

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: 2006.04.06	(73) Titular(es): MIBA GLEITLAGER GMBH DR.-MITTERBAUER-STRASSE 3 4663 LAAKIRCHEN	AT
(30) Prioridade(s): 2005.04.29 AT 7342005 2005.10.05 AT 16252005		
(43) Data de publicação do pedido: 2006.11.02	(72) Inventor(es): HUBERT LANG	AT
(45) Data e BPI da concessão: 2011.11.02 027/2012	(74) Mandatário: MANUEL ANTÓNIO DURÃES DA CONCEIÇÃO ROCHA AV LIBERDADE, Nº. 69 - 3º D 1250-148 LISBOA	PT

(54) Epígrafe: **ELEMENTO DE ROLAMENTO**

(57) Resumo:

A INVENÇÃO REFERE-SE A UM ELEMENTO DE ROLAMENTO (1) COM UM CORPO DE APOIO METÁLICO (2), UMA CAMADA METÁLICA DE ROLAMENTO (3) POR CIMA DO CORPO E UMA CAMADA DE POLÍMERO (4) POR CIMA DESTA ÚLTIMA, EM QUE A CAMADA DE POLÍMERO (4) COMPREENDE UMA RESINA POLIIMIDA, DISSULFETO DE MOLIBDÉNIO (MOS₂) E GRAFITE. A PERCENTAGEM DE RESINA POLIIMIDA NA CAMADA DE POLÍMERO (4) É SELECIONADA A PARTIR DE UMA VARIAÇÃO (10) COM UM LIMITE INFERIOR DE 60 % E UM LIMITE SUPERIOR DE 80 %, A PERCENTAGEM DE MOS₂ É SELECIONADA A PARTIR DE UMA VARIAÇÃO COM UM LIMITE INFERIOR DE 15 % E UM LIMITE SUPERIOR DE 25 % E A PERCENTAGEM DE GRAFITE É SELECIONADA A PARTIR DE UMA VARIAÇÃO COM UM LIMITE INFERIOR DE 5 % E UM LIMITE SUPERIOR DE 15 %.

RESUMO**"ELEMENTO DE ROLAMENTO"**

A invenção refere-se a um elemento de rolamento (1) com um corpo de apoio metálico (2), uma camada metálica de rolamento (3) por cima do corpo e uma camada de polímero (4) por cima desta última, em que a camada de polímero (4) compreende uma resina poliimida, dissulfeto de molibdênio (MoS_2) e grafite. A percentagem de resina poliimida na camada de polímero (4) é selecionada a partir de uma variação (10) com um limite inferior de 60 % e um limite superior de 80 %, a percentagem de MoS_2 é selecionada a partir de uma variação com um limite inferior de 15 % e um limite superior de 25 % e a percentagem de grafite é selecionada a partir de uma variação com um limite inferior de 5 % e um limite superior de 15 %.

DESCRIÇÃO**"ELEMENTO DE ROLAMENTO"**

A invenção refere-se a um elemento de rolamento com um corpo de apoio metálico, uma camada metálica de rolamento por cima do corpo e uma camada de polímero por cima desta última, em que a camada de polímero compreende uma resina poliimida, dissulfeto de molibdênio (MoS_2) e um grafite, um motor com um veio alojado por um elemento de rolamento, em que o elemento de rolamento engloba pelo menos um corpo de apoio metálico e uma camada metálica de rolamento por cima. Um elemento de rolamento do género é já conhecido por exemplo do documento GB 2345095 A. O documento EP 1764 522 A, no estado tecnológico segundo o artigo 54(3) EPÜ, mostra outro elemento de rolamento.

Os revestimentos de componentes ou superfícies tribologicamente esforçadas devem satisfazer diferentes exigências. Por um lado, pretende-se um revestimento o menos abrasivo possível, que seja relativamente suave e, por conseguinte, que se possa adaptar bem à fricção condicionada pelo desgaste, bem como, ao parceiro anti-fricção. Por outro lado, é necessário garantir uma estabilidade mecânica e uma resistência suficientemente altas, para poder também receber esforços dinâmicos de oscilação, para além dos esforços de oscilação estáticos, e aumentar conseqüentemente a resistência de duração e a vida útil. Os desenvolvimentos, por exemplo na indústria de motores, tendem para prestações mais específicas, para aumentar, sobretudo no que diz respeito às normas de gases de exaustão cada vez mais rigorosas, o grau de eficácia e, por conseguinte, a rentabilidade e a compatibilidade ambiental de motores de combustão. Este desenvolvimento afeta vários componentes de um motor de combustão, como por

exemplo os rolamentos anti-fricção radiais muito sujeitos a esforços devido às pressões de ignição constantemente a subir por causa dos binários muito elevados, e pretende otimizar o processo de combustão, por exemplo de um motor turbo diesel de injeção direta. Com os potentes sistemas de injeção destes motores, os componentes das bombas de injeção e os seus instrumentos de medição ou ainda outros componentes igualmente esforçados pelas potências mais elevadas, como pilões, pinos ou rolos, são sujeitos a grandes esforços. Utilizam-se frequentemente ligas de alumínio para estes componentes, uma vez que permitem obter em princípio uma boa relação entre características atingíveis e custos a ter.

Os mais recentes desenvolvimentos nesta área mostram - apesar de a sua aplicação básica nesta área ser já conhecida há alguns anos - o uso cada vez maior dos chamados vernizes anti-fricção.

