

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

(11) **PI0400264-4 B1**

(22) Data de Depósito: 10/03/2004  
(45) Data da Concessão: 23/08/2011  
(RPI 2120)



\* B R P I 0 4 0 0 2 6 4 B 1 \*

(51) *Int.Cl.:*  
C22C 21/00 2006.01

---

(54) Título: **LIGA DE ALUMÍNIO FUNDIDO, CAMADA BASE FEITA A PARTIR DE UMA LIGA DE ALUMÍNIO PARA UM ELEMENTO DE MANCAL E ELEMENTO DE MANCAL.**

(30) Prioridade Unionista: 14/03/2003 AT A 404/2003

(73) Titular(es): Miba Gleitlager GmbH

(72) Inventor(es): Markus Manner, Robert Mergen

**LIGA DE ALUMÍNIO FUNDIDO, CAMADA BASE FEITA A PARTIR DE UMA  
LIGA DE ALUMÍNIO PARA UM ELEMENTO DE MANCAL E ELEMENTO DE  
MANCAL**

Esta invenção refere-se a uma liga de alumínio  
5 fundido com uma matriz de alumínio na qual estão  
incorporadas uma fase macia e partículas duras, a fase  
macia sendo um elemento de um primeiro grupo de elementos  
que consiste em estanho, antimônio, índio e bismuto e as  
partículas duras sendo escândio e/ou zircônio e pelo menos  
10 um elemento de um segundo grupo de elementos que consiste  
em cobre, manganês, cobalto, cromo, zinco, magnésio,  
silício e ferro, assim como escândio e/ou zircônio ou fases  
intermetálicas de escândio, zircônio com alumínio ou  
alumínio com os elementos do segundo grupo, uma camada base  
15 para um elemento de mancal feito a partir daquela, que pode  
estar posicionado entre um invólucro protetor e uma camada  
de rolamento do elemento de mancal, assim como um elemento  
de mancal com um invólucro protetor, uma camada de  
rolamento e uma camada base posicionada entre aqueles.

20 Ao lado de muitas outras tendências de  
desenvolvimento na indústria atual de construção de  
motores, existem dois aspectos principais que podem ser  
apontados. Antes de tudo, os motores estão-se tornando cada  
vez mais potentes e, em segundo lugar, estes motores estão-  
25 se tornando cada vez mais leves. O denominado "carro de  
três litros", que é anunciado nas diversas mídias a  
intervalos regulares, é um exemplo desta tendência. Estas  
especificações adotadas pela indústria automobilística  
tiveram um impacto nas diversas indústrias de fornecimento  
30 de acessórios, tais como os fabricantes de elementos de

mancais, por exemplo. Como resultado, mancais, tais como mancais de deslize, foram conseqüentemente desenvolvidos em anos recentes. O ponto de partida foi originalmente o mancal de camada única, a partir do qual o atual mancal de múltiplas camadas foi desenvolvido com a finalidade de satisfazer os diversos requisitos colocados em tais mancais, tais como capacidade para suportar carga, capacidade de lubrificação, etc.. Este tipo de mancal consiste geralmente em um invólucro protetor (normalmente feito de aço) projetado para absorver tensão mecânica, sobre o qual é aplicada uma camada da respectiva liga de mancal. Outra camada fina, também conhecida como "revestimento", é geralmente colocada sobre a liga de mancal, a qual pode ser produzida de modo galvânico, por exemplo. Esta outra camada muito fina contém geralmente uma proporção muito elevada das chamadas fases macias, tais como chumbo ou estanho, por exemplo, que conferem a esta camada a capacidade para se adaptar e engastar material desgastado das peças a serem montadas, tais como eixos. Devido à espessura fina deste "revestimento", esta camada é também capaz de suportar mecanicamente um grau suficiente de tensão e funciona como a denominada camada de rolamento. A camada metálica inferior de mancal garante que o mancal também permaneça em funcionamento mesmo se a camada de rolamento estiver excessivamente gasta, finalidade esta para a qual esta camada metálica de mancal contém também uma proporção adequada das chamadas fases macias. Com a finalidade de impedir que as fases macias migrem da camada de rolamento para dentro da camada metálica de mancal, impedindo deste modo um grau de fragilidade que ocorreria

em caso contrário, pode ser propiciada uma barreira entre o metal de rolamento e de mancal para impedir migração, por exemplo, de estanho. Esta barreira de difusão pode ser feita de níquel.

5           É também prática comum aplicar uma película denominada de aglutinação entre o invólucro protetor e o metal de mancal, com a finalidade de compensar as propriedades específicas para os materiais das duas camadas com o objetivo de obter coesão suficiente do mancal, mesmo  
10 quando submetido a grande tensão. Esta película de aglutinação pode ser feita de alumínio, por exemplo.

Um mancal deste tipo é conhecido a partir da especificação da patente WO 98/17833 A. Esta patente WO-A descreve especialmente uma liga de alumínio para uma  
15 camada, especificamente para um mancal de deslize, que é isenta de silício exceto para as impurezas que resultam do processo de fundição e, além de estanho, contém como elemento principal de liga, pelo menos um elemento do grupo de elementos que consiste em chumbo e bismuto, por um lado,  
20 e do grupo que consiste em magnésio e zinco, por outro. A proporção mínima de estanho é 16% em peso. Todos os outros elementos na liga estão limitados a no máximo 11% em peso. A proporção do elemento respectivo do grupo que também contém antimônio e índio além de chumbo e bismuto está  
25 entre 10% e 75% da solubilidade máxima do respectivo elemento em relação ao teor total de estanho.

