>			
Grafite expandido	100	100	100
Fosfato (fosfato de alumínio primário)	-	-	-
Pentóxido de fósforo	-	-	-
<Dispersão aquosa>			
FEP	12,5	27,5	37,5
PFA	-	-	-
PTFE	-	-	-
Nitreto de boro hexagonal	37,5	22,5	12,5
Grafite	-	-	-
Alumina	-	-	-
Tensoativo	5	5	5
Solvente orgânico aquoso	-	-	-
Água	45	45	45

<Camada de Revestimento de Lubrificante Sólido>		(sinterizada)	(sinterizada)	(sinterizada)
FEP		25	55	75
PFA		-	-	-
PTFE		-	-	-
Nitreto de boro hexagonal		75	45	25
Alumina		-	-	-
Grafite		-	-	-
<Julgamento de Ruído de Atrito Anormal>	(1)	A	A	A
	(2)	A	A	A
	(3)	A	A	A
	(4)	A	A	A
Julgamento Total		aprovado	Aprovado	aprovado
Quantidade de vazamento de gás (l/min)				
(1)		0,05	0,05	0,05
(2)		0,14	0,10	0,12
(3)		0,28	0,22	0,26
(4)		0,46	0,38	0,44

[Tabela 2]

	Exemplos			
	4	5	6	7
<Material resistente ao calor (Grafite expandido)>	100	100	100	100
Grafite expandido	-	-	-	-
Fosfato (fosfato de alumínio primário)	-	-	-	-

Pentóxido de fósforo					
<Dispersão aquosa>					
FEP		-	11,5	25,0	36,5
PFA		27,5	-	-	-
PTFE		-	-	-	-
Nitreto de boro hexagonal		22,5	36,5	20,5	11,5
Grafite		-	2,0	4,5	2,0
Alumina		-	-	-	-
Tensoativo		5	5	5	5
Solvente orgânico		-	-	-	-
aquoso		45	45	45	45
Água					
<Camada de Revestimento de Lubrificante Sólido>		(sinterizada)	(sinterizada)	(sinterizada)	(sinterizada)
FEP		-	23	50	73
PFA		55	-	-	-
PTFE		-	-	-	-
Nitreto de boro hexagonal		45	73	41	23
Alumina		-	-	-	-
Grafite		-	4	9	4
<Julgamento de Ruído de Atrito Anormal>		(1)	A	A	A
		(2)	A	A	A
		(3)	A	A	A
		(4)	A	A	A
Julgamento Total		aprovado	aprovado	aprovado	aprovado
Quantidade de vazamento de gás (l/min) (1)		0,05	0,05	0,05	0,05



(2)	0,10	0,14	0,10	0,12
(3)	0,23	0,28	0,20	0,26
(4)	0,40	0,46	0,36	0,44

[Tabela 3]

	Exemplos			
	8	9	10	11
<Material resistente ao calor (Grafite expandido)>	100	100	96	91
Grafite expandido	-	-	4	8
Fosfato (fosfato de alumínio primário)	-	-	-	1
Pentóxido de fósforo				
<Dispersão aquosa>				
FEP	27,5	25,0	27,5	27,5
PFA	-	-	-	-
PTFE	-	-	-	-
Nitreto de boro hexagonal	22,5	20,5	22,5	22,5
Grafite	-	4,5	-	-
Alumina	-	-	-	-
Tensoativo	5	5	5	5
Solvente orgânico	5	5	-	-
aquoso	40	40	45	45
Água				
<Camada de (sinterizada)>	(sinterizada)	(sinterizada)	(sinterizada)	(sinterizada)
Revestimento de	55	50	55	55
Lubrificante Sólido>	-	-	-	-
FEP	-	-	-	-
PFA	45	41	45	45

PTFE	-	-	-	-
Nitreto de boro hexagonal	-	9	-	-
Alumina				
Grafite				
<Julgamento de Ruído de Atrito Anormal>	(1)	A	A	A
	(2)	A	A	A
	(3)	A	A	A
	(4)	A	A	A
Julgamento Total	aprovado	aprovado	aprovado	aprovado
Quantidade de vazamento de gás (l/min) (1)	0,05	0,05	0,05	0,04
(2)	0,10	0,10	0,08	0,06
(3)	0,23	0,20	0,20	0,18
(4)	0,42	0,36	0,28	0,24

