



PI 05175380
PI 05175380

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0517538-0

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0517538-0

(22) Data do Depósito: 04/10/2005

(43) Data da Publicação do Pedido: 13/04/2006

(51) Classificação Internacional: C22C 21/10; C22F 1/053

(30) Prioridade Unionista: 05/10/2004 EP 04 077721.1

(54) Título: MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE UM PRODUTO LIGA DE AL-ZN DE ALTA RESISTÊNCIA E ALTA DUREZA COM BOA RESISTÊNCIA À CORROSÃO

(73) Titular: ALERIS ALUMINUM KOBLENZ GMBH. Endereço: CARL-SPAETER STRASSE 10, 56070 KOBLENZ, Alemanha (DE).

(72) Inventor: RINZE BENEDICTUS; CHRISTIAN JOACHIM KEIDEL; ALFRED LUDWIG HEINZ

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 04/10/2005, observadas as condições legais.

Expedida em: 16 de Junho de 2015.

Assinado digitalmente por:

Júlio César Castelo Branco Reis Moreira
Diretor de Patentes



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE UM PRODUTO LIGA DE AL-ZN DE ALTA RESISTÊNCIA E ALTA DUREZA COM BOA RESISTÊNCIA À CORROSÃO"**.

Campo da Invenção

5 A presente invenção refere-se a um produto fundido de uma liga Al-Zn de alta dureza e alta resistência com quantidades elevadas de Zn para manter uma boa resistência à corrosão, e a um método para a produção de tal produto da liga Al-Zn de alta dureza e alta resistência e a um produto chapa de tal liga. Mais especificamente, a presente invenção refere-se a
10 uma liga Al-Zn de alta dureza e alta resistência designada pela série AA7000 da nomenclatura internacional da Aluminum Association para aplicações aeronáuticas estruturais. Ainda mais especificamente, a presente invenção refere-se a uma nova possibilidade de análise química para uma liga Al-Zn tendo combinações melhoradas de resistência e dureza pela manutenção da
15 boa resistência à corrosão, o que não requer um envelhecimento específico ou tratamentos de têmpera.

Antecedentes da Invenção

 É conhecido da técnica o uso de ligas de alumínio termicamente tratadas em um certo número de aplicações envolvendo resistência relati-
20 vamente alta, dureza e resistência à corrosão altas tais como fuselagem de aeronaves, membros veiculares e outras aplicações. As ligas de alumínio AA7050 e AA7150 apresentam alta resistência nas têmperas tipo T-6. Também os produtos das ligas AA7x75, AA7x55 endurecidos por precipitação apresentam altos valores de resistência na têmpera T6. A têmpera T6 é co-
25 nhecida por aumentar a resistência da liga, enquanto os produtos das ligas AA7x50, AA7x75 e AA7x55 que contêm altos teores de zinco, cobre e magnésio são conhecidos por sua alta resistência às razões de peso e, portanto, encontram aplicação em particular na indústria aeroespacial. Entretanto, essas aplicações resultam na exposição a uma ampla variedade de condições
30 climáticas, necessitando controle cuidadoso das condições de trabalho e de envelhecimento para fornecer uma resistência e uma resistência à corrosão adequadas, incluindo a corrosão por estresse e a esfoliação.

Para aumentar a resistência contra a corrosão por estresse e a esfoliação bem como a dureza de fratura é conhecido superenvelhecer-se artificialmente essas ligas da série AA7000. Quando envelhecidas artificialmente até uma têmpera do tipo T79, T76, T74 ou T73, a sua resistência ao estresse, à corrosão por esfoliação e dureza de fratura melhoram na ordem apresentada (T73 sendo a melhor e T79 estando próxima da T6) mas ao custo da resistência comparada à condição da têmpera T6. Uma condição de têmpera mais aceitável é a têmpera tipo T74 que é uma condição limitada de superenvelhecimento, entre T73 e T76, de forma a obter-se um nível aceitável de resistência à tração, resistência à corrosão por estresse, resistência à corrosão por esfoliação e dureza de fratura. Tal têmpera T74 é executada superenvelhecendo-se o produto da liga de alumínio a temperaturas de 121°C por 6 a 24 horas e seguido por 171°C por cerca de 14 horas.

Dependendo do critério de design de um componente particular de aeronave até mesmo pequenas melhorias na resistência, dureza ou resistência à corrosão resultam em redução no peso, o que se traduz entre outras coisas em economia de combustível além da vida útil da aeronave. Para alcançar essas exigências foram desenvolvidas várias outras ligas da série 7000.

