



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

(11) BR 112015010798-2 B1



(22) Data do Depósito: 14/11/2013

(45) Data de Concessão: 10/12/2019

(54) Título: MÉTODO PARA PRODUZIR UM COMPONENTE DE MOTOR, COMPONENTE DE MOTOR E USO DE UMA LIGA DE ALUMÍNIO

(51) Int.Cl.: C22C 21/02; B22D 18/04; B22D 21/00; F16J 1/01.

(30) Prioridade Unionista: 14/11/2012 DE 10 2012 220 765.1.

(73) Titular(es): FEDERAL-MOGUL NÜRNBERG GMBH.

(72) Inventor(es): ROMAN, MORGENSTERN; KLAUS, LADES; SCOTT, KENNINGLEY; PHILIPP, KOCH; ROBERT, WILLARD; RAINER, WEISS; ISABELLA, SOBOTA; MARTIN, POPP.

(86) Pedido PCT: PCT EP2013073812 de 14/11/2013

(87) Publicação PCT: WO 2014/076174 de 22/05/2014

(85) Data do Início da Fase Nacional: 12/05/2015

(57) Resumo: MÉTODO PARA PRODUZIR UM COMPONENTE DE MOTOR, COMPONENTE DE MOTOR E USO DE UMA LIGA DE ALUMÍNIO" É descrito um método para a produção de um componente de motor, mais particularmente, de um pistão para um motor de combustão interna, em que uma liga de alumínio é derramada por processo de fundição por gravidade em coquilha e em que a liga de alumínio compreende como elemento de liga 9 a 10,5 % em peso de silício, > 2,0 a 3,5% em peso de níquel, > 3,7 a 5,2% em peso de cobre, 1% em peso de cobalto, de 0,5 a 1,5% em peso de magnésio, 0,1 a 0,7% em peso de ferro, 0,1 a 0,4% em peso de manganês, > 0,1 a 0,2% em peso de zircônio, > 0,1 a 0,2% em peso de vanádio, 0,05 a 0,2% em peso de titânio, 0,004 a 0,008% em peso de fósforo, em que o restante é de alumínio e de impurezas inevitáveis. A invenção descreve ainda um componente de motor, em especial um pistão para um motor de combustão interna, em que o componente de motor consiste, pelo menos parcialmente, de uma liga de alumínio, e o uso de uma liga de alumínio para produzir um componente de motor, mais particularmente um pistão de um motor de combustão interna.

"MÉTODO PARA PRODUZIR UM COMPONENTE DE MOTOR, COMPONENTE DE MOTOR E USO DE UMA LIGA DE ALUMÍNIO"

Campo da Invenção

[001] A presente invenção se refere a um método para a produção e utilização de um componente de motor, em especial um pistão para um motor de combustão interna, em que uma liga de alumínio é derramada por processo de fundição por gravidade em coquilha, a um componente de motor que consiste pelo menos parcialmente de uma liga de alumínio, e à utilização de uma liga de alumínio para produzir um tal componente de motor.

Estado da Técnica

[002] Nos últimos anos, tem havido uma crescente demanda para meios de transporte particularmente econômicos e ecológicos que precisam atender elevados requisitos de consumo e de emissões. Além disso, existe sempre a necessidade de conceber mecanismos que sejam tão elevados no rendimento e baixos em consumo quanto possível. Um fator decisivo para o desenvolvimento de motores de combustão interna de alto desempenho e baixo nível de emissões são pistões que possam ser usados sob temperaturas e pressões de combustão cada vez mais elevadas, o que é, essencialmente, possibilitado por materiais de pistão com desempenhos cada vez mais elevados.

[003] Fundamentalmente um pistão para um motor de combustão interna precisa ter uma alta resistência ao calor, devendo ao mesmo tempo ser tão leve e resistente quanto possível. Deste modo, é de particular importância como a

distribuição microestrutural, a morfologia, a composição e a estabilidade térmica de fases altamente resistentes ao calor estão configuradas. Uma otimização, a este respeito normalmente leva em consideração um teor mínimo de poros e de inclusões de óxido.