[Tabela 4]

	Exemplos			
	12	13	14	15
<Material resistente ao calor (Grafite expandido)>	96	96	91	91
Grafite expandido	4	4	8	8
Fosfato (fosfato de alumínio primário)	-	-	1	1
Pentóxido de fósforo				
<Dispersão aquosa>				
FEP	27,5	25,0	27,5	25,0
PFA	-	-	-	-
PTFE	-	-	-	-

Nitreto de boro hexagonal	22,5	20,5	22,5	20,5
Grafite	-	4,5	-	4,5
Alumina	-	-	-	-
Tensoativo	5	5	5	5
Solvente orgânico	5	5	5	5
aquoso	40	40	40	40
Água				
<Camada de Revestimento de (sinterizada)	(sinterizada)	(sinterizada)	(sinterizada)	(sinterizada)
Lubrificante Sólido>	55	50	55	50
FEP	-	-	-	-
PFA	-	-	-	-
PTFE	45	41	45	41
Nitreto de boro hexagonal	-	-	-	-
Alumina	-	9	-	9
Grafite				
<Julgamento de Ruído de Atrito Anormal>	(1) A	A	A	A
	(2) A	A	A	A
	(3) A	A	A	A
	(4) A	A	A	A
Julgamento Total	aprovado	aprovado	aprovado	aprovado
Quantidade de vazamento de gás (l/min) (1)	0,05	0,05	0,04	0,04
(2)	0,08	0,09	0,06	0,05
(3)	0,20	0,22	0,18	0,16
(4)	0,28	0,30	0,24	0,20

[Tabela 5]

	Exemplo Comparativos
--	----------------------

	1	2	3
<Material resistente ao calor (Grafite expandido)>	100	100	100
Grafite expandido	-	-	-
Fosfato (fosfato de alumínio primário)	-	-	-
Pentóxido de fósforo			
<Dispersão aquosa>			
FEP	-	-	-
PFA	-	-	-
PTFE	50	50	33,0
Nitreto de boro hexagonal	-	-	18,7
Grafite	-	-	-
Alumina	-	-	3,3
Tensoativo	5	5	5
Solvente orgânico aquoso	-	-	-
Água	45	45	40
<Camada de Revestimento de Lubrificante Sólido>		(sinterizada)	
FEP	-	-	-
PFA	-	-	-
PTFE	100	100	60
Nitreto de boro hexagonal	-	-	34
Alumina	-	-	6
Grafite	-	-	-
<Julgamento de Ruído de Atrito Anormal>	(1)	A	A
	(2)	B	B
	(3)	D	D
	(4)	D	D

Julgamento Total	reprovado	reprovado	reprovado
Quantidade de vazamento de gás (l/min)			
(1)	0,05	0,05	0,06
(2)	0,28	0,26	0,18
(3)	0,42	0,34	0,23
(4)	2,16	1,96	1,76

A partir dos resultados de teste mostrados nas Tabelas 1 a 5, pode ser avaliado que os elementos de vedação anulares esféricos de acordo com os Exemplos 1 a 15 são superiores aos elementos de vedação anulares esféricos de acordo com os Exemplos Comparativos 1 a 3 na avaliação de ruído de atrito anormal e da quantidade de vazamento de gás. Na avaliação de ruído de atrito anormal, pode ser suposto que, no caso dos elementos de vedação anulares esféricos de acordo com os Exemplos Comparativos 1 a 3, o lubrificante sólido da camada externa foi deixado ou desgastado em um estágio relativamente inicial durante o deslizamento com o elemento de acoplamento, isso resultou em uma mudança para deslizamento direto entre o elemento de acoplamento e o material resistente ao calor constituído por grafite expandido e causou o fenômeno de deslizamento irregular, gerando assim ruído de atrito anormal atribuível ao fenômeno de deslizamento irregular. No elemento de vedação anular esféricos de acordo com os Exemplos 1 a 15, uma superfície lisa onde o elemento de reforço feito a partir da rede de fio de metal e o lubrificante sólido sinterizado da composição lubrificante que contém a resina de fluorocarboneto fundido e nitreto de boro hexagonal ou a resina de fluorocarboneto fundido, nitreto de boro hexagonal, e grafite foram integrados sob a forma misturada foi formada sobre a superfície da superfície esférica parcialmente convexa que serve como uma superfície de atrito deslizante com o elemento de acoplamento, de modo que o lubrificante sólido permaneça sobre a superfície (superfície deslizante) sem ser eliminado ou se desgastar em um estágio inicial durante o atrito deslizante com o elemento de acoplamento. Assim, é possível evitar o atrito deslizante direto com o material resistente ao calor constituído por grafite expandido, e o fenômeno de deslizamento