Deste modo, p. ex. o documento DE 22 06 400 A descreve um material compósito com um corpo de apoio metálico e uma camada anti-fricção unida por cola ao corpo de apoio, em plásticos que suportam termicamente muitos esforços, que contém resinas poliimidadas endurecíveis a quente e aditivos aperfeiçoadores das características anti-fricção do rolamento, como politetrafluoretileno, ligas metálicas de rolamento ou idêntico, em que a camada anti-fricção contém as resinas poliimida e os aditivos aperfeiçoadores das características de rolamento como uma mistura em forma de finas partículas ou pó fino, e contém como aglutinante o verniz de poliimida que une tanto a mistura de finas partículas ou pó fino à camada anti-fricção como também a própria camada anti-fricção ao corpo de apoio. A camada anti-fricção pode conter entre 70 e 20 % por peso de resinas poliimidadas endurecíveis a quente e aproximadamente 30 a 80 % por peso de aditivos autolubrificantes. Por

aditivos autolubrificantes designam-se o grafite, o dissulfeto de molibdénio e os óxidos.

Do documento EP 0 939 106 A conhece-se um material de camada anti-fricção, que contém, como material de matriz, PTFE ou PTFE em combinação com outros flúor-termoplásticos, cujo ponto de fusão está acima dos 260° C, incluindo-se pelo menos um poliaramida em pó, cuja percentagem é de 10 a 50 % por peso relativamente à quantidade total de PTFE ou da mistura de PTFE e outros flúor-termoplásticos e a poliaramida.

O documento EP 1 236 914 A também descreve um rolamento anti-fricção com um revestimento de resina sobre uma camada metálica de rolamento, em que o revestimento de resina desloca uma resina endurecível a quente com determinadas propriedades físicas numa quantidade de 70 a 30 % por peso com aditivos auto-lubrificantes numa proporção de 30 a 70 % por peso, e em que a dureza segundo Vickers não é superior a 20. A resina pode ser, por exemplo, uma resina poliamida imida. Por aditivos auto-lubrificantes designam-se o dissulfeto de molibdénio, o grafite, o nitreto de boro, o dissulfeto de tungsténio, o politetrafluoretileno, o chumbo, etc.

Os seguintes documentos também descrevem os polímeros que se destinam a ser usados como material de revestimento de elementos anti-fricção:

US 5,525,246 A, JP 60-1424 A, EP 0 984 182 A, JP
04-83914 A, JP 07-247493 A, GB 2 337 306 A, JP
09-79262 A, JP 2001/173644 A, DE 20 00 632 A,
DE 33 43 309 A, DE 32 21 785 A, WO 97/38046 A,
EP 0 340 839 A, EP 0 044 577 A, EP 0 340 838 A,
DE 24 15 327 A, EP 060 725 A, DE 198 14 756 A,
US 4,618,270 A, DE 25 04 833 A, FR 21 33 320 A,
GB 2 384 033 B, JP 53-007780 A.

A invenção tem por objetivo disponibilizar um elemento de rolamento com um revestimento de polímero que possui características melhoradas.

Este objetivo da invenção é conseguido por um elemento de rolamento de acordo com a reivindicação 1 ou por um motor de acordo com a reivindicação 12.

Em comparação com revestimentos de verniz anti-fricção já utilizados na área do rolamento anti-fricção, a composição de acordo com a invenção mostra surpreendentemente, apesar da elevada percentagem de MoS_2 e grafite na resina poliimida, uma melhoria não esperada da resistência ao desgaste do elemento de rolamento. Não seria de esperar porque com a redução da resina poliimida, que entre outras coisas pode ser encarada como aglutinante para os aditivos redutores da fricção, seria de esperar que a união da camada se deteriorasse, acabando por "se desmoronar". Devido à percentagem selecionada de MoS_2 e grafite, sobretudo à relação da percentagem de MoS_2 para com o grafite, isto não acontece, não tendo a requerente neste momento uma teoria explicativa para isto. Suspeita-se, porém, de uma interação entre partículas de MoS_2 e grafite.

Para além da melhor resistência ao desgaste, o elemento de rolamento em conformidade com a invenção melhora ainda a resistência à cavitação. Além disso, observou-se ainda uma menor propensão para a corrosão.

Em conformidade com a invenção, a camada de polímero está diretamente aplicada sobre a camada metálica de rolamento, ou seja, deixa de ser necessário usar uma camada de níquel como bloqueio de difusão, que era utilizada em rolamentos anti-fricção tradicionalmente conhecidos do estado da técnica, de modo a que um elemento de rolamento em conformidade com a invenção seja pelo menos equivalente

aos habituais rolamentos anti-fricção de múltiplas camadas, não apenas no que diz respeito às suas propriedades mecânicas, podendo também poupar-se custos na produção do elemento de rolamento em conformidade com a invenção.

É ainda vantajoso o facto de a camada de polímero em conformidade com a invenção não se limitar a elementos de rolamento especiais, podendo ser aplicada, segundo os conhecimentos atuais, em qualquer metal de rolamento.

No passado verificavam-se falhas de rolamentos nos materiais de rolamento de alumínio, que provavelmente se deviam a uma transmissão de material e microsoldadura do material do rolamento sobre o veio, provocada por micromovimentos. Este tipo de transmissões de material pode ocorrer quando o veio repousa sobre o rolamento, mas todo o sistema realiza micromovimentos, p. ex. no transporte de um motor montado até ao local de instalação ou no funcionamento de vários motores lado a lado, mas que não funcionam em simultâneo. No motor em conformidade com a invenção, isto é vantajosamente impedido pela camada de polímero, pois esta camada praticamente não apresenta afinidades com o aço. Mas mesmo quando ocorre uma pequena transmissão de material, por exemplo pela inclusão do verniz anti-fricção no perfil de profundidade de aspereza do veio, isto também não representa qualquer problema, pois forma-se a seguir um emparelhamento verniz anti-fricção/verniz anti-fricção que apresenta um valor de fricção ainda mais baixo do que o emparelhamento verniz anti-fricção/aço.