[004] O material procurado deve ser otimizado, tanto no que se refere à resistência à fadiga isotérmica (HCF) quanto no que diz respeito à resistência à fadiga termomecânica (TMF). A fim de conceber a TMF de forma otimizada, deve-se sempre objetivar uma microestrutura do material a mais fina possível. Uma microestrutura fina reduz o risco de ocorrência de microplasticidade e/ou microfissuras em fases primárias relativamente grandes (em particular em precipitados primários de silício) e, portanto, também o risco de início e crescimento de fissuras.

[005] Sob esforços TMF, ocorrem, em fases primárias relativamente grandes, em particular em precipitados de silício primário, devido aos diferentes coeficientes de expansão dos componentes individuais da liga, ou seja, da matriz e das fases primárias, microplasticidades e/ou microfissuras que podem reduzir consideravelmente a vida útil do material de pistão. A fim de aumentar a vida útil, é conhecido manter as fases primárias tão pequenas quanto possível.

[006] No emprego de fundição por gravidade em coquilha, há um limite máximo de concentração até o qual elementos de liga devem ser introduzidos, e se esse limite for ultrapassado, a fluidez da liga é reduzida ou vazamento da liga se torna impossível. Além disso, em concentrações

muito elevadas de melhoramento da resistência dos elementos ocorre formação de grandes fases intermetálicas em forma de placa, as quais reduzem drasticamente a resistência à fadiga.

[007] DE 44 04 420 A1 descreve uma liga que pode ser usada particularmente para pistões e componentes, os quais são expostos a altas temperaturas e são submetidos a altas tensões mecânicas. A liga de alumínio descrita compreende 8,0 a 10,0% em peso de silício, 0,8 a 2,0% em peso de magnésio, 4,0 a 5,9% em peso de cobre, 1,0 a 3,0% em peso de níquel, 0,2 a 0,4% em peso de manganês, menos do que 0,5% em peso de ferro, bem como pelo menos um elemento selecionado a partir de antimônio, zircônio, titânio, estrôncio, cobalto, cromo e vanádio, em que pelo menos um destes elementos está presente em uma quantidade de $> 0,3\%$ em peso e a soma desses elementos é $< 0,8\%$ em peso.

[008] EP 0 924 310 B1 descreve uma liga de alumínio/silício que é usada para produzir pistões, particularmente pistões para motores de combustão interna. A liga de alumínio tem a seguinte composição: 10,5 a 13,5% em peso de silício, de 2,0 a menos de 4,0% em peso de cobre, 0,8 a 1,5% em peso de magnésio, 0,5 a 2,0% em peso de níquel, 0,3 a 0,9% em peso de cobalto, pelo menos 20 ppm de fósforo e, ou 0,05 a 0,2% em peso de titânio ou até 0,2% em peso de zircônio e/ou até 0,2% em peso de vanádio, e como resto alumínio e impurezas inevitáveis.

[009] O documento WO 00/71767 A1 descreve uma liga de alumínio que é adequada para aplicações a altas temperaturas, tais como, por exemplo, pistões altamente solicitados ou outras utilizações em motores de combustão

interna. A liga de alumínio é, assim, composta pelos seguintes elementos: 6,0 a 14,0% em peso de silício, 3,0 a 8,0% em peso de cobre, 0,01 a 0,8% em peso de ferro, 0,5 a 1,5% em peso de magnésio, 0,05 a 1,2 % em peso de níquel, 0,01 a 1,0% em peso de manganês, 0,05 a 1,2% em peso de titânio, 0,05 a 1,2% em peso de zircônio, 0,05 a 1,2% em peso de vanádio, 0,001 a 0,10% em peso de estrôncio, e alumínio como resto.

[010] DE 103 33 103 B4 descreve um pistão produzido a partir de uma liga de alumínio fundido, a referida liga de alumínio fundido contendo: 0,2% ou menos em peso de magnésio, 0,05 a 0,3% em peso de titânio, 10 a 21% em peso de silício, 2 a 3,5% em peso de cobre, 0,1 a 0,7% em peso de ferro, 1 a 3% em peso de níquel, 0,001 a 0,02% em peso de fósforo, 0,02 a 0,3% em peso de zircônio, sendo o resto alumínio e impurezas. Além disso, está descrito que o tamanho da inclusão de um não-metal presente no interior do pistão é inferior a 100 µm.