## **REIVINDICAÇÕES**

1. Elemento de vedação anular esférico (38) para uso em uma junta de cano de descarga joint, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende: um elemento de base anular esférico (36) definido por uma superfície interna cilíndrica (32), uma superfície esférica parcialmente convexa (33), e faces de extremidade anular de lado de diâmetro grande e pequeno (34, 35) da dita superfície esférica parcialmente convexa (33); e uma camada externa (37) formada integralmente sobre a dita superfície esférica parcialmente convexa (33) do dito elemento de base anular esférico (36),

em que o dito elemento de base anular esférico (36) inclui um elemento de reforço (5) feito a partir de uma rede de fio de metal e um material resistente ao calor (6) contendo grafite expandido e comprimidos de tal modo para preencher as tramas da rede de fio de metal do dito elemento de reforço (5) e para serem integrados com o dito elemento de reforço (5) sob a forma misturada,

em que, na dita camada externa (37), um material resistente ao calor (6) contendo grafite expandido, um lubrificante sólido sinterizado de uma composição lubrificante que contém 23 a 75% em massa de nitreto de boro hexagonal e 23 a 75% em massa de uma resina de fluorocarboneto fundido, e um elemento de reforço (5) feito a partir de uma rede de fio de metal são comprimidos de modo que o dito lubrificante sólido e o dito material resistente ao calor (6) sejam preenchidos nas tramas do dito elemento de reforço (5), e de modo que o dito lubrificante sólido, dito material resistente ao calor (6), e dito elemento de reforço (5) sejam integrados sob a forma misturada, uma superfície externa (39) da dita camada externa (37) é formada em uma superfície lisa (42) em que uma superfície (40) constituída pelo dito elemento de reforço (5) e uma superfície (41) constituída pelo dito lubrificante sólido estão presentes sob a forma misturada, e

em que um entre um copolímero de tetrafluoroetileno-hexafluoropropileno (FEP) e um copolímero de tetrafluoroetileno-

perfluoroalquilviniléter (PFA) é usado como a dita resina de fluorocarboneto fundido na dita composição lubrificante.

2. Elemento de vedação anular esférico (38), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita composição lubrificante contém grafite em uma razão não maior que 16% em massa.

3. Elemento de vedação anular esférico (38), de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito material resistente ao calor (6) contém um fosfato em uma razão de 0,1 a 16% em massa.

4. Elemento de vedação anular esférico (38), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito material resistente ao calor (6) contém adicionalmente pentóxido de fósforo em uma razão de 0,05 a 5% em massa.

5. Método de fabricação de um elemento de vedação anular esférico (38) para uso em uma junta de cano de descarga e inclui um elemento de base anular esférico (36) definido por uma superfície interna cilíndrica (32), uma superfície esférica parcialmente convexa (33), e faces de extremidade anular de lado de diâmetro grande e pequeno (34, 35) da dita superfície esférica parcialmente convexa (33), e uma camada externa (37) integralmente formada sobre a dita superfície esférica parcialmente convexa (33) do dito elemento de base anular esférico (36) , **CARACTERIZADO** pelo fato de compreende as etapas de:

(a) preparar um material resistente ao calor (6) constituído por uma folha de grafite expandido;

(b) preparar um elemento de reforço (5) feito a partir de uma rede de fio de metal que é obtida ao tecer ou tricotar um fio de metal fino, e, após a formação de uma montagem sobreposta (12) ao sobrepor o dito elemento de reforço (5) sobre o dito material resistente ao calor (6), enrolar a dita montagem sobreposta (12) em um formato cilíndrico oco, para então formar um elemento



de base tubular (13);