É igualmente vantajoso o facto de a percentagem de MoS_2 ser seleccionada a partir de uma variação com um limite inferior de 17 % e um limite superior de 22 % ou um limite inferior de 18,5 % e um limite superior de 21,5 % ou de a percentagem de MoS_2 ser 20 %.

Além disso, outros desenvolvimentos preveem que a percentagem de grafite seja selecionada a partir de uma variação com um limite inferior de 7 % e um limite superior de 13 % ou um limite superior de 8,5 % e um limite superior de 11,5 % ou que a percentagem de grafite seja 10 %.

Em todas estas variantes da versão - ou em todos os dados que ainda se seguem sobre limites de variação inferior e superior - é possível que as respetivas percentagens também sejam selecionadas, se necessário, a partir das respetivas variações marginais entre os limites inferiores ou limites superiores.

Com as medidas anteriormente mencionadas não só é possível otimizar todas as características da camada de polímero, como também se pode adaptar objetivamente cada uma das características, como p. ex. a resistência ao desgaste, a resistência à corrosão, a resistência à soldadura de fricção, etc., a cada caso de aplicação, mesmo se isso implicar que as restantes características da camada de polímero não sejam melhoradas na mesma proporção.

As pequenas chapas de MoS₂ podem ter um comprimento médio selecionado a partir de uma variação com um limite inferior de 10 µm e um limite superior de 40 µm ou um limite inferior de 15 µm e um limite superior de 35µm ou um limite inferior de 18 µm e um limite superior de 25 µm e/ou uma largura média selecionada a partir de uma variação com um limite inferior de 10 µm e um limite superior de 40 µm, ou um limite inferior de 15 µm e um limite superior de 35 µm, ou um limite inferior de 18 µm e um limite superior de 25 µm e/ou uma altura média selecionada a partir de uma variação com um limite inferior de 2 nm e um limite superior de 20 nm ou um limite inferior de 5 nm e um limite superior de 15 nm ou um limite inferior de 5 nm e um limite superior de 8 nm.

É igualmente possível um grafite com um tamanho de partícula, que seja selecionado a partir de uma variação com um limite inferior de $2\mu\text{m}$ e um limite superior de $8\mu\text{m}$.

A relação de MoS_2 para com o grafite pode, em conformidade com um desenvolvimento da invenção, ser selecionada a partir de uma variação com um limite inferior de 1,5 : 1 e um limite superior de 4,5 : 1.

Pode, assim, variar-se o comportamento autolubrificante da camada de polímero por amplos limites, de modo a que, tendo eventualmente em conta as respectivas percentagens de MoS_2 ou grafite, ou seja ao variar as relações de percentagem destas duas substâncias aditivas para a resina poliimida, por sua vez pelo menos uma das características da camada de polímero possa ser adaptada ao respetivo caso de aplicação.

A camada metálica de rolamento pode ser formada por uma liga, selecionada a partir de um grupo que compreende ligas à base de alumínio, ligas à base de estanho, ligas à base de chumbo, ligas à base de cobre, ligas à base de CuPb , ligas à base de AlSn , ligas à base de AlZn , AlSi , AlSnSi , CuAl , CuSn , CuZn , CuSnZn , CuZnSn , CuBi e AlBi , que - relativamente às suas características - são bem conhecidas da literatura pertinente sobre elementos de rolamentos, de modo a poder prescindir-se neste ponto de mais explicações. A vantagem é a melhoria da aderência da camada de polímero nestas substâncias metálicas de rolamento, mesmo sem utilizar camadas de agente aderentes eventualmente necessárias.

A camada de polímero deve ser diretamente disposta sobre a camada metálica de rolamento, de modo a poder prescindir-se das camadas de bloqueio de difusão habitualmente utilizadas, como p. ex. barragens de níquel.

É igualmente possível, sobretudo no caso de uma suficiente aderência, que a camada metálica de rolamento

seja diretamente disposta sobre o corpo de apoio, ou seja mais uma vez sem a disposição de camadas intermédias e agentes aderentes, o que permite simplificar a construção do elemento de rolamento para poder também baixar, se necessário, os custos de produção.

Na sequência dos testes ao elemento de rolamento em conformidade com a invenção, verificou-se que é vantajoso se a superfície da camada de polímero apresentar um valor aritmético de aspereza médio Raach DIN EN ISO 4287 ou ASME B 46.1, selecionado a partir de uma variação com um limite inferior de $0,2\mu\text{m}$ e um limite superior de $1,5\mu\text{m}$ ou um limite inferior de $0,5\mu\text{m}$ e um limite superior de $1,0\mu\text{m}$ ou um limite inferior de $0,8\mu\text{m}$ e um valor superior de $0,9\mu\text{m}$, ou quando, de acordo com outras variantes da versão, a superfície da camada de polímero apresentar uma altura máxima do perfil de aspereza Rz segundo DIN EN ISO 4287 ou ASME B 46.1, selecionada a partir de uma variação com um limite inferior de $0,5\mu\text{m}$ e um limite superior de $10\mu\text{m}$ ou um limite inferior de $3\mu\text{m}$ e um limite superior de $8\mu\text{m}$ ou um limite inferior de $5\mu\text{m}$ e um limite superior de $6\mu\text{m}$.

Com estas medidas consegue-se, por um lado, que durante a fase de admissão e devido à ponta do perfil - visto relativamente a toda a superfície interior do elemento de rolamento - se forme uma menor superfície de contacto com o veio por alojar e, conseqüentemente, se verifique uma menor fricção do que seria de esperar unicamente graças à seleção do material ou alinhamento resina poliimida/aço, e por outro lado que após esta fase de admissão estas pontas estejam, se necessário, retificadas até o rolamento apresentar as necessárias tolerâncias de folga.