A partir dos fundamentos da técnica, foi sugerido - por exemplo, na especificação da patente WO 97/22725 A - que, com a finalidade de melhorar as propriedades  
30 tribológicas, as ligas de alumínio para mancais de deslize,

que contêm estanho como elemento principal da liga, devam conter uma substância dura adicionada selecionada a partir de pelo menos um elemento do grupo que consiste em ferro, manganês, níquel, cromo, cobalto, cobre, platina, magnésio e antimônio com a finalidade de criar fases intermetálicas, por exemplo, aluminidos, nas regiões de fronteira da matriz, em cujo caso outro elemento de um segundo grupo de elementos que consiste em manganês, antimônio, cromo, tungstênio, nióbio, vanádio, cobalto, prata, molibdênio e zircônio deve ser adicionado como um substituto para uma parte de pelo menos uma substância dura do primeiro grupo de elementos com a finalidade de aumentar aluminidos quase esféricos ou cúbicos. Isto reduz o efeito de entalhe destas partículas duras, de modo que a liga de alumínio possa conter uma maior proporção de fases macias, o que também especificamente melhora a resistência ao atrito.

As propriedades que podem ser alcançadas a partir de metais de mancais representam sempre soluções de compromisso. Por um lado é desejável melhorar a resistência de tais metais de mancais ou ligas de metais de mancais ao atrito pelo aumento dos materiais macios tais como estanho ou chumbo, como descrito acima, mas isto pode apenas ser obtido à custa de resistência a tensão mecânica. Com a finalidade de aumentar a resistência a tensão mecânica, foi sugerido no estado da técnica que fosse adicionado silício, entre outros materiais, à liga. Uma liga deste tipo é conhecida a partir da especificação de patente DE 197 30 549 A1. Esta patente DE-A1 descreve uma liga de alumínio que contém entre 10% em peso e 25% em peso de estanho, assim como cobre, níquel e manganês adicionados, que podem

ser adicionados à liga, respectivamente, em uma quantidade entre 0,2% em peso e 2,0% em peso. Esta liga de alumínio contém também silício em uma quantidade entre 0,2% em peso e 2,0% em peso e é especificado que a razão entre a proporção de cobre como uma percentagem em peso para a proporção de níquel como uma percentagem em peso e a proporção de manganês como uma percentagem em peso para a proporção de silício como uma percentagem em peso deva estar entre 0,6 e 1,5. O silício aumenta a dureza e reduz a susceptibilidade a desgaste corrosivo, impedindo a formação de fases não-ajustadas de alumínio-cobre-manganês, sendo ao invés formados aluminidos de níquel-cobre e aluminidos de manganês-silício preferidos. Depois de um tratamento térmico a 250°C, estes aluminidos são também finamente distribuídos.

Uma liga de alumínio-estanho que contém entre 7% e 20% de estanho é conhecida a partir da especificação de patente DE 43 32 433 A1. A liga de mancal contém adicionalmente até 4% de silício entre outros elementos de liga, tais como manganês, magnésio, vanádio, níquel, cromo, zircônio, cobre, antimônio ou titânio, por exemplo. Parece que o mecanismo pelo qual o silício faz com que a matriz endureça é devido ao fato de que cristaliza fora da matriz de alumínio na forma de partículas de silício, que deste modo aumenta a resistência de toda a liga de mancal. Uma vez que as partículas de silício estão distribuídas por toda a estrutura, apenas a matriz de alumínio macio na superfície fica desgastada, de modo que a superfície se torna microscopicamente irregular. Como resultado, as partículas de silício deixadas para trás como partículas

convexas são capazes de suportar uma carga elevada, enquanto simultaneamente preservam a propriedade de não se aglutinarem. As partes côncavas suportam o óleo de modo que as ligas de mancais são capazes de suportar cargas elevadas desde que tenham uma película fina de óleo e estejam em contato metal-com-metal. As partículas de silício finamente distribuídas satisfazem outra função pelo fato de que desgastam pequenas irregularidades e removem as rebarbas no eixo cooperativo, aumentando deste modo a resistência a desgaste corrosivo.

Já foram realizados testes com metais de transição, tal como escândio, por exemplo, para determinar se os mesmos produzem uma matriz mais dura quando adicionados a ligas de alumínio. Isto foi proposto no caso de ligas fundidas na especificação de patente WO 96/10099 A, onde o teor de escândio pode estar entre 0,01% em peso e 10% em peso.

O escândio foi também sugerido como um meio para produzir uma matriz mais dura no caso de ligas forjadas (vide, por exemplo, WO 96/10099 A), que são diferentes, e a especificação de patente WO 00/06787 A faz esta sugestão para uma liga metálica de mancal, enquanto que a especificação de patente WO 00/06788 A considera esta mesma técnica no caso de uma camada de aglutinação. Uma liga descrita em ambos os documentos acima mencionados pode conter, por exemplo, entre 0,15% em peso e 1,0% em peso de escândio, um total de 3% em peso de um dos elementos selecionados a partir de manganês, cobre ou zircônio, um total de 4% em peso de um dos elementos selecionados a partir de cromo, ferro e cobalto, assim como estanho em uma

quantidade de até 6,5% em peso. O efeito de endurecimento é baseado no fato de que o escândio forma as chamadas fases  $A_3M$  com alumínio e a distribuição finamente dispersa destas fases  $A_3M$  confere uma elevada ductilidade a estas ligas, que não obstante não apresentam acentuado comportamento de dureza. Apesar do fato de que a solidificação é reduzida devido ao processo de produção por tratamentos térmicos, estas ligas possuem valores elevados de resistência mecânica. A especificação de patente DE 36 40 698 A1 apresenta uma liga de mancal com uma base de alumínio que contém pelo menos um elemento com a finalidade de formar fases macias, selecionado a partir do grupo que consiste em chumbo, estanho, índio, antimônio ou bismuto, assim como silício como um elemento duro e outros elementos de reforço selecionados a partir do grupo que consiste em cobre, cromo, magnésio, manganês, níquel, zinco e ferro, assim como elementos de reforço selecionados a partir do grupo que consiste em titânio, boro, zircônio, vanádio, gálio, escândio, ítrio e elementos selecionados a partir das terras raras com números atômicos entre 57 e 71.