(c) preparar uma dispersão aquosa de uma composição lubrificante constituída por um pó de resina de fluorocarboneto fundido, um pó de nitreto de boro hexagonal, um tensoativo, e água;

(d) preparar outro material resistente ao calor (6) constituído por uma folha de grafite expandido, aplicar a dita dispersão aquosa sobre uma superfície do dito outro material resistente ao calor (6), e secar o mesmo, para então formar sobre uma superfície do dito material resistente ao calor (6) uma camada de revestimento (14) de um lubrificante sólido constituído por um nitreto de boro hexagonal e uma resina de fluorocarboneto fundido;

(e) sinterizar a camada de revestimento (14) do dito lubrificante sólido revestido sobre a superfície do dito material resistente ao calor (6) a uma temperatura não menor que um ponto de fusão da dita resina de fluorocarboneto fundido, para então formar uma camada de revestimento sinterizada (15) do dito lubrificante sólido sobre uma superfície do dito material resistente ao calor (6);

(f) inserir o dito material resistente ao calor (6) que possui a dita camada de revestimento sinterizada (15) entre duas camadas constituídas por uma rede de fio de metal de outro elemento de reforço (5) feito a partir de uma rede de fio de metal obtida ao tecer ou tricotar um fio de metal fino, e alimentar o dito elemento de reforço (5) com o dito material resistente ao calor (6) inserido entre as duas camadas constituídas pela rede de fio de metal em um estrangulamento entre um par de rolos para pressurizar o mesmo, de modo que o dito material resistente ao calor (6) e a dita camada de revestimento sinterizada (15) sobre a superfície do dito material resistente ao calor (6) sejam preenchidos nas tramas da rede de fio de metal do dito elemento de reforço (5), para então formar um elemento de formação de camada externa achatado (20) sobre uma superfície cuja superfície (18) constituída pelo dito elemento de reforço (5) e uma superfície (19) constituída pela dita camada de revestimento sinterizada (15) são expostas sob a forma misturada;

(g) enrolar o dito elemento de formação de camada externa (20)

em torno de uma superfície periférica externa do dito elemento de base tubular (13) com sua camada de revestimento sinterizada (15) faceada para fora, para então formar uma pré-forma cilíndrica (23); e

(h) ajustar a dita pré-forma cilíndrica (23) sobre uma superfície periférica externa de um núcleo de uma matriz (30), colocando o núcleo na matriz (30), e submetendo a dita pré-forma cilíndrica (23) à formação por compressão na matriz (30) em uma direção axial do núcleo,

em que o dito elemento de base anular esférico (36) é formado para ser fornecido com integridade estrutural visto que o dito material resistente ao calor (6) contendo grafite expandido e o dito elemento de reforço (5) feito a partir da rede de fio de metal são comprimidos e entrelaçados,

em que, na dita camada externa (37), um material resistente ao calor (6) contendo grafite expandido, um lubrificante sólido sinterizado constituído por uma composição lubrificante que contém nitreto de boro hexagonal e uma resina de fluorocarboneto fundido, e um elemento de reforço (5) feito a partir de uma rede de fio de metal são comprimidos de modo que o dito lubrificante sólido sinterizado e o dito material resistente ao calor (6) sejam preenchidos nas tramas da rede de fio de metal do dito elemento de reforço (5), e de modo que o dito lubrificante sólido sinterizado, o dito material resistente ao calor (6), e o dito elemento de reforço (5) sejam integrados sob a forma misturada, uma superfície externa (39) da dita camada externa (37) é formada em uma superfície lisa (42) em que uma superfície (40) constituída pelo dito elemento de reforço (5) e uma superfície (41) constituída pelo dito lubrificante sólido sinterizado estejam presentes sob a forma misturada, e

em que um entre um copolímero de tetrafluoroetileno-hexafluoropropileno (FEP) e um copolímero de tetrafluoroetileno-perfluoroalquilviniléter (PFA) é usado como a dita resina de fluorocarboneto fundido.