A camada de polímero pode possuir uma espessura média selecionada a partir de uma variação com um limite inferior de $1\mu\text{m}$ e um limite superior de $40\mu\text{m}$ ou um limite inferior

de $3\mu\text{m}$ e um limite superior de $30\mu\text{m}$ ou um limite inferior de $4\mu\text{m}$ e um limite superior de $25\mu\text{m}$, o que permite por sua vez adaptar o elemento de rolamento ao respetivo caso de aplicação, como p. ex. rolamento grande ou pequeno, e consequentemente otimizar os custos com as mesmas características do elemento do rolamento garantidas com segurança a longo prazo.

A camada de polímero apresenta vantajosamente uma dureza segundo Vickers, selecionada a partir de uma variação com um limite inferior de 20 HV e um limite superior de 45 HV, ou um limite inferior de 22 HV e um limite superior de 35 HV ou um limite inferior de 25 HV e um limite superior de 30 HV, obtendo-se assim características de anti-fricção respetivamente melhoradas no caso de um suficiente limite de resistência do elemento de rolamento.

O elemento de rolamento é principalmente constituído como casquilho de rolamento anti-fricção ou semi-casquilho ou bucha de rolamento.

Torna-se assim possível concluir os motores diretamente no produtor sem procedimentos especiais ou sem correr o risco de, devido ao transporte dos motores já prontos, se realizar uma soldadura do material do rolamento no veio. É, assim, possível entregar esse tipo de componentes pré-montados ao respetivo destinatário, sobretudo da indústria automóvel, que como se sabe compra cada vez mais componentes acabados, com baixas quotas de falhas dos componentes.

Para melhor compreensão da invenção, passamos a explicá-la em pormenor por meio das seguintes figuras.

Respetivamente numa representação esquemática simplificada:

a Fig. 1 mostra um elemento de rolamento em conformidade com a invenção em forma de um semi-casquilho de rolamento anti-fricção;

a Fig. 2 mostra um diagrama, no qual a respectiva carga limite é representada em função de percentagens variáveis de MoS_2 e grafite.

Ficou determinado que as mesmas peças em diferentes versões descritas são identificadas com as mesmas referências ou as mesmas designações de componentes, podendo as publicações que constam em toda a descrição serem transmitidas para as mesmas peças com as mesmas referências ou as mesmas designações de componentes. Além disso, os dados das posições selecionados na descrição, como p. ex. em cima, em baixo, de lado, etc., referem-se diretamente à figura descrita e apresentada e devem ser transmitidos para a nova posição no caso de uma mudança de posição.

O elemento de rolamento 1 segundo a Fig. 1 é composto por um corpo de apoio 2, uma camada metálica de rolamento 3, bem como, uma camada de polímero 4 como camada de rolamento anti-fricção. O corpo de apoio 2 é normalmente composto por aço, mas também pode naturalmente ser composto por materiais equivalentes, com os quais se possam realizar a mesma função ou função idêntica, nomeadamente a disponibilização da resistência mecânica do elemento de rolamento 1. A resistência mecânica do elemento de rolamento 1 inteiro depende da respectiva área de aplicação, de modo a poder utilizar por exemplo também as mais diferentes ligas de cobre, como p. ex. latão e bronze. Além disso, o corpo de apoio 2 assegura uma certa estabilidade de forma.

A camada metálica do rolamento 3 é formada por uma liga metálica de rolamento. Esta é composta, nesta versão, por uma matriz de alumínio, onde se encontram pelo menos uma fase mole, bem como partículas duras. A, pelo menos uma, fase mole pode ser constituída por pelo menos um elemento de um primeiro grupo de elementos, que engloba o estanho, antimónio, índio e bismuto. As partículas duras podem, por exemplo, serem compostas por pelo menos um elemento de um segundo grupo de elementos, que engloba cobre, manganês, cobalto, crómio e ferro ou pelos elementos escândio e/ou zircónio. É igualmente possível que estas partículas duras sejam constituídas por fases intermetálicas, sobretudo dos elementos por último mencionados ou dos elementos do segundo grupo de elementos, com alumínio ou por fases intermetálicas constituídas pelos elementos mencionados.

Naturalmente que também outras fases moles, conhecidas do estado da técnica, e/ou partículas duras podem estar incluídas na liga metálica de rolamento.

Com a ajuda da fase mole é possível conceder ao elemento de rolamento 1 características de rolamento de emergência se aparecerem falhas na camada de polímero 4 resultantes do funcionamento do elemento de rolamento 1 e, conseqüentemente, se a camada metálica de rolamento 3 entrar em contacto, pelo menos de forma aproximadamente direta, com um componente por guardar, como p. ex. um veio. Isto concede ao elemento de rolamento 1 também uma capacidade de inclusão para partículas sólidas oriundas da fricção resultante da utilizado do elemento de rolamento 1. As partículas duras conferem à liga de alumínio a necessária resistência mecânica.

Principalmente as ligas à base de estanho, bismute, índio, chumbo ou alumínio e ligas à base de, se necessário com elevado teor de chumbo, CuPb ou AlSn ou AlBi são muito

adequadas como camada metálica de rolamento 3. Principalmente as ligas à base de estanho, com teor mais elevado de estanho, são muito vantajosas. Também podem ser utilizadas ligas à base de cobre sem chumbo.

Os metais de rolamento que se podem usar à base de cobre seriam por exemplo $\text{CuPb}_{22}\text{Sn}_2$, $\text{CuPb}_{10}\text{Sn}_{10}$, $\text{CuPb}_{15}\text{Sn}_7$, CuSn_6 , CuSn_4Zn_1 . Principalmente as ligas de cobre sem chumbo à base de CuAl , CuSn , CuZn , CuSnZn , CuZnSn e CuBi são vantajosas no que diz respeito ao menor impacto ambiental.