[011] EP 1 975 262 B1 descreve uma liga de alumínio fundido que consiste de: 6 a 9% de silício, 1,2 a 2,5% de cobre, 0,2 a 0,6% do magnésio, 0,2 a 3% de níquel, 0,1 a 0,7% do ferro, 0,1 a 0,3% de titânio, 0,03 a 0,5% de zircônio, 0,1 a 0,7% de manganês, 0,01 a 0,5% de vanádio, e um ou mais dos seguintes elementos: 0,003 a 0,05% de estrôncio, 0,02 a 0,2% de antimônio, e 0,001 a 0,03% de sódio, com a quantidade total de titânio e de zircônio sendo inferior a 0,5% e alumínio e impurezas inevitáveis que constituem o restante quando a quantidade total é fixada em 100% em peso.

[012] O documento WO 2010/025919 A2 descreve um método para a produção de um pistão de um motor de combustão interna, em que um pistão em bruto é fundido a partir de uma liga de alumínio/silício com a adição de teores de cobre e é, em seguida, acabado. A invenção prevê assim que o teor de cobre não é mais do que 5,5% da liga de alumínio-silício e que o teor de titânio (Ti), zircônio (Zr), cromo (Cr) e/ou vanádio (V) são misturados à liga de alumínio/silício, e a soma de todos os componentes é de 100%.

[013] O pedido de patente DE 10 2011 083 969 refere-se a um método para produzir um componente de motor, em especial um pistão para um motor de combustão interna, em que uma liga de alumínio é vazada usando processo de fundição por gravidade em coquilha, bem como a um componente de motor que consiste pelo menos parcialmente, de uma liga de alumínio, e à utilização de uma liga de alumínio para a produção de um componente de motor. A liga de alumínio compreende, assim, os seguintes elementos de liga: 6 a 10% em peso de silício, 1,2 a 2% em peso de níquel, de 8 a 10% em peso de cobre, 0,5 a 1,5% em peso de magnésio, 0,1 para 0,7% em peso de ferro, 0,1 a 0,4% em peso de manganês, 0,2 a 0,4% em peso de zircônio, 0,1 a 0,3% em peso de vanádio, 0,1 a 0,5% em peso de titânio, com o restante sendo alumínio, bem como impurezas inevitáveis. Esta liga tem, preferivelmente, um teor de fósforo inferior a 30 ppm.

[014] JP 2004 256873 A descreve uma liga que compreende, em percentual em peso, 9,5 a 11,5% de Si, 5,0 a 7,7% de Cu, 3,5 a 5,5% de Ni, 0,55 a 1,5% de Mg, 0,003 e 0,1% P e 0,15 a 0,7% de Fe, e, se necessário, pelo menos um

dos seguintes metais 0,005 a 0,3% de Ti, 0,02 a 0,3% de Zr, 0,02 a 0,3% V, 0,001 a 0,1% de B e 0,1 a 0,7% de Mn, assim como, essencialmente, Al como resto.

[015] Além disso, JP 2000 204428 A refere-se a um pistão feito de uma liga de alumínio tendo de 11 a 16% de Si, 0,5 a 2,0% de Mg, 3 a 7% de cobre, 3 a 7% de Ni, 0,2 a 1,5% de Fe, 0,2 a 1,0% de Mn , 0,003 a 0,015% de P e \leq 0,002% de Ca, sendo que as impurezas podem ser contidas em uma quantidade de \leq 0,2%. Além disso, 0,01 a 0,3% de Ti, 0,0001 a 0,03% de B, 0,01 a 0,3% de Cr, 0,01 a 0,3% de Zr ou elementos semelhantes podem também estar presentes.

[016] Finalmente, o documento JP H8-134577 A descreve uma liga de alumínio que contém 1 a 7% de Cu, 10 a 16% de Si, 0,3 a 2% de Mg, 0,5 a 2% de Fe, 0,1 a 4% de Mn, 0,01 a 0,3% de Ti, 0,001 a 0,02% de P, 0,0001 a 0,02% de Ca e, além disso, se for necessário, 0,2 a 6% de Ni.

Descrição da Invenção

[017] Um objeto da presente invenção é proporcionar um método para produzir um componente de motor, em especial um pistão para um motor de combustão interna, em que uma liga de alumínio é fundida usando processo de fundição por gravidade em coquilha, de tal modo que um componente de motor altamente resistente ao calor pode ser produzido usando o processo de fundição por gravidade em coquilha.

[018] Este objetivo é resolvido pelo método de acordo com a reivindicação 1. Formas de realização preferidas adicionais da invenção são evidentes a partir das reivindicações dependentes a ela relacionadas.