Por exemplo, cada uma das patentes EP-0377779, US-5.221.377 e US-5.496.426 descrevem produtos de ligas e um processo melhorado para produzir uma liga 7055 para aplicações em folhas ou chapas finas no campo aeroespacial, tal como membros superiores de asas com alta dureza e boas propriedades de resistência à corrosão, que compreende as etapas de trabalhar um corpo tendo uma composição consistindo em cerca de, em % em peso, 7,6 a 8,4 de Zn, 2,2 a 2,6 de Cu, 1,8 a 2,1 ou 2,2 de Mg, e um ou mais elementos selecionados entre Zr, Mn, V e Hf, o total desses elementos não excedendo 0,6% em peso, o saldo sendo alumínio mais as impurezas incidentais, tratando-se termicamente em solução o produto e resfriando-se o mesmo e envelhecendo-se artificialmente o produto ou aquecendo-se o produto três vezes em uma vez até uma ou mais temperaturas de 79°C a 163°C ou aquecendo-se tal produto primeiramente a uma ou mais temperaturas de 79°C a 141°C por duas horas ou mais e aquecendo-se o produto até uma ou

mais temperaturas de 148°C a 174°C. Esses produtos são considerados como tendo uma resistência à corrosão por esfoliação melhorada de "EB" ou melhor, com uma resistência à tração cerca de 15% maior que as contrapartes similares da liga 7x50 na condição de têmpera T76. Eles ainda têm uma
5 resistência pelo menos 5% maior que sua contraparte similar 7x50-T77 (7150-T77 será usado abaixo como liga de referência).

Sumário da Invenção

É um objetivo da presente invenção fornecer uma liga Al-Zn melhorada, preferivelmente para produtos chapa com alta resistência (compressiva) e alta dureza. A resistência à corrosão não deve se deteriorar.
10

Mais especificamente, é um objetivo da presente invenção fornecer um produto liga que possa ser usado para aplicações da asa superior em aeronaves com um limite de elasticidade de compressão e uma alta energia de propagação com propriedades que são melhores que as propriedades de uma liga AA7055 convencional na têmpera T77.
15

É um outro objetivo da invenção obter uma liga de alumínio da série AA7000 que apresente uma resistência na faixa de têmperas do tipo T6 e propriedades de dureza e resistência à corrosão na faixa das têmperas do tipo T73.

É um outro objetivo da invenção fornecer um método de produção do produto de liga de alumínio conforme esta invenção.
20

A presente invenção alcança um ou mais desses objetivos pelas características apresentadas nas reivindicações independentes. Outras configurações preferidas são descritas e especificadas dentro das reivindicações dependentes.
25

Descrição Detalhada da Modalidade Preferida

Conforme será apreciado abaixo, exceto se indicado de forma diferente, as designações da liga e das designações das têmperas referem-se às designações da Aluminum Association nas Aluminum Standards and Data e nos Registration Records, todos publicados pela US Aluminum Association.
30

Um ou mais dos objetivos acima mencionados da invenção são alcançados usando-se um produto da liga Al-Zn com uma combinação melho-

rada de alta dureza e alta resistência pela manutenção de uma boa resistência à corrosão, a mencionada liga compreendendo, e preferivelmente consistindo em, (em % em peso):

- | | | |
|---|-----------|-------------|
| | Zn | 6,0 a 11,0 |
| 5 | Cu | 1,4 a 2,2 |
| | Mg | 1,4 a 2,4 |
| | Zr | 0,05 a 0,15 |
| | Ti | <0,05, |
| | Hf e/ou V | <0,25, |
- 10 opcionalmente Sc e/ou Ce 0,05 a 0,25, e
opcionalmente Mn 0,05 a 0,12,
e as inevitáveis impurezas, o saldo sendo alumínio, preferivelmente outros
elementos cada um com menos de 0,05 e menos de 0,50 no total, e onde o
produto liga tem uma microestrutura totalmente não recristalizados na posi-
15 ção T/10 do produto acabado.

Tal possibilidade de análise química para uma liga da série AA7000 apresenta excelentes propriedades quando produzida como produtos chapas relativamente finas, e que sejam preferivelmente usadas em aplicações aeroespaciais de asas superiores tendo calibres na faixa de 20 mm a 60 mm.