Os metais de rolamento que se podem usar à base de estanho seriam por exemplo SnSb_8Cu_4 , $\text{SnSb}_{12}\text{Cu}_6\text{Pb}$. Os metais de rolamento à base de chumbo que se podem usar seriam por exemplo $\text{PbSb}_{10}\text{Sn}_6$, $\text{PbSb}_{15}\text{Sn}_{10}$, $\text{PbSb}_{15}\text{SnAs}$.

Os metais de rolamento à base de alumínio podem formar p. ex. AlSn_{40} , AlSn_{20} , AlSn_{25} , AlSn_{10} , AlSn_6 , etc.

É ainda possível utilizar metais de rolamento à base de AlZn , como p. ex. AlZn_4SiPb , ou à base de AlSi , como p. ex. $\text{AlSi}_{11}\text{CuMgNi}$, ou à base de AlSnSi , como p. ex. $\text{AlSn}_{20}\text{Si}_4$.

A camada de polímero 4 é composta por uma resina poliamida imida, dissulfeto de molibdénio e grafite, sendo a percentagem da resina poliamida imida na camada de polímero 4 selecionada a partir de uma variação com um limite inferior de 60 % e um limite superior de 80 %, a percentagem MoS_2 selecionada a partir de uma variação com um limite inferior de 15 % e um limite superior de 25 % e a percentagem de grafite selecionada a partir de uma variação com um limite inferior de 5 % e um limite superior de 15%.

A resina pode estar presente em pelo menos um solvente, sobretudo um solvente orgânico, como p. ex. xilol, o que permite facilitar a maneabilidade. A percentagem de solvente pode ser selecionada a partir de uma variação com um limite inferior de 40 % por peso e um

limite superior de 80 % por peso, sobretudo com um limite inferior de 50 % por peso e um limite superior de 70 % por peso, preferencialmente com um limite inferior de 60 % por peso e um limite superior de 65 % por peso, relativamente à percentagem de resina, ou seja resina com solvente. Assim sendo, a percentagem de resina seca, sobretudo da resina poliimida imida, pode ser selecionada a partir de uma variação com um limite inferior de 20 % por peso e um limite superior de 50 % por peso, sobretudo com um limite inferior de 30 % por peso e um limite superior de 40 % por peso, preferencialmente com um limite inferior de 35 % por peso e um limite superior de 37,5 % por peso. Neste aspeto, uma camada de polímero 4 aplicada em conformidade com a invenção pode, por exemplo, apresentar uma composição seca de 35 % por peso de resina poliamida imida, 45 % por peso de MoS_2 e 20 % por peso de grafite ou uma composição seca resultante dos intervalos de valores indicados para cada um dos constituintes da camada de polímero 4.

É também particularmente vantajoso quando se escolhe uma relação entre as percentagens de MoS_2 e grafite na camada de polímero 4 a partir de uma variação de 1,5:1 até 4,5:1, por exemplo 1,5:1 até 2,5:1.

Com a composição em conformidade com a invenção para a camada de polímero 4, é possível realizar uma camada de funcionamento com boas características de anti-fricção e de funcionamento de emergência, que se necessário até possibilita um funcionamento a seco. Esta distingue-se particularmente pela reduzida manutenção. Permite um funcionamento com pouco ou nenhum lubrificante. Se necessário, pode fazer-se uma lubrificação com água, o que é particularmente vantajoso quando o elemento de rolamento em conformidade com a invenção 1 for p. ex. utilizado em bombas. Para além de uma respetiva redução de peso, pode

também observar-se uma menor sensibilidade à compressão de bordos.

O elemento de rolamento em conformidade com a invenção 1 pode, em vez da versão de semi-casquilho de rolamento anti-fricção tal como é apresentado na Fig. 1, também ser usado de outro modo como por exemplo como anel de impulso, bucha anti-fricção, etc., sobretudo para usar na indústria de motores.

A tabela 1 reúne exemplos para composições selecionadas a partir das variações em conformidade com a invenção das percentagens da resina poliimida com solvente removedor, de MoS₂ e grafite para a camada de polímero 4, que não se limitam naturalmente à invenção e simplesmente documentam o carácter da invenção.

Tabela 1:

Nº.	PAI (%)	MoS ₂ (%)	Grafite (%)
1	60	25	15
2	62	25	13
3	65	20	15
4	68	17	15
5	70	20	10
6	72	20	8
7	61	25	14
8	65	23	12
9	70	25	5
10	75	15	10
11	65	25	10
12	77	15	8
13	78	12	10
14	80	15	5

Com esta composição criaram-se respetivamente elementos de rolamento 1 compostos por uma caixa de apoio de aço, onde se aplica um metal de rolamento CuPb22Sn2 e

por cima a camada de polímero 4. As seguintes análises demonstraram que destas composições resultam características idênticas do elemento de rolamento 1, de modo a que a seguir se abordam estas características apenas a título de exemplo por meio de um elemento de rolamento 1 com uma camada de polímero 4, que contém 70 % de resina poliimida, 20 % de MoS₂ e 10 % de grafite.

Relativamente a uma carga limite contra a soldadura por fricção de 100 % para este rolamento em conformidade com a invenção, um rolamento padrão do estado da técnica com um revestimento de PTFE sobre AlSn 40 apresenta comparativamente apenas um valor em aprox. 87 % pior sob as mesmas condições de ensaio.

A resistência ao desgaste foi medida num rolamento com as mesmas dimensões e as mesmas condições de lubrificação. Verificou-se que a camada de polímero 4 em conformidade com a invenção, comparativamente com uma camada de PTFE, consegue um valor ou resistência ao desgaste aprox. 8 vezes melhor.