A especificação de patente DE 43 19 867 A apresenta um mancal de deslize de múltiplas camadas que, além de um invólucro protetor de aço e um revestimento que contém politetrafluoretileno, contém entre 5% em volume e 30% em volume de uma carga de enchimento de metal e entre 5% em volume e 40% em volume de fluoreto de polivinilideno e tem uma camada de mancal de bronze, tal como um bronze de estanho ou bronze de estanho-chumbo, posicionada entre aqueles.

Um mancal de múltiplas camadas comparável é conhecido

a partir da especificação de patente EP 0 005 560 A, sobre a camada metálica de suporte da qual uma camada base porosa é sinterizada, que contém entre 5% em peso e 25% em peso de chumbo, entre 5% em peso e 15% em peso de estanho, o  
5 restante sendo cobre, com politetrafluoretileno depositado por sua vez nos poros da camada base.

O objetivo da invenção é propor um mancal de deslize de múltiplas camadas de estrutura simplificada e pelo menos tão durável e com as mesmas propriedades tribológicas que  
10 mancais de deslize de múltiplas camadas convencionais.

Este objetivo é alcançado pela invenção, em cada caso independentemente, por meio de uma liga de alumínio do tipo descrito acima, na qual o(s) elemento(s) do primeiro grupo de elementos é(são) usado(s) em uma quantidade total de  
15 4,5% em peso máximo, o(s) elemento(s) do segundo grupo de elementos é(são) usado(s) em uma quantidade total de 8,5% em peso máximo, de preferência 3,5% em peso, escândio e zircônio estão presentes em uma quantidade total de 0,8% em peso máximo e o restante é alumínio e as impurezas usuais  
20 formadas durante a fundição, e por uma camada base feita a partir daquela e um elemento de mancal que incorpora uma camada base feita a partir de uma liga de alumínio proposta pela invenção. A vantagem resultante é que a composição da liga de alumínio proposta pela invenção é tal que o  
25 revestimento pode ser aplicado diretamente sobre a camada base, que está posicionada no invólucro protetor, que é feito de aço, por exemplo, que significa que a camada de aglutinação usada convencionalmente e a barreira de níquel podem ser dispensadas. A composição remove também a  
30 necessidade dos bronzes de chumbo usados como padrão em

mancais de alto desempenho, permitindo o uso de materiais e metais que são tão inofensivos quanto possível em termos das suas toxicidades e adequações para reciclagem. Em particular, pode ser dispensado o uso de ligas de chumbo. A

5 resistência e em particular a resistência dinâmica da aglutinação resultante podem ser produzidas para valores mais elevados que aqueles atualmente possíveis com mancais padrão de três camadas e usando aglutinação convencional de aço/AlZn<sub>4,5</sub>. As propriedades tribológicas são também

10 comparáveis com aquelas de AlSn<sub>6</sub>CuNi. Uma vantagem adicional é a elevada resistência à corrosão em contato com óleo pesado e durante uso em motores acionados a gás, assim como resistência a cavitação quando comparados com AlZn<sub>4,5</sub>. A aglutinação com aço pode ser produzida sem a necessidade

15 de uma camada intermediária que confira adesão. A camada base pode também ser usada para mancais de faíscação. Ainda outra vantagem é o fato de que o custo de fabricação destes tipos de elementos de mancais é comparável com aquele de mancais de múltiplas camadas padrão da mesma qualidade. A

20 liga de alumínio proposta pela invenção tem a resistência requerida para atrito devido à sua capacidade para deformação plástica, permitindo que a mesma se adapte a falhas e variações geométricas, isto é, mesmo se ocorrerem falhas no revestimento devido à tensão, o elemento de

25 mancal ainda poderá continuar a funcionar. É obtida uma tenacidade adequada da matriz por meio das fases A<sub>3</sub>M de escândio e zircônio com alumínio conhecida por aqueles versados na técnica.

Estas propriedades são ainda aperfeiçoadas devido ao

30 fato de que a proporção de fase macia na liga de alumínio é

pelo menos 0,1% em peso e a proporção do(s) elemento(s) do segundo grupo de elementos representa pelo menos um total de 0,1% em peso e a proporção de escândio e zircônio totais representa pelo menos 0,05% em peso, em particular 0,1% em peso, enquanto a proporção de zircônio está na faixa entre 0,01% em peso e 0,5% em peso, em particular na faixa entre 0,05% em peso e 0,23% em peso, e a proporção de escândio está entre 0,05% em peso e 0,5% em peso, em particular na faixa entre 0,05% em peso e 0,25% em peso.

Em uma modalidade vantajosa do elemento de mancal, a camada base está posicionada diretamente no invólucro protetor, o que simplifica conseqüentemente a estrutura.

É também possível usar uma liga com uma base de chumbo, estanho, bismuto, índio ou cobre para o revestimento, ou o revestimento pode ser uma camada de plástico, em particular selecionado a partir do grupo que consiste em poliamida 6, poliamida 66, POM, silicone, PEK, PI, TPI, PEEK, PPS, PVDF, PTFE, assim como suas misturas, permitindo que a liga de alumínio proposta pela invenção e o elemento de mancal que a contém sejam adaptados para uma ampla faixa de diferentes aplicações.

Será uma vantagem especial se a camada de plástico contiver um lubrificante sólido, tal como  $\text{MoS}_2$ , grafite ou similar, por exemplo, em cujo caso as propriedades de mancal desta camada plástica serão mais aperfeiçoadas, permitindo que o elemento de mancal seja usado sem qualquer lubrificante, ou apenas com uma quantidade mínima de lubrificante, tal como um óleo lubrificante ou uma graxa lubrificante, por exemplo.

Finalmente, o revestimento pode também ser propiciado

na forma de um verniz lubrificante.