- 20 A análise química acima definida tem propriedades que são comparáveis ou melhores que as das ligas existentes das séries AA7x50 ou AA7x55 na têmpera T77, sem usar os enfadonhos e complicados ciclos de envelhecimento de três etapas da têmpera T77. A análise química leva a um produto de alumínio que é mais efetivo em custo e é também mais simples
25 de se produzir uma vez que menos etapas de processamento são necessárias. Adicionalmente, a análise química permite novas técnicas de produção como conformação por envelhecimento ou conformação por deformação por envelhecimento que não são possíveis quando é aplicada uma liga de têmpera T77. Ainda melhor, a análise química conforme definida acima pode
30 também ser envelhecida até a têmpera T77 onde a resistência à corrosão também melhora.

De acordo com a invenção foi descoberto que uma faixa sele-

5 cionada de elementos, usando-se uma maior quantidade de Zn e uma combinação específica de uma faixa particular de Mg e Cu, apresenta combinações substancialmente melhores de resistência e dureza e mantendo uma boa performance de resistência à corrosão tal como resistência à corrosão por esfoliação e resistência à fratura por estresse por corrosão.

A presente invenção usa a análise química também em combinação com um método para produzir um produto laminado a partir de tal análise química, conforme explicado mais abaixo, para se obter uma microestrutura substancialmente completamente não recristalizada pelo menos na
10 posição T/10 do produto acabado. Mais preferivelmente o produto é não recristalizado ao longo de toda a espessura. Com não recristalizado queremos dizer que mais de 80%, preferivelmente mais de 90% do calibre do produto laminado acabado é substancialmente não recristalizada. Por conseguinte, a presente invenção está descrevendo um produto liga que é em particular adequa-
15 do para aplicações da parte externa das asas superiores para aeronaves e têm uma espessura na faixa de 20 a 60 mm, preferivelmente 30 a 50 mm.

Foi descoberto que não é necessário resfriar-se lentamente o produto laminado ou aumentar-se o calibre do produto laminado para se obter um limite de elasticidade por compressão e propriedades de dureza superiores.

20 O cobre e o magnésio são elementos importantes para adicionar resistência à liga. Teores muito baixos de magnésio e cobre resultam na redução da resistência enquanto teores muito altos de magnésio e cobre resultam em uma performance de resistência à corrosão inferior e em problemas com a soldabilidade do produto liga. As técnicas anteriores usavam procedimentos de envelhecimento especiais para melhorar a resistência enquanto
25 baixas quantidades de magnésio e de cobre são usadas para se alcançar uma boa performance de resistência à corrosão. Para se alcançar um objetivo em performances de resistência, dureza e corrosão, descobriu-se que teores de magnésio e de cobre (em % em peso) de entre 1,7 e 2,2%, preferivelmente entre 1,7 e 2,1% para Mg e 1,8 e 2,1% para Cu dão um bom equi-
30 líbrio para produtos chapas finas. Por toda a análise química reivindicada na presente invenção é agora possível alcançar-se níveis de resistência na re-

gião de uma têmpera T6 enquanto se mantém características de performance de resistência à corrosão similares àquelas das ligas de têmpera T74.

Além dos teores de magnésio e cobre a invenção descreve um equilíbrio entre o magnésio e o cobre para o zinco, especialmente o equilíbrio de magnésio para o zinco, que dá à liga essas características de performance. A resistência à corrosão melhorada da liga conforme a invenção tem propriedades de esfoliação ("EXCO") de EB ou melhor, preferivelmente EA ou melhor.

A quantidade (em % em peso) de zinco está preferivelmente em uma faixa de 7,4 a 9,6%, mais preferivelmente em uma faixa de 8,0 a 9,6%, e mais preferivelmente de 8,4 a 8,9%. Os testes descobriram um nível ótimo de zinco de cerca de 8,6%. Outros detalhes são dados nos exemplos conforme descrito em maiores detalhes abaixo.

Foi também mostrado que, de acordo com uma modalidade preferida da presente invenção, uma liga contendo Sc é uma excelente candidata para se obter altos níveis de resistência versus alta dureza de fratura. Adicionando-se Sc a uma liga compreendendo cobre, magnésio, zinco, zircônio e titânio foi descoberto que a microestrutura permaneça não recristalizada, apresentando portanto propriedades superiores em relação à resistência e à dureza. Portanto, quantidades preferidas de Sc (em % em peso) estão em uma faixa de $[Zr] + 1,5 [Sc] < 0,15\%$. Quantidades preferidas (em % em peso) de Sc ou Ce estão em uma faixa de 0,03 a 0,06% quando a quantidade de Zn for de cerca de 8,70% e Mg e Cu são cerca de 2,10%. Os níveis unitários de propagação de energia são consideravelmente bons para uma liga com os elementos de ligação adicionais Sc, Ce ou Mn.