Em outras análises, a camada de polímero 4 em conformidade com a invenção desta composição foi, por um lado, também aplicada sobre uma camada metálica de rolamento em CuPb₂₂Sn₂ ou AlSn 25, e concluiu-se assim que a resistência ao desgaste varia em +/- 5 % do valor que é obtido com AlSn 40, e por conseguinte que a camada de polímero 4 em conformidade com a invenção pode ser aplicada pelo menos em todos os metais habituais, sem que as excelentes características se alterem de forma grave.

Mesmo relativamente à corrosão foi possível obter respetivos melhoramentos.

Na Fig. 2, a carga limite de corrosão é colocada em percentagem contra a percentagem de grafite, bem como, a percentagem de MoS₂, estando normalizado o valor de 100 % para a composição de 70 % de resina, 20 % de MoS₂ e 10 % de

grafite, e podem consultar-se os respectivos valores obtidos na tabela 2. Neste gráfico vê-se claramente que a camada de polímero 4 composta em conformidade com a invenção, ou seja, que os elementos de rolamento 1 assim dotados apresentam valores muito melhores no que diz respeito à carga limite de corrosão do que acontece nas respectivas camadas de resina poliimida, conhecidas do estado da técnica.

Tabela 2:

Grafite[%] MoS ₂ [%]	5	10	15
15			91,8
20	98	100	
40	65,8		67,4
60	47,5		

Relativamente ao comportamento auto-lubrificante, verificou-se que se podem melhorar as características se forem usadas pequenas chapas de MoS₂, com as dimensões já inicialmente mencionadas.

É igualmente vantajoso se seleccionar o grafite com um tamanho de partícula a partir de uma variação com um limite inferior de 2µm e um limite superior de 8µm.

Pode-se ainda melhorar as características, sobretudo da resistência ao desgaste relativamente à cavitação, bem como, da resistência à corrosão, tanto no comportamento de admissão como também no funcionamento contínuo, se criar com a camada de polímero 4 composta em conformidade com a invenção um elemento de rolamento 1, no qual esta camada de polímero 4 possui um perfil de aspereza, com valores para a altura do perfil de aspereza Rz segundo DIN ISO 4287 ou ASME B 46.1 ou valores aritméticos de aspereza média Ra

igualmente segundo DIN ISO 4287 ou ASME B 46.1, de acordo com os valores já apresentados ou seleccionados das variações apresentadas.

A produção do elemento de rolamento 1 em conformidade com a invenção realiza-se de modo a obter num corpo de apoio metálico 2 a camada metálica de rolamento 3 com um processo conhecido do estado da técnica, como p. ex. laminagem, vazamento, sinterização, depósito eletrolítico, com a ajuda do processo de ejeção. Nesta camada metálica de rolamento 3 pode obter-se a camada de polímero 4 em conformidade com a invenção igualmente com o processo conhecido do estado da técnica, como p. ex. processo de pulverização ou espalhamento, podendo esta camada de polímero ainda ser por fim tratada a quente. Conhecem-se igualmente correspondentes pré-tratamentos do estado da técnica, de modo a poder prescindir-se neste ponto de outra abordagem.

A camada de polímero 4 em conformidade com a invenção adequa-se sobretudo também ao equipamento de elementos de rolamento 1 para motores, sendo esta camada de polímero 4 utilizada como camada protetora ou "camada de embalagem", para evitar uma transmissão de material do veio para o metal de rolamento ou elemento de rolamento 1 e, conseqüentemente, uma microsoldadura que causa a falha do motor. Para conseguir ou reforçar este efeito também é possível revestir o próprio veio com a camada de polímero 4. De um modo geral, a camada de polímero 4 pode assim ser utilizada como uma chamada camada protetora contra esta microsoldadura, causada por transmissão de material de um componente alojado para um respetivo componente do rolamento.

Para melhor entendimento chama-se a atenção para o facto de que a estrutura do elemento de rolamento 1 foi,

ela própria, ou os seus componentes foram parcialmente apresentados sem escala e/ou ampliados e/ou reduzidos.

Números de referência

1 Elemento de rolamento

2 Corpo de apoio

3 Camada metálica de rolamento

4 Camada de polímero

REFERÊNCIAS CITADAS NA DESCRIÇÃO

A presente listagem de referências citadas pela requerente é apresentada meramente por razões de conveniência para o leitor. Não faz parte da patente de invenção europeia. Embora se tenha tomado todo o cuidado durante a compilação das referências, não é possível excluir a existência de erros ou omissões, pelos quais o EPO não assume nenhuma responsabilidade.

Patentes de invenção citadas na descrição

- GB 2345095 A [0001]
- EP 1764522 A [0001]
- DE 2206400 A [0004]
- EP 0939106 A [0005]
- EP 1236914 A [0006]
- US 5525246 A [0007]
- JP 60001424 A [0007]
- EP 0984182 A [0007]
- JP 4083914 A [0007]
- JP 7247493 A [0007]
- GB 2337306 A [0007]
- JP 9079262 A [0007]
- JP 2001173644 A [0007]
- DE 2000632 A [0007]
- DE 3343309 A [0007]
- DE 3221785 A [0007]
- WO 9738046 A [0007]
- EP 0340839 A [0007]
- EP 0044577 A [0007]
- EP 0340838 A [0007]
- DE 2415327 A [0007]
- EP 060725 A [0007]
- DE 19814756 A [0007]
- US 4618270 A [0007]
- DE 2504833 A [0007]
- FR 2133320 A [0007]
- GB 2384033 B [0007]
- JP 53007780 A [0007]

REIVINDICAÇÕES

1. Elemento de rolamento (1) com um corpo de apoio metálico (2), uma camada metálica de rolamento (3) disposta por cima, bem como, uma camada de polímero (4) disposta por cima desta, em que a camada de polímero (4) inclui uma resina poliamidimida, dissulfeto de molibdénio (MoS_2) e grafite, em que a camada de polímero (4) se encontra diretamente sobre a camada metálica de rolamento **caracterizado pelo facto** de a camada de polímero (4) ser formada por um verniz anti-fricção, que no estado molhado é composto por 60 % por peso até 80 % por peso de poliamida imida, 15 % por peso até 25 % por peso de dissulfeto de molibdénio (MoS_2) e 5 % por peso até 15 % por peso de grafite, em que a percentagem molhada de resina poliamida imida com 60 % por peso até 80 % por peso contém uma percentagem de 40 % por peso até 80 % por peso de um solvente orgânico, como p. ex. xilol.