[019] É um objeto adicional da invenção é proporcionar um componente de motor, em especial um pistão para um motor de combustão interna, que seja altamente resistente ao calor e, assim, é constituído, pelo menos parcialmente, de uma liga de alumínio.

[020] Este objetivo é resolvido pelo objeto da reivindicação 8 e outras concretizações preferidas são evidentes a partir das reivindicações dependentes a ela relacionadas.

[021] Em um método de acordo com a invenção, a liga de alumínio compreende os seguintes elementos de liga:

Silício:	9 % em peso	a	$\leq 10,5$ % em peso,
Níquel:	$> 2,0$ % em peso	a	$< 3,5$ % em peso,
Cobre:	$> 3,7$ % em peso	a	5,2 % em peso,
Cobalto:		a	< 1 % em peso,
Magnésio:	0,5 % em peso	a	1,5 % em peso,
Ferro:	0,1 % em peso	a	0,7 % em peso,
Manganês:	0,1 % em peso	a	0,4 % em peso,
Zircônio:	$> 0,1$ % em peso	a	$< 0,2$ % em peso,
Vanádio:	$> 0,1$ % em peso	a	$< 0,2$ % em peso,
Titânio:	0,05 % em peso	a	$< 0,2$ % em peso,
Fósforo:	0,004 % em peso	a	0,008 % em peso,

e como resto, alumínio e impurezas inevitáveis.

[022] A liga de alumínio compreende preferencialmente:

de $>$ aproximadamente 9 a \leq aproximadamente 10,5, ainda mais preferido $<$ cerca de 10, particularmente preferido

< cerca de 9,5, ou ainda mais preferido de aproximadamente 9,5 a aproximadamente 10,5% em peso de silício;

de > aproximadamente 2,3, ainda mais preferido > cerca de 3 a < cerca de 3,5, ou ainda mais preferido de cerca de 2,5, sendo particularmente preferido cerca de 2,9 a cerca de 3% em peso de níquel;

de > aproximadamente 3,8, ainda mais preferido > aproximadamente 4 e particularmente preferido > de cerca de 4,8 a cerca de 5,2, ou ainda mais preferida de > aproximadamente 3,7 a cerca de < 5, particularmente preferido < 4, ou ainda mais preferida de cerca de 4, sendo particularmente preferido cerca de 4,1 a cerca de 4,6% em peso de cobre;

de > aproximadamente 0,5 e ainda mais preferido > aproximadamente 0,9 a < aproximadamente 1% em peso de cobalto;

de cerca de 0,5 e ainda mais preferido > aproximadamente 0,6 e particularmente aproximadamente 0,7 a < cerca de 1,5, ainda mais preferido < cerca de 0,8 ou mais preferivelmente de > aproximadamente 1, ainda mais preferido > aproximadamente 1,3 a aproximadamente 1,5% em peso de magnésio;

de > aproximadamente 0,5, ainda mais preferido > aproximadamente 0,6 a aproximadamente 0,7 ou mais preferido cerca de 0,45 a cerca de 0,5% em peso de ferro;

de cerca de 0,1 a < 0,2 ou aproximadamente ainda preferido de > aproximadamente 0,25 a aproximadamente 0,4% em peso de manganês;

de cerca de 0,12, ainda mais preferido de aproximadamente 0,13 a aproximadamente 0,19% em peso de zircônio;

de cerca de 0,12 a cerca de 0,14% em peso de vanádio;

de cerca de 0,05 a < aproximadamente 0,15 ou mais preferivelmente de cerca de 0,11, sendo particularmente preferido cerca de 0,12, a cerca de 0,13% em peso de titânio;
e

de cerca de 0,005 a cerca de 0,006% em peso de fósforo.

[023] Por meio da liga de alumínio escolhida, é possível produzir um componente de motor usando o método de fundição por gravidade em coquilha, o qual tem uma elevada proporção de fases resistentes a altas temperaturas, termicamente estáveis, finamente distribuídas e uma microestrutura fina. A susceptibilidade à iniciação e crescimento de fissuras, por exemplo, no caso dos óxidos ou fases primárias, e o tempo de vida TMF-HCF, devido à seleção da liga de acordo com a invenção, é reduzida em comparação com os métodos conhecidos até agora para produção de pistões do motor e componentes semelhantes.