Um método preferido para a produção de um produto da liga Al-Zn com alta resistência e alta dureza, com boa resistência à corrosão conforme a presente invenção compreende as etapas de:

- a. lingotar um lingote com a seguinte composição química (em % em peso)

Zn	6,0 a 11,0
Cu	1,4 a 2,2

Mg	1,4 a 2,4
Zr	0,05 a 0,15
Ti	< 0,05
Hf e/ou V	< 0,25,

- 5 opcionalmente Sc e/ou Ce 0,05 a 0,25, e
opcionalmente Mn 0,05 a 0,12.

e as inevitáveis impurezas e o saldo sendo alumínio, preferivelmente outros elementos cada um com menos de 0,05 e com menos de 0,50 no total,

- 10 b. homogeneizar e/ou preaquecer o lingote após o lingotamento,
c. trabalhar o lingote a quente em um produto pré-trabalhado
d. reaquecer o produto pré-trabalhado, e também
d1. laminar a quente o produto reaquecido até o calibre final, ou
d2. laminar a quente e laminar a frio o produto reaquecido até o
15 calibre final,
e. tratar termicamente em solução e resfriar o produto tratado termicamente em solução
f. opcionalmente estirar ou comprimir o produto liga resfriado ou trabalhado a frio para aliviar o estresse e
20 g. opcionalmente envelhecer o produto resfriado e opcionalmente estirado ou comprimido para se alcançar a têmpera desejada, e onde o produto liga tem uma microestrutura substancialmente totalmente não recristalizada na posição T/10 do produto acabado.

Foi descoberto que a microestrutura do produto liga permanece
25 substancialmente totalmente não recristalizada debaixo de sua superfície quando as etapas do método da invenção de pré-trabalhar o produto e laminar a quente e/ou laminar a frio o produto pré-trabalhado são aplicadas.

De acordo com uma configuração da presente invenção o método inclui uma primeira laminação a quente do lingote que tenha sido homogeneizado em um produto pré-trabalhado, laminação a quente de produto
30 reaquecido até cerca de 150 a 250 (em % do calibre final) e então a laminação a frio do produto laminado a quente até o calibre final ou laminação a

quente do produto reaquecido até cerca de 105 a 140 (em % do calibre final) e então laminação a frio do produto laminado a quente até o calibre final. "% do calibre final" significa uma porcentagem da espessura em comparação com a espessura do produto final. 200% do calibre final significa uma espessura que é o dobro da espessura do produto finalmente trabalhado. Isto significa que foi descoberto que é vantajoso primeiramente laminar-se a quente o produto preaquecido até uma espessura que seja cerca de duas vezes a espessura do produto final e então laminar a frio o produto laminado a quente até a espessura final ou laminar-se a quente o produto preaquecido até uma espessura que esteja cerca de 20% acima da espessura do produto final e então laminar a frio o produto, obtendo-se portanto uma outra redução de cerca de 20% do calibre do produto laminado a quente.

De acordo com outra modalidade da presente invenção, é vantajoso laminar a quente o produto preaquecido a baixas temperaturas na faixa de 300°C a 420°C de forma que a liga não recristalize. Opcionalmente, é possível envelhecer-se artificialmente o produto trabalhado e tratado termicamente com uma têmpera de duas etapas T79 ou T76 ou usar-se uma têmpera de três etapas T77 se a performance de SCC tiver que ser melhorada.

A presente invenção é útil para trabalhar o lingote a quente após o lingotamento e opcionalmente trabalhá-lo a frio em um produto trabalhado com um calibre na faixa de 20 a 60 mm.

A presente invenção também se relaciona a um produto chapa de liga Al-Zn de alta resistência e alta dureza com a composição mencionada acima cujo produto chapa é preferivelmente um membro fino de aeronave, ainda mais preferivelmente um membro de forma estrutural alongada tal como um membro de asa superior, um membro de parte externa fina de uma asa superior ou de uma trave horizontal de uma aeronave.