Com a finalidade de fornecer uma clara compreensão, a invenção será descrita em maior detalhe abaixo com referência a exemplos ilustrados nos desenhos apensos. Dos  
5 diagramas esquemáticos simplificados:

a Fig. 1 ilustra um elemento de mancal na forma de um meio-invólucro de mancal de deslize;

a Fig. 2 é uma tabela que apresenta diversas ligas de alumínio propostas pela invenção;

10 a Fig. 3 é um gráfico com uma comparação de valores de tensão-alongamento para diversas ligas de alumínio.

Primeiramente, deve ser observado que as mesmas partes descritas em diferentes modalidades são representadas pelos mesmos números de referência e pelos  
15 mesmos nomes de componentes, e que as apresentações feitas por toda a descrição podem ser transpostas em termos de significar as mesmas partes que possuem os mesmos números de referência ou os mesmos nomes de componentes. Além disso, as posições escolhidas para a finalidade da  
20 descrição, tais como superior, inferior, lateral, etc., referem-se aos desenhos especificamente sendo descritos e podem ser transpostas em termos de se referirem a uma nova posição quando outra posição está sendo descrita. Aspectos individuais ou combinações de aspectos a partir de  
25 diferentes modalidades ilustradas e descritas podem ser considerados como soluções independentes da invenção ou soluções propostas pela invenção nos seus próprios direitos.

A Fig. 1 ilustra um elemento de mancal 1 proposto  
30 pela invenção na forma de um meio-invólucro de mancal de

deslize.

Deve ser observado neste momento, que a invenção não está restrita a elementos de mancais na forma de meios-invólucros de mancais de deslize e pode ser usada para outros elementos de mancais 1 do tipo feito a partir de liga de alumínio, tais como anéis de pressão, por exemplo. Além disso, podem ser produzidos elementos de mancais não apenas como meios-invólucros, mas também como invólucros inteiros.

O elemento de mancal 1 ilustrado na Fig. 1 é constituído de um invólucro protetor 2, uma camada base 3 proposta pela invenção e uma camada de rolamento 4. O invólucro protetor 2 é geralmente feito de aço, mas pode naturalmente também ser feito de outros materiais similares que satisfaçam a mesma ou uma função similar, ou seja, propiciem a resistência mecânica requerida pelo elemento de mancal 1. A resistência mecânica do mancal 1 como um todo dependerá da respectiva aplicação para a qual será usada e, sendo este o caso, pode ser usada uma ampla variedade de ligas de cobre, tais como latão, bronzes, por exemplo. O invólucro protetor 2 também confere um certo grau de estabilidade dimensional.

A camada base 3 é feita da liga de alumínio proposta pela invenção. A mesma consiste em uma matriz de alumínio que incorpora pelo menos uma fase macia assim como partículas duras. A pelo menos uma fase macia é pelo menos um elemento selecionado a partir de um grupo de elementos que consiste em estanho, antimônio, índio e bismuto. As partículas duras são pelo menos um elemento selecionado a partir de um segundo grupo de elementos que consiste em

cobre, manganês, cromo e ferro ou os elementos escândio e/ou zircônio. Estas partículas duras podem também ser propiciadas na forma de fases intermetálicas que compreendem os últimos elementos ou os elementos do segundo grupo de elementos com alumínio ou fases intermetálicas que compreendem os referidos elementos.

As fases macias por um lado conferem à camada base 3 a capacidade para formar uma ligação suficientemente forte com a camada de rolamento 4 posicionada por cima e, por outro lado, conferem a necessária resistência ao atrito ao elemento de mancal 1, se ocorrer uma falha na camada de rolamento 4, enquanto o elemento de mancal 1 estiver em funcionamento, permitindo deste modo que a camada base 3 fique em contato quase direto com um componente a ser suportado, tal como um eixo, por exemplo. O elemento de mancal 1 é também tornado capaz de engastar quaisquer partículas que emirjam devido a desgaste quando o elemento de mancal 1 está em funcionamento. As partículas duras conferem a necessária resistência mecânica à liga de alumínio.

Ligas adequadas para a camada de rolamento 4 são aquelas com uma base de estanho, bismuto, índio ou alumínio e opcionalmente com uma base de chumbo ou uma base de CuPb e um teor elevado de chumbo. Ligas de estanho com um teor elevado de estanho oferecem vantagens específicas.

Metais de mancais com uma base de chumbo que podem ser usados incluem, por exemplo, PbSb10Sn6, PbSb15Sn10, PbSb15SnAs, PbSb14Sn9CuAs, PbSn10Cu2, PbSn18Cu2, PbSn10TiO2, PbSn9Cd e PbSn10.

Metais de mancais com uma base de estanho incluem

SnSb8Cu4 e SnSb12Cu6Pb, por exemplo.

A camada de rolamento 4, por outro lado, pode também ser feita a partir de um revestimento de plástico. Exemplos especialmente vantajosos são poliamida 6, poliamida 66, polioximetileno (POM), diversos silicones, poliaril éter cetona (PEK), poliimida (PI), TPI, poliaril éter éter cetona (PEEK), polifenileno sulfeto (PPS), polivinilideno difluoreto (PVDF), politetraflúoretileno (PTFE) e diversas suas misturas.

Se a capacidade de deslizamento do plástico isolado não for suficientemente boa, é vantajoso adicionar lubrificantes sólidos, tais como dissulfeto de molibdênio ( $\text{MoS}_2$ ), grafite ou similar, aos diversos plásticos. Podem também ser adicionadas quantidades de diversos silicones.

Podem também ser usados outros aditivos com a finalidade de aumentar a resistência mecânica da camada plástica, tais como matrizes fibrosas, tais como fibras de aramida, por exemplo, ou substâncias duras tais como carbonetos, óxidos, nitritos, por exemplo.

A camada plástica pode também ser propiciada na forma de um verniz chamado lubrificante.