[024] A liga de acordo com a invenção, em particular seu teor comparativamente baixo de silício, também leva a que, pelo menos com um pistão produzido de acordo com a invenção, na área da borda do aro termicamente altamente solicitada, há menos silício primário e mais fino, de tal modo que o liga conduz a muito boas características de um pistão produzido de acordo com a invenção. Assim, componentes

de motores de alta resistência térmica são fabricados em processo de fundição por gravidade em coquilha. As proporções de cobre, zircônio, titânio e vanádio de acordo com a invenção, em particular os teores comparativamente elevados de zircônio, vanádio e titânio, produzem um teor vantajoso de precipitados que aumentam a resistência, sem, no entanto, causar grandes fases intermetálicas do tipo placa. Além disso, os teores de cobalto e de níquel de acordo com a invenção são vantajosos para o aumento da resistência ao calor da liga. O níquel contribui, assim, para formação de fases intermetálicas termicamente estáveis. Além disso, o cobalto aumenta a dureza e, em geral, a resistência da liga. O fósforo, como agente de nucleação, ajuda a assegurar ainda que os precipitados de silício primário sejam precipitados distribuídos o mais finamente e homogeneamente quanto possível.

[025] Vantajosamente, a liga de alumínio compreende de preferência 0,6% em peso a 0,8% em peso de magnésio, o que contribui, no intervalo de concentração preferido, em particular para uma eficiente formação de fases secundárias de aumento de resistência, sem a ocorrência de formação excessiva de óxido. A liga, além disso, em alternativa ou adicionalmente compreende de preferência 0,4% em peso a 0,6% em peso de ferro, o que reduz a tendência de adesão da liga no molde de fundição, com o que, na faixa de concentrações citada, a formação de fases em forma de placas continua a ser limitada.

[026] Vantajosamente, a relação de peso de ferro para de manganês na liga de alumínio é, no máximo, cerca de

5:1, de preferência cerca de 2,5:1. Nesta forma de realização, a liga de alumínio contém, assim, no máximo, cinco partes de ferro para uma parte de manganês, de preferência de aproximadamente 2,5 partes de ferro para uma parte de manganês. Particularmente são alcançadas vantajosas propriedades de resistência do componente de motor com esta relação.

[027] É ainda preferido que o total de níquel e de cobalto seja $> 2,0\%$ em peso e $< 3,8\%$ em peso. O limite inferior garante, assim, uma resistência vantajosa da liga e o limite superior assegura vantajosamente uma microestrutura fina e impede a formação de fases grosseiras, em forma de placa que possam reduzir a resistência.

[028] Vantajosamente, a liga de alumínio tem uma microestrutura fina com um baixo teor de poros e inclusões e/ou pouco e pequeno silício primário, em particular na área da borda do aro altamente solicitada. Assim, um baixo teor de poros, de preferência é entendido como uma porosidade de $< 0,01\%$, e pouco silício primário é entendido como $< 1\%$. Além disso, fina microestrutura é vantajosamente descrita como o comprimento médio do silicene primário sendo de cerca de $< 5\ \mu\text{m}$ e o comprimento máximo do mesmo é de cerca de $< 10\ \mu\text{m}$, e as fases intermetálicas e/ou precipitados primários têm comprimentos de, em média, cerca de $< 30\ \mu\text{m}$ e, no máximo, $< 50\ \mu\text{m}$.

[029] Além disso, é preferido que a liga de alumínio, em especial na área da borda do aro, tenha um valor médio de uma área de precipitados de silício $<$ cerca de $100\ \mu\text{m}^2$ e/ou

um valor médio de uma área de uma das fases intermetálicas de < cerca de 200 μm^2 .

[030] A caracterização da microestrutura da liga de alumínio ocorre preferencialmente por meio de análise quantitativa microestrutural. Uma seção metalográfica é em primeiro lugar preparada para este efeito e as micrografias correspondentes são tomadas usando microscopia óptica, em particular da área da borda do aro particularmente, tecnologicamente importante. Para isso, por exemplo, pode ser utilizado um microscópio de luz inversa. Para tal, imagens individuais tomadas, com uma ampliação definida, são, em seguida, montadas por computador em uma área (por exemplo, 5,5 mm x 4.1 mm), e as superfícies e as proporções de fases específicas da área são determinadas por meio de software de processamento de imagem.