As propriedades da liga reivindicada podem ser também aumentadas por uma etapa de envelhecimento artificial compreendendo um primeiro tratamento térmico a uma temperatura em uma faixa de 105°C a 135°C, preferivelmente em torno de 120°C por 2 a 20 horas, preferivelmente em torno de 8 horas, e um segundo tratamento térmico a uma temperatura mais

alta que 135°C mas abaixo de 210°C, preferivelmente em torno de 155°C por 4 a 12 horas, preferivelmente por 8 a 10 horas.

- As características precedentes e outras características e vantagens das ligas conforme a presente invenção tornar-se-ão prontamente aparentes da descrição detalhada a seguir das modalidades preferidas.

Exemplo 1

Em escala de laboratório 14 diferentes ligas de alumínio foram lingotadas em lingotes, homogeneizadas, preaquecidas por mais de 6 horas a cerca de 410°C e laminadas a quente até chapas de 4 mm. O tratamento térmico em solução foi feito a 475°C e posteriormente o resfriamento em água. Posteriormente o produto resfriado foi envelhecido por um procedimento de envelhecimento de duas etapas T76. As composições químicas estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Composições químicas das ligas na forma de chapas finas, em % em peso, o saldo sendo alumínio e as inevitáveis impurezas, Fe 0,06, Si 0,05, Ti 0,04 e Zr 0,12.

Liga	Cu	Mg	Zn	Outros
1	2,0	2,1	8,0	0,08 Mn
2	2,1	2,1	8,1	-
3	1,7	1,75	8,7	-
4	2,1	1,7	8,6	-
5	2,4	1,7	8,6	-
6	1,7	2,2	8,7	-
7	2,1	2,1	8,6	-
8	2,4	2,1	8,7	-
9	1,7	2,5	8,7	-
10	2,1	2,4	8,6	-
11	2,5	2,5	8,7	-
12	2,1	2,1	9,2	-
13	2,1	2,1	8,7	0,03 Ce
14	2,1	2,1	8,7	0,06 Sc

As ligas da tabela 1 foram processadas usando-se três variantes de processamento (vide etapa 5):

1. Foi executada a homogeneização pelo aquecimento a uma taxa de temperatura de 40°C/h até uma temperatura de 460°C e então enxaguado por 12 horas a 460°C e outro aumento com 25°C/h até uma temperatura de 475°C com outro enxágüe por 24 horas a 475°C, e resfriamento ao ar até a temperatura ambiente.

2. Foi feito o preaquecimento a 420°C por 6 horas com uma taxa de aquecimento de 40°C/h.

3. Os lingotes em escala de laboratório foram laminados de 80 para 25 mm, reduzindo portanto o calibre em cerca de 6 a 8 mm por passe.

4. Os produtos com espessura de 25 mm foram reaquecidos até 420°C por cerca de 30 minutos.

5. Variante 1: o produto reaquecido foi laminado a quente até 4,0 mm.

Variante 2: o produto reaquecido foi laminado a quente até 8,0 mm e posteriormente laminado a frio até 4,0 mm.

Variante 3: o produto reaquecido foi laminado a quente até 5,0 mm e então laminado a frio até 4,0 mm.

6. O tratamento térmico em solução foi feito por 1 hora a 475°C, posteriormente foi executado o resfriamento a água.

7. Foi executado o estiramento por 1,5 a 2,0% por cerca de 1 hora após o resfriamento.

8. Posteriormente os produtos estirados foram envelhecidos de acordo com um procedimento de envelhecimento T76, aumentando portanto a temperatura para 120°C a uma taxa de 30°C/h e mantendo-se a temperatura em 120°C por 5 horas, aumentando-se a temperatura a uma taxa de 15°C/h até uma temperatura de 160°C e enxaguando por 6 horas, e resfriando-se ao ar o produto envelhecido até a temperatura ambiente.

A resistência foi medida usando-se a Euronorm e a dureza foi medida de acordo com a ASTM B-871(1996). Os resultados das três variantes acima mencionadas estão apresentados nas tabelas 2a a 2c.