6. Método de fabricação de um elemento de vedação anular esférico (38), de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de

que a dita dispersão aquosa é composta de 11,5 a 45% em massa de um pó de resina de fluorocarboneto fundido, 11,5 a 45% em massa de nitreto de boro hexagonal, 0,01 a 13,5% em massa de um tensoativo, e 25 a 45% em massa de água.

7. Método de fabricação de um elemento de vedação anular esférico (38), de acordo com a reivindicação 5 ou 6, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita dispersão aquosa contém grafite em uma razão não maior que 0,5 a 9% em massa.

8. Método de fabricação de um elemento de vedação anular esférico (38), de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito material resistente ao calor (6) contém um fosfato em uma razão de 0,1 a 16% em massa.

9. Método de fabricação de um elemento de vedação anular esférico (38), de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito material resistente ao calor (6) contém adicionalmente pentóxido de fósforo em uma razão de 0,05 a 5% em massa.

FIG. 1

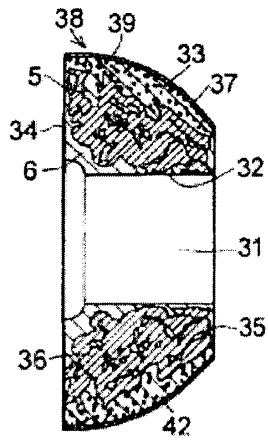
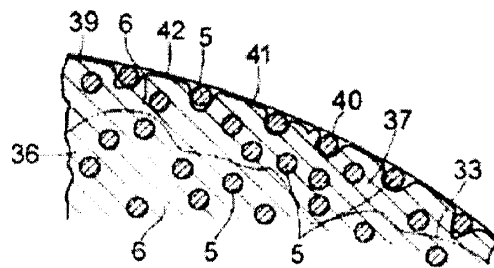


FIG. 2



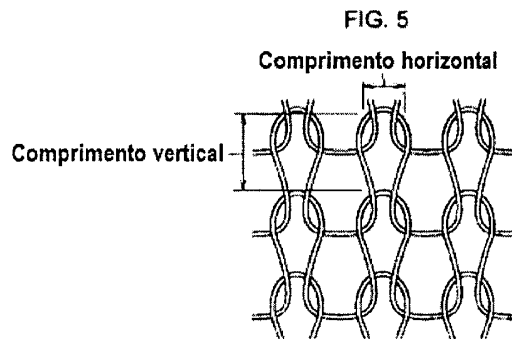
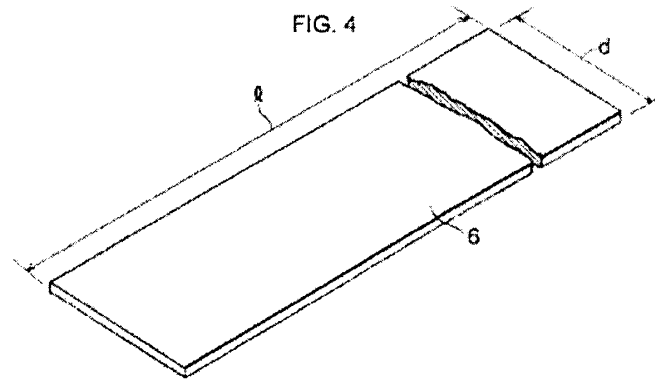
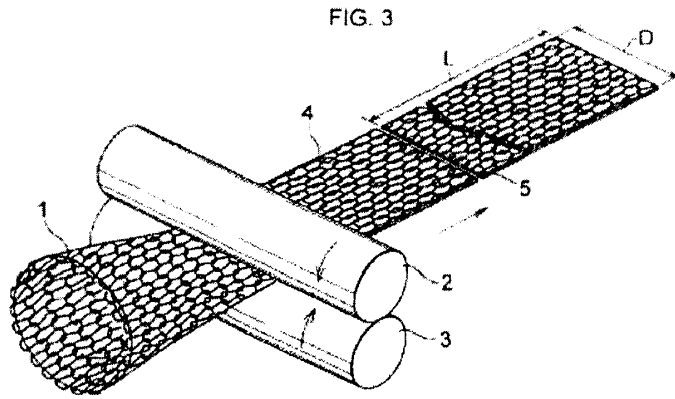