Tais plásticos permitem que se obtenham camadas de rolamento 4 com boas propriedades de deslizamento e antiatrito, que podem também ser usadas secas. As mesmas são distintas devido aos seus requisitos de baixa manutenção. É possível operar com apenas uma pequena quantidade de lubrificante, ou mesmo sem qualquer lubrificante. Pode ser usada opcionalmente água para fins de lubrificação, o que é de especial interesse se o elemento de mancal 1 proposto pela invenção for usado para

bombas, por exemplo. Além de oferecer uma redução correspondente de peso, verificou-se também ser baixa a susceptibilidade ao efeito de entalhe.

Além da aplicação descrita aqui, o elemento de mancal  
5 1 proposto pela invenção pode também ser usado para uma ampla gama de outras aplicações e pode ser usado em especial como um mancal de deslize ou como um anel de pressão na indústria automobilística.

Para as finalidades da invenção, a liga de alumínio  
10 proposta pela invenção contém o(s) elemento(s) do primeiro grupo de elementos em uma quantidade que totaliza um máximo de 4,5% em peso, o(s) elemento(s) do segundo grupo de elementos em uma quantidade máxima de 3,5% em peso, escândio e zircônio em uma quantidade total de 0,8% em peso  
15 máximo, o restante sendo alumínio e as impurezas usuais resultantes da fundição. É vantajoso se a proporção de fase macia, em outras palavras os elementos do primeiro grupo de elementos, representarem pelo menos 0,1% em peso. Do mesmo modo, verificou-se ser vantajoso se a proporção do(s)  
20 elemento(s) do segundo grupo de elementos representar pelo menos um total de 0,1% em peso. É também vantajoso se a proporção de escândio e zircônio também representar um total de pelo menos 0,1% em peso. A proporção de zircônio pode estar na faixa entre 0,05% em peso e 0,5% em peso, em  
25 particular na faixa entre 0,05% em peso e 0,23% em peso, e a proporção de escândio pode estar entre 0,05% em peso e 0,5% em peso, em particular na faixa entre 0,05% em peso e 0,25% em peso.

Os referidos valores dados para as faixas específicas  
30 devem ser entendidos como significando limites superiores e

inferiores das respectivas faixas, que também incluem as respectivas faixas periféricas entre 0,23% em peso e 0,5% em peso para zircônio e entre 0,25% em peso e 0,5% em peso para escândio.

5 O cobre é absorvido no alumínio como uma solução sólida, resultando em cristais mistos ricos em alumínio, que produzem ligas compostas endurecidas, que são deformáveis e facilmente conduzem as mesmas para laminação. O cobre tem também o efeito de endurecer a matriz devido ao  
10 endurecimento dos cristais mistos, pelo que  $\text{Al}_2\text{Cu}$  e  $\text{Al}_3\text{Zr}$  são formados independentemente um dos outro, de preferência a partir de alumínio e zircônio, de modo que a formação do núcleo resultante não é heterogênea. Estes cristalitos começam a separar-se mais ou menos ao mesmo tempo. O uso de  
15 cobre aumenta a resistência da liga de alumínio à fadiga e também melhora a resistência da liga de alumínio à corrosão devida ao efeito corrosivo de substâncias que contêm óleo.

Com a finalidade de melhorar as propriedades de dureza, é vantajoso adicionar ferro à liga de alumínio.  
20 Como explicado acima, do mesmo modo que escândio, o zircônio também forma as fases chamadas  $\text{Al}_3\text{M}$  com alumínio, permitindo solidificação por meio de fases duras intermetálicas. A adição de silício pode ser dispensada como resultado, sendo a vantagem o fato de que o efeito de  
25 entalhe provocado por teores elevados de silício pode ser pelo menos aliviado ou reduzido. Estes dois elementos ajudam também a produzir um grão mais fino devido à formação de tri-aluminidos.

A adição de manganês auxilia o endurecimento e  
30 aumenta a resistência à corrosão. Isto também permite que a

temperatura de recristalização seja aumentada. Também impede a formação de agulhas quebradiças pontudas de  $\text{Al}_3\text{Fe}$ , especialmente se o teor de ferro for baixo, uma vez que o ferro é absorvido pelos cristais de  $\text{AlMn}$  que são formados preferivelmente.

A adição de cobalto e cromo pode também ajudar a endurecer a liga de alumínio.

Os efeitos dos elementos individuais são conhecidos em princípio a partir do estado da técnica, por exemplo, a partir dos documentos mencionados acima. A utilização destes elementos para uma liga de alumínio, em especial para uma liga de alumínio fundido na referida faixa de quantidades, especialmente para uma camada base 3 posicionada entre o invólucro protetor 2 e a camada de rolamento 4 e que combina as referidas propriedades, por exemplo, propriedades antiatrito, adesão, propriedades anticorrosão, oferece vantajosamente a possibilidade de repartir com diversas outras camadas que são fornecidas como padrão em mancais de múltiplas camadas existentes, tais como barreiras para impedir migração, e estes efeitos nunca foram descritos até o momento.

Em outras modalidades da liga de alumínio, as composições são feitas como apresentado na Tabela 2 da Figura 2 e as suas propriedades são medidas.

Deve ser observado que as composições das ligas listadas na tabela não devem ser consideradas como limitativas do âmbito da invenção, uma vez que são dadas meramente como exemplos selecionados e as pessoas versadas na técnica estarão em posição, a partir da descrição apresentada aqui, de formar outros compostos dentro dos

limites especificados, sendo que estes compostos não são excludentes do âmbito protetor da patente.

Nos exemplos listados, verificou-se que as propriedades mecânicas da liga de alumínio permanecem  
5 essencialmente constantes dentro de uma largura de faixa especificada. Por largura de faixa pretende-se significar que é possível adaptar as propriedades para satisfazer uma finalidade específica, por exemplo, pela adição de um ou mais elementos em maior ou menor proporção. Ao adicionar  
10 uma grande proporção de cobre como especificado no exemplo 9, por exemplo, pode ser obtida maior tenacidade devido ao endurecimento dos cristais mistos.