Tabela 2a. Propriedades de resistência e dureza das ligas conforme apresentadas na tabela 1 em MPa e dureza de fratura (TYR) de acordo com a Variante 1

Liga	Rp	UPE	TYR
1	582	211	1,31
2	564	215	1,48
3	534	243	1,49
4	550	214	1,48
5	579	208	1,44
6	592	84	1,34
7	595	120	1,32
8	605	98	1,32
9	612	30	1,31
10	613	54	1,12
11	603	33	1,11
12	-	-	-
13	597	63	1,27
14	587	121	1,35

Tabela 2b. Propriedades de resistência e dureza das ligas conforme apresentadas na tabela 1 em MPa e dureza de fratura (TYR) de acordo com a Variante 2

Liga	Rp	UPE	TYR
1	599	125	1,30
2	567	268	1,45
3	533	143	1,53
4	587	205	1,38
5	563	178	1,45
6	569	134	1,35
7	-	-	-
8	616	72	1,10
9	-	-	-

Tabela 2b - continuação-

Liga	Rp	UPE	TYR
10	601	22	1,00
11	612	5	1,05
12	-	-	-
13	595	88	1,16
14	626	71	1,26

Tabela 2c. Propriedades de resistência e dureza das ligas conforme apresentadas na tabela 1 em MPa e dureza de fratura (TYR) de acordo com a Variante 3

Liga	Rp	UPE	TYR
1	600	170	1,35
2	575	211	1,47
3	535	232	1,59
4	573	260	1,46
5	604	252	1,39
6	587	185	1,43
7	613	199	1,26
8	627	185	1,18
9	-	-	-
10	607	31	1,09
11	614	26	0,92
12	606	58	1,11
13	601	148	1,26
14	616	122	1,35

5 Dos resultados apresentados nas tabelas 2a a 2c fica claro que um grau menor (10 a 20%) de laminação a frio é benéfico para um ótimo equilíbrio dureza versus resistência. O material puramente laminado a quente de acordo com a Variante 1 (tabela 2a) está próximo ao ótimo mas em geral as ligas da Variante 3 são melhores.

10 Além disso, pode ser visto que a liga 14 contendo Sc é vantajosa se for necessária alta resistência versus dureza de fratura. Pequenas quan-

tidades de manganês aumentam a resistência mas ao custo de alguma dureza.

Exemplo 2

- 5 Análises químicas adicionais foram processadas de acordo com as etapas de processamento 1 a 8 acima mencionadas, usando-se portanto a Variante 3 da etapa 5 do exemplo 1 acima e um envelhecimento T76.

Tabela 3. Composições químicas de ligas de chapas finas, em % em peso, para todas as ligas, o saldo sendo alumínio e as inevitáveis impurezas, Fe 0,06, Si 0,05.

Liga	Cu	Mg	Zn	Zr	Ti	Outros
1	2,0	2,1	8,0	0,11	0,03	0,08 Mn
2	2,1	2,1	8,1	0,12	0,03	-
3	1,7	2,2	8,7	0,12	0,03	-
4	2,1	2,1	8,6	0,12	0,03	-
5	2,4	2,1	8,7	0,12	0,03	-
6	2,1	2,1	9,2	0,12	0,03	-
7	2,1	2,1	8,7	0,12	0,04	0,04 Ce
8	2,1	2,1	8,7	0,10	0,04	0,06 Sc
9	1,7	2,1	9,3	0,12	0,03	-
10	1,6	2,5	9,2	0,12	0,04	-
11	2,1	2,4	9,2	0,12	0,04	-

- 10 As propriedades das ligas mencionadas na tabela 3 foram testadas na direção L para a resistência e na direção L-T para a dureza.

Tabela 4. Propriedades de resistência e dureza das ligas conforme mostrado na tabela 3 em MPa e dureza de fratura (TS/Rp) de acordo com a Variante 3.

Liga	Rp (MPa)	Rm (MPa)	UPE (KJ/m ²)	TS/RP
1	601	637	177	1,35
2	575	603	221	1,48
3	591	610	194	1,45
4	613	647	199	1,34
5	624	645	178	1,18

Tabela 4. -continuação-

Liga	Rp (MPa)	Rm (MPa)	UPE (KJ/m ²)	TS/RP
6	608	638	63	1,13
7	601	639	163	1,27
8	618	652	132	1,35
9	613	632	75	1,25
10	618	650	5	1,29
11	619	654	26	1,18

A dureza versus o limite de elasticidade (Rp) mostrada na tabela 4 mostra claramente que o melhor valor de dureza versus limite de elasticidade é obtido para ligas que tenham em torno de 8,6 a 8,7% em peso de zinco. Ligas com níveis menores de zinco apresentarão valores de dureza similares mas o limite de resistência à tração é –geralmente falando – menor enquanto que os níveis de zinco resultam em maiores níveis de resistência mas em menores níveis de dureza. Pequenas quantidades de manganês aumentam a resistência às custas da dureza.