FIG. 6

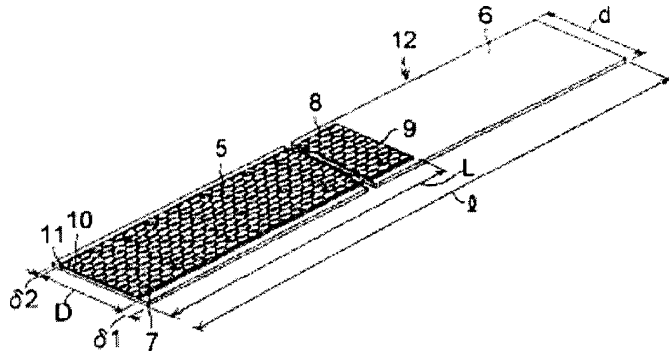


FIG. 7

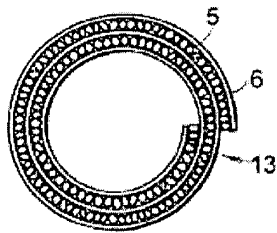


FIG. 8

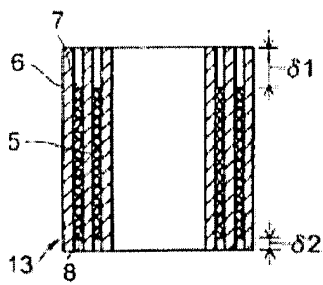


FIG. 9

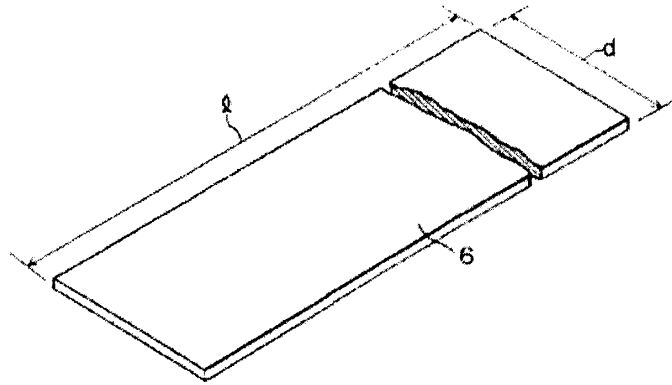


FIG. 10

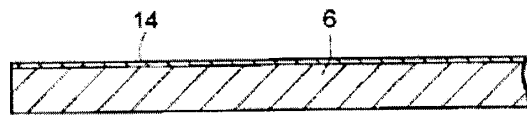


FIG. 11

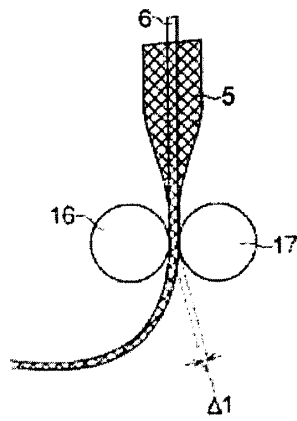


FIG. 12

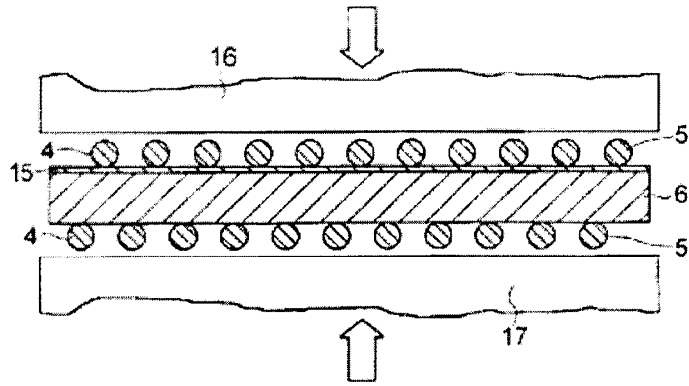