[031] A microestrutura fina em particular contribui para melhorar a resistência à fadiga termomecânica. A limitação do tamanho das fases primárias pode reduzir a susceptibilidade à iniciação e crescimento de fissuras e, assim, aumentar significativamente a vida útil TMF-HCF. Devido ao efeito de entalhe de poros e inclusões, é, além disso, particularmente vantajoso manter o seu teor baixo.

[032] Um componente de motor de acordo com a invenção consiste, pelo menos em parte, de uma das ligas de alumínio acima mencionadas. Um outro aspecto independente da presente invenção reside na utilização da liga de alumínio acima referida, para a produção de um componente de motor, em especial um pistão de um motor de combustão interna. A liga

de alumínio descoberta é, assim, em particular processada usando a processo de fundição por gravidade em coquilha.

Exemplos

[033] Para a liga de alumínio descrito acima são um exemplo uma liga 1 possuindo 10,5% em peso de silício; 3% em peso de níquel; 4,1% em peso de cobre; 0,7% em peso de magnésio; 0,5% em peso de ferro; 0,2% em peso de manganês; 0,13% em peso de zircônio; 0,12% em peso de vanádio; 0,13% em peso de titânio e 0,006% em peso de fósforo, uma liga 2 possuindo 9,5% em peso de silício; 2,9% em peso de níquel; 4,0% em peso de cobre; 0,7% em peso de magnésio; 0,45% em peso de ferro; 0,2% em peso de manganês; 0,12% em peso de zircônio; 0,12% em peso de vanádio; 0,12% em peso de titânio e 0,006% em peso de fósforo, e uma liga 3 tendo 9,5% em peso de silício; 2,5% em peso de níquel; 4,6% em peso de cobre; 0,7% em peso de magnésio; 0,45% em peso de ferro; 0,2% em peso de manganês; 0,19% em peso de zircônio; 0,14% em peso de vanádio; 0,11% em peso de titânio e 0,005% em peso de fósforo, com alumínio e inevitáveis impurezas em cada caso, constituindo o restante.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para a produção de um componente de motor, em especial um pistão para um motor de combustão interna, caracterizado pelo fato de que uma liga de alumínio é vazada usando processo de fundição por gravidade em coquilha,

em que a referida liga de alumínio é constituída pelos seguintes elementos de liga:

Silício:	9 % em peso	a	≤ 10.5 % em peso,
Níquel:	$> 2,0$ % em peso	a	$< 3,5\%$ em peso,
Cobre:	$> 3,7$ % em peso	a	5,2 % em peso,
Cobalto:		a	< 1 % em peso,
Magnésio:	0,5 % em peso	a	1,5 % em peso,
Ferro:	0,1 % em peso	a	0,7 % em peso,
Manganês:	0,1 % em peso	a	0,4 % em peso,
Zircônio:	$> 0,1$ % em peso	a	$< 0,2$ % em peso,
Vanádio:	$> 0,1$ % em peso	a	$< 0,2$ % em peso,
Titânio:	0,05 % em peso	a	$< 0,2$ % em peso,
Fósforo:	0,004 % em peso	a	0,008 % em peso,

com alumínio e impurezas inevitáveis constituindo o resto.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a liga de alumínio compreende, preferencialmente, 0,6% em peso a 0,8% em peso de magnésio.

3. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes 1 a 2, caracterizado pelo fato de que a liga de alumínio compreende, preferencialmente, 0,4% em peso a 0,6% em peso de ferro.

4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores 1 a 3, caracterizado pelo fato de que proporção em peso de ferro para manganês na liga de

alumínio é, no máximo, de 5:1, de preferência, a proporção em peso de ferro para manganês é de 2,5:1.

5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o total de níquel e cobalto é de preferência $> 2,0\%$ em peso e $< 3,8\%$ em peso.

6. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores 1 a 5, caracterizado pelo fato de que a liga de alumínio tem uma microestrutura fina com um baixo teor de poros e inclusões e/ou pouco e pequeno silício primário, em particular na área de borda do aro, em que a porosidade é $< 0,01\%$ e/ou o teor de silício primário é $< 1\%$, em que o silício primário tem comprimentos de, em média, $< 5 \mu\text{m}$ e/ou comprimentos máximos de $< 10 \mu\text{m}$, e as fases intermetálicas e/ou precipitados primários possuem comprimentos de, em média, $< 30 \mu\text{m}$ e/ou comprimentos máximos de $< 50 \mu\text{m}$.