10 Exemplo 3

Outros testes foram feitos com níveis de zinco de 8,6 e 8,7 variando através disso os níveis de cobre e magnésio. Pode ser visto que os níveis de dureza podem ser elevados nos mesmos níveis de resistência. Algumas ligas adicionais foram processadas similarmente àquelas do exemplo 2, usando dessa forma as etapas de processamento 1 a 8 conforme descrito acima e a Variante 3 da etapa 5 do exemplo 1.

Tabela 5 Composições químicas de ligas de chapas finas, em % em peso, para todas as ligas, o saldo sendo alumínio e as inevitáveis impurezas, Fe 0,06, Si 0,05.

Liga	Cu	Mg	Zn	Zr	Ti	Outros
3	1,7	2,2	8,7	0,12	0,03	-
4	2,1	2,1	8,6	0,12	0,03	-
5	2,4	2,1	8,7	0,12	0,03	-
12	2,5	2,5	8,7	0,11	0,03	0,08 Mn

Tabela 5. -continuação-

Liga	Cu	Mg	Zn	Zr	Ti	Outros
13	2,1	2,4	8,6	0,12	0,03	-
14	1,7	2,5	8,7	0,12	0,03	-
15	1,7	1,7	8,7	0,12	0,03	-
16	2,4	1,7	8,6	0,12	0,03	-
17	2,1	1,7	8,6	0,12	0,04	-

Tabela 6. Propriedades de resistência e dureza das ligas conforme mostradas na tabela 5 em MPa e dureza de fratura (TS/Rp) de acordo com a Variante 3.

Liga	Rp (MPa)	UPE (KJ/m ²)	TS/Rp
3	591	194	1,45
4	613	199	1,34
5	624	178	1,18
12	614	26	0,92
13	607	31	1,09
14	621	55	1,01
15	535	232	1,59
16	604	252	1,39
17	573	260	1,46

- 5 Conforme mostrado na tabela 6 é vantajoso ter níveis de magnésio de menos de 2,4% com um nível ótimo de cerca de 1,7%. Quando os níveis de magnésio estão em cerca de 1,7%, são obtidas excelentes propriedades de dureza mas os níveis de resistência decrescem. Com níveis de magnésio de cerca de 2,1% são obtidos os melhores níveis de resistência.
- 10 Portanto, o teor de magnésio é melhor entre 1,7 e 2,1%.

Todas as ligas acima mencionadas foram testadas para corrosão por esfoliação conforme a ASTM G-34. Todas mostraram performance de EB ou melhor.

- Além disso, foi mostrado que a adição de Ce ou Sc melhora a microestrutura da liga reduzindo dessa forma os processos de recuperação.
- 15

Uma vez que a recuperação no material da liga é baixa, aproximadamente nenhuma recristalização ocorre mesmo que seja usado um tratamento térmico de acordo com caminho padrão. O Sc reprime a recristalização de forma que geralmente mais de 90% da espessura dos produtos chapa fina permanecem não recristalizados.

5 Tendo agora descrito totalmente a invenção, será aparente para os versados na técnica que muitas mudanças e modificações podem ser feitas sem sair do escopo ou do espírito da invenção conforme descrita aqui.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para produção de um produto liga de Al-Zn de alta resistência e alta dureza com boa resistência à corrosão, caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

5 a) lingotar um lingote com a seguinte composição, em % em peso:

Zn 6,0 a 11,0%

Cu 1,4 a 2,2%

Mg 1,4 a 2,4%

10 Zr 0,05 a 0,15%

Ti < 0,05%

Hf e/ou V < 0,25%

opcionalmente Sc e/ou Ce 0,05 a 0,25%

opcionalmente Mn 0,05 a 0,12%, e

15 as inevitáveis impurezas e o saldo sendo alumínio,

b) homogeneizar e/ou preaquecer o lingote após o lingotamento,

c) trabalhar a quente o lingote em um produto pré-trabalhado,

d) reaquecer o produto pré-trabalhado e

20 laminar a quente e laminar a frio o produto reaquecido até o calibre final,

e) tratar termicamente em solução e resfriar o produto tratado termicamente em solução,

f) opcionalmente estirar ou comprimir o produto liga resfriado,

25 e

g) opcionalmente envelhecer o produto resfriado e opcionalmente estirado ou comprimido para se alcançar a têmpera desejada,

e onde o produto na sua têmpera final tem uma microestrutura totalmente não recristalizada pelo menos na posição T/10 do produto acabado.