O comportamento da tenacidade e as propriedades da liga de alumínio podem de modo geral ser otimizados para  
15 satisfazer a situação em termos do custo de variar os teores de escândio ou zircônio.

É também possível otimizar as propriedades da liga de alumínio em relação à adição dos elementos que formam a fase macia, uma vez que podem ser produzidas misturas  
20 adaptadas para o campo específico de aplicação, dependendo da ductilidade do elemento, que também têm até certo ponto uma maior resistência mecânica, além das propriedades desejadas antiatrito, embora não com o mesmo alcance que o obtido pelas partículas duras.

25 Foi também produzida uma liga de alumínio com base em uma composição que compreende  $\text{AlSn}_{1,3}\text{Sc}_{0,2}\text{Zr}_{0,26}\text{Fe}_{0,1}$  e o seu comportamento de tensão-alongamento foi medido e traçado em comparação com  $\text{AlSn}_{25}\text{CuMn}$  e  $\text{AlZn}_{4}\text{SiPb}$ . O resultado é apresentado na Fig. 3, na qual o alongamento  $\epsilon$   
30 é traçado sobre o eixo geométrico X e a tensão de tração

nominal  $\sigma_z$  [N/mm<sup>2</sup>] sobre o eixo geométrico Y. As medições foram realizadas em tiras preparadas de acordo com UN EN1002-1 utilizando amostras de tensão E 3 x 8 x 30 mm como especificado em DIN 50 120.

5           Como é claramente evidente a partir da Fig. 3, a liga de alumínio proposta pela invenção (curva mais acima) teve um alongamento de 0,1% comparado com AlZn4SiPb (curva mais abaixo) e apresentou valores significativamente mais elevados que AlSn25CuMn (curva intermediária) com efeito a  
10 partir de um alongamento de 0,05%. Em outras palavras, com a finalidade de obter o mesmo alongamento, a liga proposta pela invenção deve ser exposta a forças ou tensões significativamente maiores, isto é, a liga de alumínio tem uma resistência correspondentemente mais elevada que as  
15 ligas de alumínio com as quais foi comparada.

A um valor de 241 N/mm<sup>2</sup> comparado com um valor de 181 N/mm<sup>2</sup> para AlZn4SiPb, verificou-se que a resistência final de ruptura da liga proposta pela invenção foi significativamente maior, assim como foi o limite de  
20 elasticidade de 191 N/mm<sup>2</sup> comparado com 85 N/mm<sup>2</sup> para AlZn4SiPb.

Os valores correspondentes para AlSn25CuMn são 174 N/mm<sup>2</sup> para a resistência final de ruptura e 59 N/mm<sup>2</sup> para o limite de estabilidade.

25           Em resumo, pode portanto ser dito que as propriedades mecânicas podem ser melhoradas pela utilização da liga de alumínio proposta pela invenção enquanto preservando pelo menos propriedades antiatrito comparáveis, tais como as exigidas por elementos de mancais 1, especialmente para  
30 mancais de deslize.

A liga de alumínio e os elementos de mancais 1 feitos a partir daquela podem ser produzidos mediante utilização de métodos conhecidos do estado da técnica. Elementos puros ou elementos altamente puros são usados como materiais de partida. A liga de alumínio pode ser aplicada ao invólucro protetor por laminação, galvanização, por exemplo, eletro-galvanização, por exemplo. A camada de rolamento 4 pode ser aplicada sobre esta aglutinação pelos referidos métodos ou, alternativamente, por processos galvânicos por pulverização, etc..

Além de laminação, a camada plástica pode também ser aplicada por pulverização, imersão ou por impressão indireta (litografia). Podem também ser usados processos galvânicos.

Embora não absolutamente necessárias para os elementos de mancais 1 propostos pela invenção, diversas camadas intermediárias auxiliares podem naturalmente também ser propiciadas entre as camadas funcionais individuais, dependendo dos requisitos, tais como barreiras de difusão, camadas de alumínio puro, um isolamento de níquel, etc..

Por causa da disposição, deve finalmente ser observado que, com a finalidade de propiciar uma melhor compreensão da estrutura do elemento de mancal 1, o mesmo e as suas partes constituintes estão ilustrados até certo ponto fora de proporções e/ou em uma escala ampliada e/ou em uma escala reduzida.

Os objetivos individuais alcançados pela invenção podem ser encontrados nas descrições.

#### Lista de números de referência

1. Elemento de mancal

2. Invólucro protetor
3. Camada base
4. Camada de rolamento

**REIVINDICAÇÕES**

1. Liga de alumínio fundido com uma matriz de alumínio, que incorpora pelo menos uma fase macia e partículas duras, na qual a fase macia é pelo menos um elemento de um primeiro grupo de elementos que consiste em estanho, antimônio, índio e bismuto e as partículas duras são escândio e/ou zircônio e pelo menos um elemento de um segundo grupo de elementos que consiste em cobre, manganês, cobalto, cromo, zinco, magnésio, silício e ferro, e fases intermetálicas de escândio, zircônio com alumínio ou alumínio com os elementos do segundo grupo de elementos, caracterizada pelo fato de que o(s) elemento(s) do primeiro grupo de elementos está(ão) presente(s) em uma quantidade de um total de 4,5% em peso máximo, o(s) elemento(s) do segundo grupo de elementos está(ão) presente(s) em uma quantidade de um total de 8,5% em peso máximo, de preferência 3,5% em peso, escândio e/ou zircônio está(ão) presente(s) em uma quantidade de um total de 0,8% em peso máximo e o restante é alumínio com as impurezas usuais contidas na fundição.

2. Liga de alumínio, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a proporção da fase macia é pelo menos 0,1% em peso.

3. Liga de alumínio, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que a proporção do(s) elemento(s) do segundo grupo de elementos representa pelo menos um total de 0,1% em peso.