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores 1 a 6, caracterizado pelo fato de que a liga de alumínio, em especial na área de borda do aro, tem um valor médio de uma área de precipitados de silício $< 100 \mu\text{m}^2$ e/ou um valor médio de uma área das fases intermetálicas de $< 200 \mu\text{m}^2$.

8. Componente de motor, em especial um pistão para um motor de combustão interna, que consiste pelo menos parcialmente de uma liga de alumínio,

caracterizado pelo fato de que a referida liga de alumínio é constituída pelos seguintes elementos de liga:

Silício:	9 % em peso	a	$\leq 10,5$ % em peso,
Níquel:	$> 2,0$ % em peso	a	$< 3,5\%$ em peso,

Cobre:	> 3,7 % em peso	a	5,2 % em peso,
Cobalto:		a	< 1 % em peso,
Magnésio:	0,5 % em peso	a	1,5 % em peso,
Ferro:	0,1 % em peso	a	0,7 % em peso,
Manganês:	0,1 % em peso	a	0,4 % em peso,
Zircônio:	> 0,1 % em peso	a	< 0,2 % em peso,
Vanádio:	> 0,1 % em peso	a	< 0,2 % em peso,
Titânio:	0,05 % em peso	a	< 0,2 % em peso,
Fósforo:	0,004 % em peso	a	0,008 % em peso,

com alumínio e impurezas inevitáveis constituindo o resto.

9. Componente de motor, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a liga de alumínio compreende, preferencialmente, 0,6% em peso a 0,8% em peso de magnésio.

10. Componente de motor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 9, caracterizado pelo fato de que a liga de alumínio compreende, de preferência 0,4% em peso a 0,6% em peso de ferro.

11. Componente de motor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 10, caracterizado pelo fato de que a proporção em peso de ferro para manganês na liga de alumínio é, no máximo, de 5:1, de preferência, a proporção em peso de ferro para manganês é de 2,5:1.

12. Componente de motor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 11, caracterizado pelo fato de que o total de níquel e cobalto deve ser de preferência > 2,0% em peso e < 3,8% em peso.

13. Componente de motor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 12, caracterizado pelo fato de que a liga de alumínio tem uma microestrutura fina com um

baixo teor de poros e inclusões e/ou pouco e pequeno silício primário, em particular na área de borda do aro, em que a porosidade é $< 0,01\%$ e/ou o teor de silício primário é $< 1\%$, em que o silício primário tem comprimentos de, em média, $< 5 \mu\text{m}$ e/ou comprimentos máximos de $< 10 \mu\text{m}$, e as fases intermetálicas e/ou precipitados primários possuem comprimentos de, em média, $< 30 \mu\text{m}$ e/ou comprimentos máximos de $< 50 \mu\text{m}$.

14. Componente de motor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 13, caracterizado pelo fato de que a liga de alumínio, em especial na área de borda do aro, tem um valor médio de uma área de precipitados de silício $< 100 \mu\text{m}^2$ e/ou um valor médio de uma área de fases intermetálicas de $< 200 \mu\text{m}^2$.

15. Uso de uma liga de alumínio para a produção de um componente de motor, em especial um pistão para um motor de combustão interna,

caracterizado pelo fato de que a referida liga de alumínio é constituída pelos seguintes elementos de liga:

Silício:	9 % em peso	a	$\leq 10,5$ % em peso,
Níquel:	$> 2,0$ % em peso	a	$< 3,5\%$ em peso,
Cobre:	$> 3,7$ % em peso	a	5,2 % em peso,
Cobalto:		a	< 1 % em peso,
Magnésio:	0,5 % em peso	a	1,5 % em peso,
Ferro:	0,1 % em peso	a	0,7 % em peso,
Manganês:	0,1 % em peso	a	0,4 % em peso,
Zircônio:	$> 0,1$ % em peso	a	$< 0,2$ % em peso,
Vanádio:	$> 0,1$ % em peso	a	$< 0,2$ % em peso,
Titânio:	0,05 % em peso	a	$< 0,2$ % em peso,
Fósforo:	0,004 % em peso	a	0,008 % em peso,

com alumínio e impurezas inevitáveis constituindo o resto.