30

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a laminação a quente do produto reaquecido até cerca de 150 a

250 (em % do calibre final) e então laminando a frio o produto laminado a quente até o calibre final.

3. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a laminação à quente do produto reaquecido até 105 a 140
5 (em % do calibre final) e então laminando a frio o produto laminado a quente até o calibre final.

4. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que compreende laminar a quente o produto reaquecido a baixas temperaturas na faixa de 300°C a 420°C para evitar que
10 o produto liga se recristalize.

5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o envelhecimento artificial durante a etapa g) é para a têmpera selecionada do grupo consistindo em T79 e T76, e preferivelmente por meio de duas etapas de tratamento de envelhecimento.

6. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o envelhecimento artificial durante a etapa g) consiste em uma primeira etapa de envelhecimento a uma temperatura na faixa de 105 a 135°C por 2 a 20 horas e uma segunda etapa de envelhecimento a uma temperatura maior que 135°C mas menor que 210°C por 4 a
15 20 12 horas até a têmpera selecionada entre as têmperas T79 e T76.

7. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o envelhecimento artificial durante a etapa g) consiste em uma primeira etapa de envelhecimento a uma temperatura de cerca de 120°C por 2 a 20 horas e uma segunda etapa de envelhecimento a uma temperatura
25 maior que 135°C mas menor que 210°C por 4 a 12 horas até a têmpera selecionada entre as têmperas T79 e T76.

8. Método de acordo com a reivindicação 6 ou 7, caracterizado pelo fato de que o envelhecimento artificial durante a etapa g) consiste em uma primeira etapa de envelhecimento a uma temperatura de cerca de
30 120°C por 2 a 20 horas e uma segunda etapa de envelhecimento a uma temperatura em torno de 155°C por 4 a 12 horas até a têmpera selecionada entre as têmperas T79 e T76.

9. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que a quantidade de Zn está em uma faixa de 7,4 a 9,6% em peso.

5 10. Método de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a quantidade de Zn está na faixa de 8,0 a 9,6% em peso, e preferivelmente em uma faixa de 8,4 a 8,9% em peso.

11. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que a quantidade de Cu está na faixa de 1,7 a 2,2% em peso, e preferivelmente em uma faixa de 1,8 a 2,1% em peso.

10 12. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que a quantidade de Mg está em uma faixa de 1,7 a 2,2% em peso, e preferivelmente em uma faixa de 1,7 a 2,1% em peso.

13. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, caracterizado pelo fato de que a quantidade de Sc está em uma faixa de $[Zr] + 1,5[Sc] < 0,15\%$ em peso.

14. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, caracterizado pelo fato de que a quantidade de Sc está em uma faixa de 0,03 a 0,06%, e onde a quantidade de Ce está em uma faixa de 0,03 a 0,06%.

20 15. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, caracterizado pelo fato de que as quantidades das inevitáveis impurezas são $< 0,05\%$ em peso cada e $< 0,5\%$ em peso no total.

25 16. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 15, caracterizado pelo fato de que mais de 80% do produto laminado acabado, e preferivelmente mais de 90%, do calibre tem uma microestrutura não recristalizada.

17. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 16, caracterizado pelo fato de que o produto da liga Al-Zn é uma chapa fina tendo um calibre na faixa de 20 a 60 mm, e preferivelmente de 30 a 50 mm.

RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE UM PRODUTO LIGA DE AL-ZN DE ALTA RESISTÊNCIA E ALTA DUREZA COM BOA RESISTÊNCIA À CORROSÃO"**.

5 A presente invenção refere-se a um produto trabalhado da liga Al-Zn, e a um método de produção tal produto, com uma combinação melho-
rada de alta dureza e alta resistência pela manutenção da boa resistência à
corrosão, a mencionada liga incluindo (em % em peso): Zn 6,0 a 11,0 , Cu
1,4 a 2,2 , Mg 1,4 a 2,4 , Zr 0,05 a 0,15 , Ti < 0,05 , Hf e/ou V < 0,25 , e op-
10 cionalmente Sc e/ou Ce 0,05 a 0,25 , e Mn 0,05 a 0,12 , outros elementos
cada um com menos de 0,05 e menos de 0,50 no total, o saldo sendo alumí-
nio, onde tal liga tem uma microestrutura essencialmente totalmente não
recristalizada pelo menos na posição T/10 do produto acabado.