4. Liga de alumínio, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2 ou 3, caracterizada pelo fato de que a proporção de escândio e/ou zircônio é pelo menos um total

de 0,05% em peso, em especial 0,1% em peso.

5 5. Liga de alumínio, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3 ou 4, caracterizada pelo fato de que a proporção de zircônio está na faixa entre 0,01% em peso e 0,5% em peso, em especial na faixa entre 0,05% em peso e 0,23% em peso.

10 6. Liga de alumínio, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4 ou 5, caracterizada pelo fato de que a proporção de escândio está entre 0,05% em peso e 0,5% em peso, em especial na faixa entre 0,05% em peso e 0,25% em peso.

15 7. Camada base feita a partir de uma liga de alumínio para um elemento de mancal, que pode estar posicionada entre um invólucro protetor e uma camada de rolamento de um elemento de mancal, caracterizada pelo fato de que a liga de alumínio é conforme reivindicada em uma das reivindicações de 1 a 6.

20 8. Elemento de mancal, em especial um mancal de deslize ou anel de pressão, com um invólucro protetor, uma camada de rolamento e uma camada base posicionada entre aqueles, caracterizado pelo fato de que a camada base é feita a partir de uma liga de alumínio conforme reivindicada em uma das reivindicações de 1 a 6.

25 9. Elemento de mancal, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a camada base está posicionada diretamente sobre o invólucro protetor.

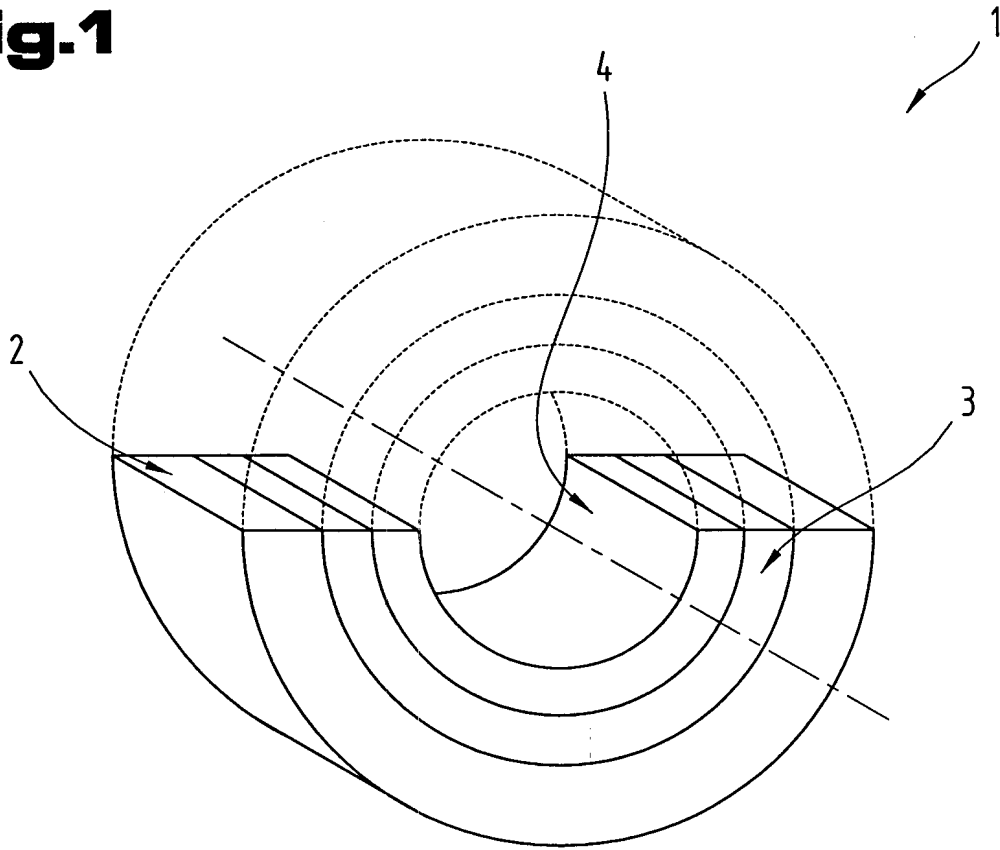
30 10. Elemento de mancal, de acordo com a reivindicação 8 ou 9, caracterizado pelo fato de que a camada de rolamento é feita a partir de uma liga a base de chumbo, estanho, bismuto, índio ou cobre.

11. Elemento de mancal, de acordo com a reivindicação 8 ou 9, caracterizado pelo fato de que a camada de rolamento é uma camada de plástico.

5 11, caracterizado pelo fato de que a camada de plástico é selecionada a partir de um grupo que consiste em poliamida 6, poliamida 66, POM, silicones, PEK, PI, TPI, PSEK, PPS, PVDF, assim como suas misturas.

10 11 ou 12, caracterizado pelo fato de que a camada de plástico contém um lubrificante sólido, tal como  $\text{MoS}_2$ , grafite, por exemplo.