2. Elemento de rolamento segundo a reivindicação 1, **caracterizado pelo facto** de o verniz anti-fricção possuir uma composição seca de 35 % por peso de resina poliamida imida, 45 % por peso de MoS_2 e 20 % por peso de grafite.

3. Elemento de rolamento (1) segundo a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo facto** de conter pequenas chapas MoS_2 que são selecionadas com um comprimento médio a partir de uma variação com um limite inferior de $10\mu\text{m}$ e um limite superior de $40\mu\text{m}$ e uma largura média selecionada a partir de uma variação com um limite inferior de $10\mu\text{m}$ e um limite superior de $40\mu\text{m}$ e uma altura média selecionada a partir de uma variação com um limite inferior de 2 nm e um limite superior de 20 nm.

4. Elemento de rolamento (1) segundo uma das reivindicações de 1 a 3, **caracterizado pelo facto** de o grafite possuir um tamanho de partículas selecionado a partir de uma variação com um limite inferior de $2\mu\text{m}$ e um limite superior de $8\mu\text{m}$.

5. Elemento de rolamento (1) segundo uma das reivindicações de 1 a 4, **caracterizado pelo facto** de a camada metálica de rolamento (3) ser constituída por uma liga selecionada a partir de um grupo que engloba ligas à base de alumínio, ligas à base de estanho, ligas à base de chumbo, ligas à base de cobre, ligas à base de CuPb, ligas à base de AlSn, ligas à base de AlZn, AlSi, AlSnSi, CuAl, CuSn, CuZn, CuSnZn, CuZnSn, CuBi e AlBi.

6. Elemento de rolamento (1) segundo uma das reivindicações de 1 a 5, **caracterizado pelo facto** de a camada metálica de rolamento (3) se encontrar diretamente sobre o corpo de apoio (2).

7. Elemento de rolamento (1) segundo uma das reivindicações de 1 a 6, **caracterizado pelo facto** de uma superfície da camada de polímero (4) apresentar um valor aritmético de aspereza R_a segundo DIN EN ISO 4287, selecionado a partir de uma variação com um limite inferior de $0,2\mu\text{m}$ e um limite superior de $1,5\mu\text{m}$.

8. Elemento de rolamento (1) segundo uma das reivindicações de 1 a 7, **caracterizado pelo facto** de uma superfície da camada de polímero (4) apresentar uma altura máxima do perfil de aspereza R_z segundo DIN EN ISO 4287, selecionado a partir de uma variação com um limite inferior de $0,5\mu\text{m}$ e um limite superior de $10\mu\text{m}$.

9. Elemento de rolamento (1) segundo uma das reivindicações de 1 a 8, **caracterizado pelo facto** de a camada de polímero (4) possuir uma espessura média seleccionada a partir de uma variação com um limite inferior de 1µm e um limite superior de 40µm.

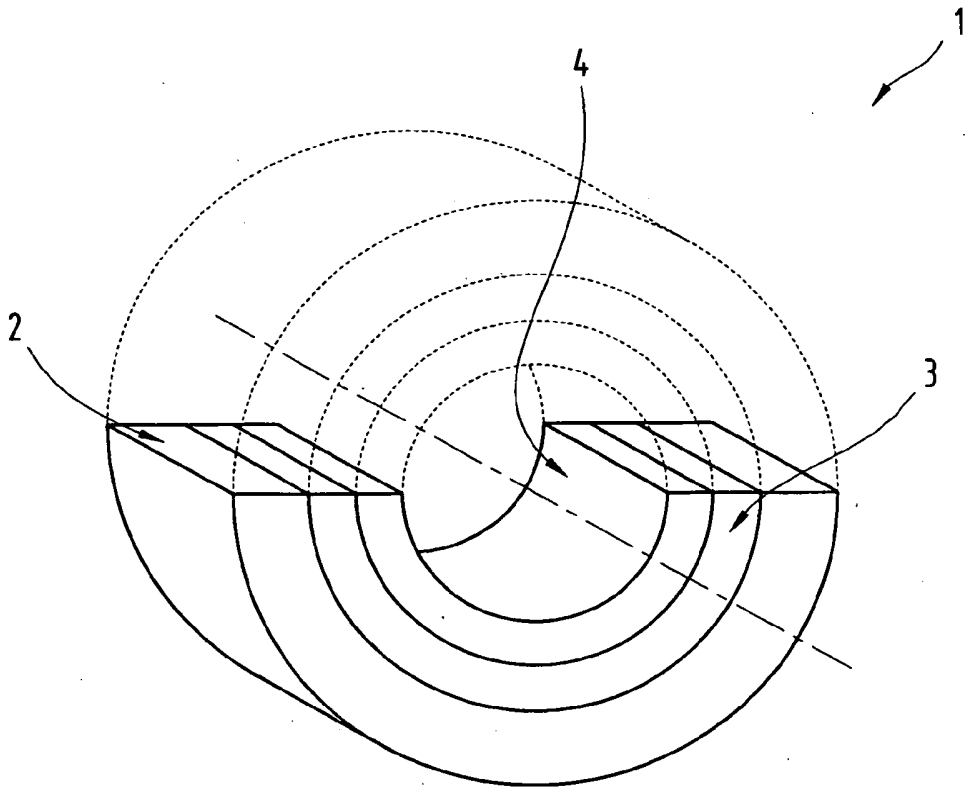
10. Elemento de rolamento (1) segundo uma das reivindicações de 1 a 9, **caracterizado pelo facto** de a camada de polímero (4) possuir uma dureza segundo Vickers seleccionada a partir de uma variação com um limite inferior de 20 HV e um limite superior de 45 HV.