FIG. 13

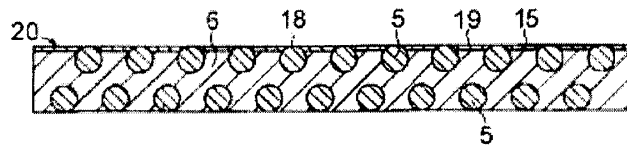


FIG. 14

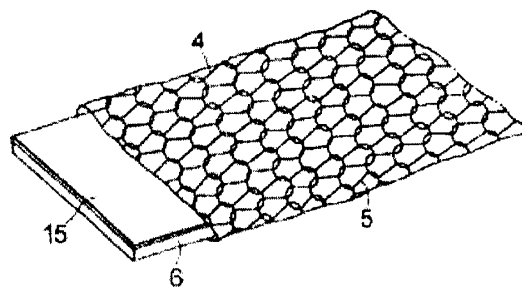




FIG. 15

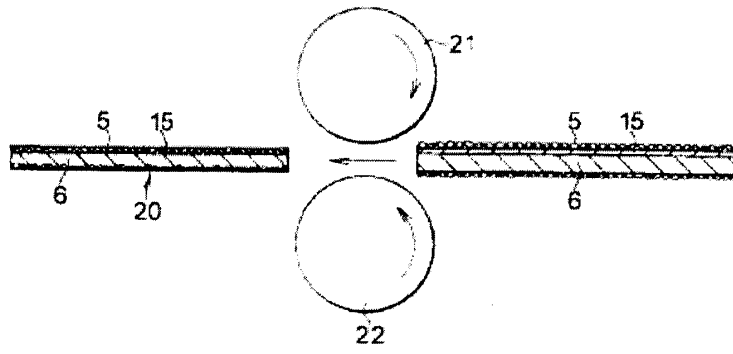


FIG. 16

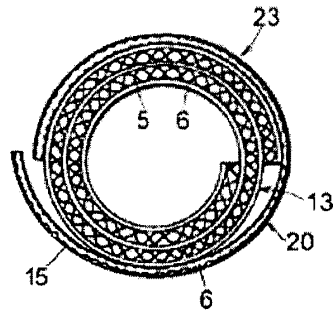


FIG. 17

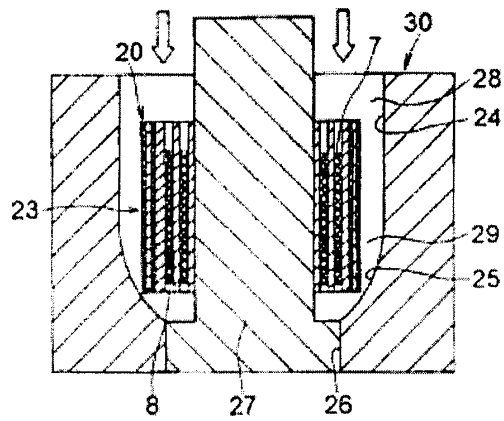


FIG. 18

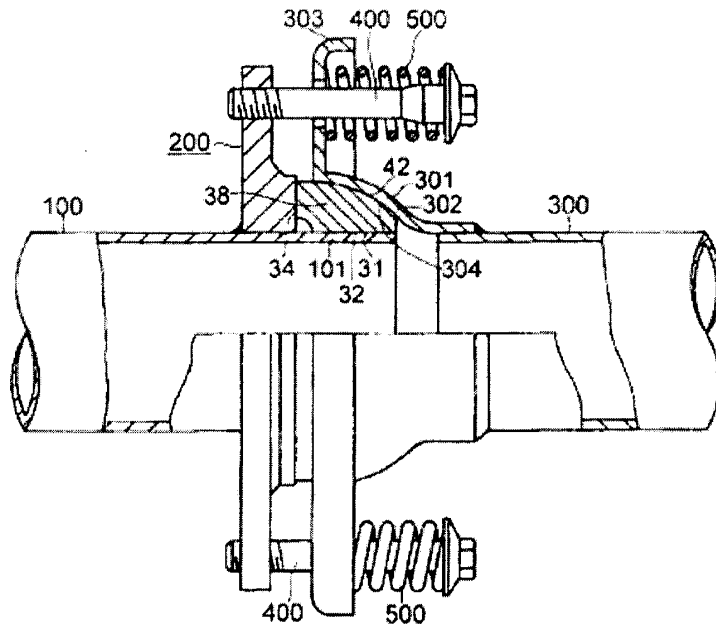


FIG. 19