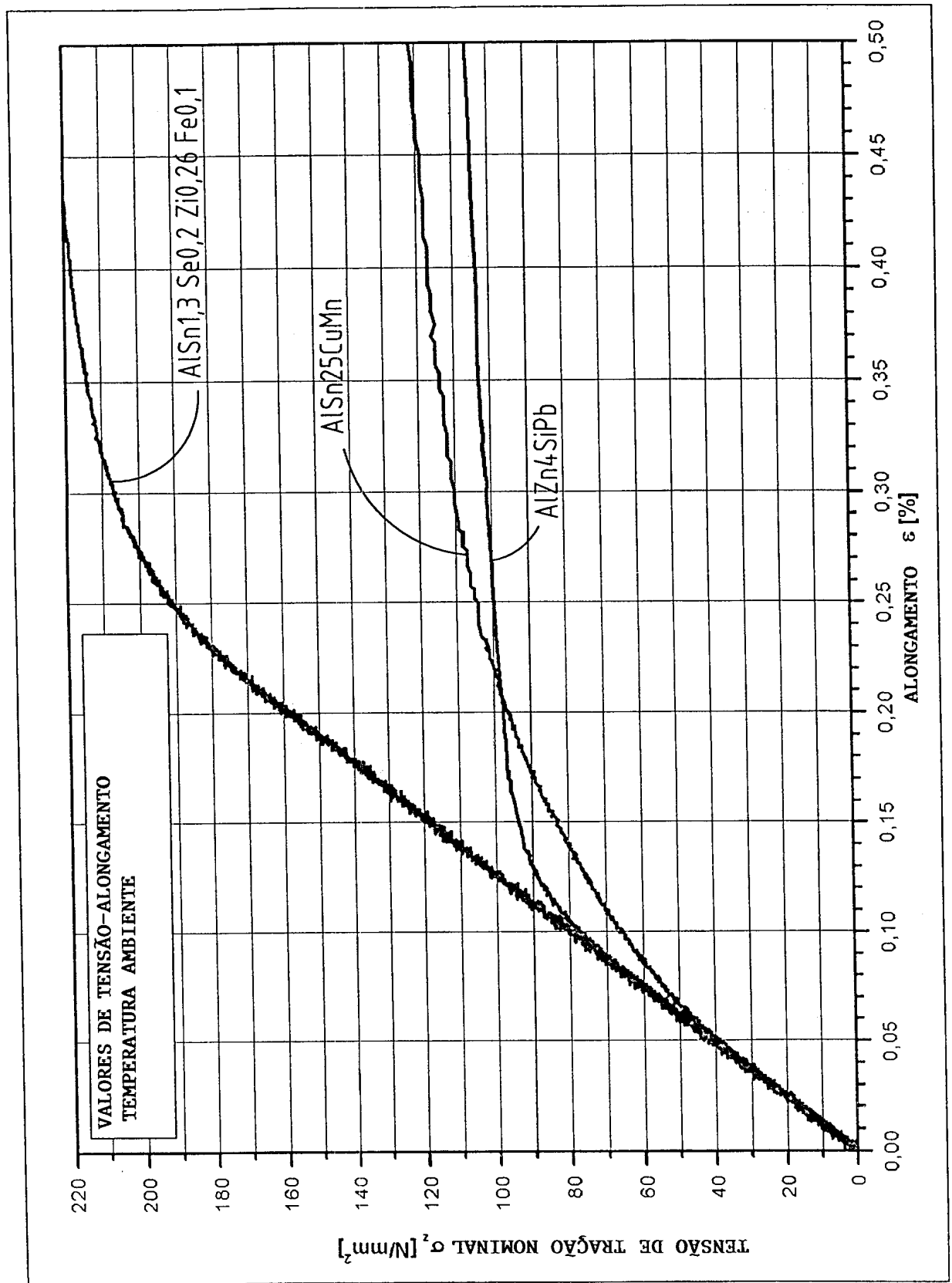
14. Elemento de mancal, de acordo com a reivindicação 8 ou 9, caracterizado pelo fato de que a camada de 15 rolamento é um verniz lubrificante.

**Fig.1**

**Fig.2**

|    | Sn  | Sb  | Jn  | Bi  | Cu  | Mn  | Co  | Cr  | Fe   | Sc   | Zr   | Al   |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 1  | 4,5 |     |     |     | 0,4 |     |     |     |      | 0,2  | 0,6  | Rest |
| 2  |     | 3,2 |     |     |     |     |     |     |      | 0,3  | 0,3  | Rest |
| 3  |     |     | 4,2 |     | 0,4 | 0,7 |     |     |      | 0,6  |      | Rest |
| 4  |     |     |     | 2,5 | 0,5 |     |     |     | 0,5  |      | 0,5  | Rest |
| 5  | 2,8 |     | 1,2 |     |     |     |     |     |      | 0,23 | 0,25 | Rest |
| 6  |     | 1,2 | 2,4 |     |     | 1,1 | 0,3 |     |      | 0,3  | 0,4  | Rest |
| 7  | 0,5 | 1,7 |     | 1,5 |     |     |     |     | 0,75 | 0,1  | 0,2  | Rest |
| 8  | 4,3 |     |     |     |     |     |     | 1,5 |      | 0,05 | 0,05 | Rest |
| 9  | 3,5 | 1,0 |     |     | 1,3 |     |     |     | 0,8  |      | 0,8  | Rest |
| 10 |     |     | 2,6 | 1,0 |     |     |     | 2,0 |      | 0,7  |      | Rest |

Fig.3



**LIGA DE ALUMÍNIO FUNDIDO, CAMADA BASE FEITA A PARTIR DE UMA  
LIGA DE ALUMÍNIO PARA UM ELEMENTO DE MANCAL E ELEMENTO DE  
MANCAL**

A invenção refere-se a uma liga de alumínio fundido  
5 com uma matriz de alumínio, na qual pelo menos uma fase  
macia e partículas duras estão incorporadas, a fase macia  
sendo pelo menos um elemento de um primeiro grupo de  
elementos que consiste em estanho, antimônio, índio e  
bismuto e as partículas duras sendo escândio e/ou zircônio  
10 e pelo menos um elemento de um segundo grupo de elementos  
que consiste em cobre, manganês, cobalto, cromo, zinco,  
magnésio, silício e ferro, ou fases intermetálicas de  
escândio, zircônio com alumínio ou alumínio com os  
elementos do segundo grupo de elementos. O(s) elemento(s)  
15 do primeiro grupo de elementos está(ão) presente(s) em uma  
quantidade de um total de 4,5% em peso máximo, o(s)  
elemento(s) do segundo grupo de elementos está(ão)  
presente(s) em uma quantidade de um total de 8,5% em peso  
máximo e o escândio e/ou zircônio está(ão) presente(s) em  
20 uma quantidade de um total de 0,8% em peso máximo.