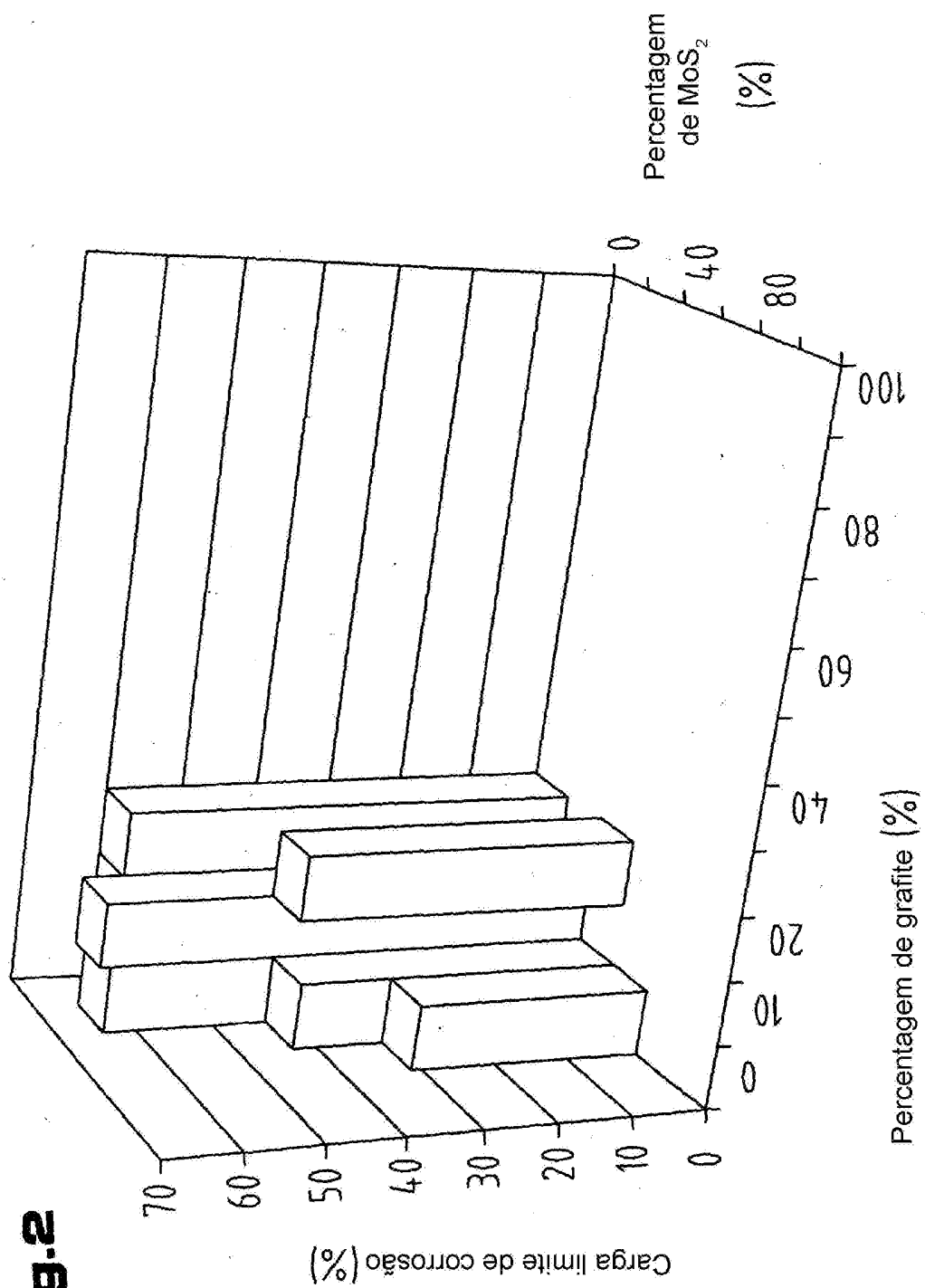
11. Elemento de rolamento (1) segundo uma das reivindicações de 1 a 10, **caracterizado pelo facto** de ser constituído como um semi-casquilho de rolamento anti-fricção ou anel de impulso ou bucha de rolamento.

12. Motor com um veio que está alojado por pelo menos um elemento de rolamento (1), em que o elemento de rolamento (1) inclui pelo menos um corpo de apoio metálico (2) e uma camada metálica de rolamento (3) disposta por cima, em que para impedir a transmissão de material do veio para o elemento de rolamento (1), com o veio parado, se encontra sobre a camada metálica de rolamento (3) e/ou sobre o veio uma camada de polímero (4) **caracterizado pelo facto** de a camada de polímero (4) ser formada por um verniz anti-fricção, que no estado molhado é composto por 60 % por peso até 80 % por peso de resina poliamida imida, 15 % por peso até 25 % por peso de dissulfeto de molibdénio (MoS₂) e 5 % por peso até 15 % por peso de grafite, em que a percentagem molhada de resina poliamida imida de 60 % por peso até 80 % por peso contém uma percentagem de 40 % por peso até 80 % por peso de um solvente orgânico, como p. ex. xilol.

13. Motor segundo a reivindicação 13, **caracterizado pelo facto de** o elemento de rolamento (1) ser constituído segundo uma das reivindicações 1 até 11.

Fig.1



**Fig.2**