



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

**(21) PI 1010333-3 A2**



(22) Data de Depósito: 08/09/2010  
(43) Data da Publicação: 09/07/2013  
(RPI 2218)

**(51) Int.Cl.:**  
**C21D 7/02**  
**C21D 9/52**  
**D07B 1/06**

**(54) Título:** FILAMENTO DE AÇO BAIXO CARBONO  
TREFILADO A FRIO E MÉTODO PARA FABRICAR  
DITO FILAMENTO

**(73) Titular(es):** Nv Bekaert SA

**(72) Inventor(es):** Dirk Meersschaut, Javier Del Rio Rodriguez

**(57) Resumo:** FILAMENTO DE AÇO BAIXO CARBONO TREFILADO A FRIO E MÉTODO PARA FABRICAR DITO FILAMENTO. A presente invenção refere-se a um filamento de aço adaptado ao reforço de produtos elastoméricos ou termoplásticos tem um teor de carbono oscilando até 0,20 por cento em peso. O filamento de aço é dotado de um revestimento que promove a adesão aos produtos elastoméricos ou termoplásticos. O filamento de aço é trefilado até um diâmetro final de menos de 0,60 mm e uma resistência à tensão final de mais de 1200 MPa. Tratamentos térmicos intermediários são evitados, de modo que a caracterização de perfil de carbono do filamento de aço é substancialmente reduzida.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"FILAMENTO DE AÇO BAIXO CARBONO TREFILADO A FRIO E MÉTODO PARA FABRICAR DITO FILAMENTO"**.

Campo da Técnica

5 A presente invenção refere-se a um filamento de aço e a um cordonel de aço adaptados ao reforço de produtos elastoméricos ou produtos termoplásticos.

A presente invenção refere-se também a um método de fabricação de tal filamento de aço e tal cordonel de aço.

10 Técnica Antecedente

Filamentos de aço e cordonéis de aço adaptados ao reforço de produtos elastoméricos, tais como pneus, feixes de impacto, mangueiras, tubulações flexíveis, etc. são bem-conhecidos na técnica anterior.

Filamentos de aço e cordonéis de aço são feitos começando a  
15 partir de fio-máquina de aço. Esse fio-máquina de aço tem, tipicamente, uma composição de aço segundo as diretrizes a seguir. Um teor de carbono de mais de 0,60 por cento em peso, um teor de manganês oscilando entre 0,40 por cento e 0,70 por cento em peso, um teor de silício oscilando entre 0,15 por cento e 0,30 por cento em peso, um teor máximo de enxofre e má-  
20 ximo de fósforo de 0,03 por cento em peso. Outros elementos de formação de microliga podem ser adicionados. Um exemplo é cromo. O fio-máquina de aço tem, usualmente, um diâmetro  $d_s$  de 5,5 mm ou de 6,5 mm.

O fio-máquina é primeiramente limpo por meio de desincrustação mecânica e/ou decapagem química em uma solução de  $H_2SO_4$  ou  $HCl$   
25 de forma a remover os óxidos presentes sobre a superfície. O fio-máquina é, então, enxaguado com água e é seco. O fio-máquina seco é, então, submetido a uma primeira série de operações de trefilação a seco de forma a reduzir o diâmetro, até um primeiro diâmetro intermediário.

Nesse primeiro diâmetro intermediário  $d_1$ , por exemplo, em torno  
30 de 3,0 a 3,5 mm, o fio de aço trefilado a seco é submetido a um primeiro tratamento térmico intermediário, denominado *patenteamento*. *Patenteamento* significa primeiro austenitização até uma

temperatura de cerca de 1000°C, seguido por uma fase de transformação de austenita para perlita em uma temperatura de cerca de 600-650°C. O fio de aço está, então, pronto para deformação mecânica adicional.

Após o que, o fio de aço é ainda trefilado a seco do primeiro diâmetro intermediário d1 até um segundo diâmetro intermediário d2 em uma segunda série de etapas de redução de diâmetro. O segundo diâmetro d2 oscila, tipicamente, de 1,0 mm a 2,5 mm.

Nesse segundo diâmetro intermediário d2, o fio de aço é submetido a um segundo tratamento de *patenteamento*, isto é, austenitização novamente em uma temperatura de cerca de 1000°C e, após o que, têmpera em uma temperatura de 600 a 650°C para permitir transformação em perlita.

Se a redução total nas primeira e segunda etapas de trefilação a seco não é muito grande, uma operação de trefilação direta pode ser feita no fio-máquina até o diâmetro d2.

Após esse segundo tratamento de *patenteamento*, o fio de aço é usualmente dotado de um revestimento de latão: cobre é colocado sobre o fio de aço e zinco é colocado sobre o cobre. Um tratamento de termo difusão é aplicado para formar o revestimento de latão.

O fio de aço revestido de latão é, então, submetido a uma série final de reduções da seção transversal por meio de máquinas de trefilação a úmido. O produto final é um filamento de aço de alta tensão com um teor de carbono acima de 0,60 por cento em peso, com uma resistência à tensão acima de 2000 MPa e adaptado ao reforço de produtos elastoméricos.

A despeito de seu uso difundido, o processo descrito acima tem uma desvantagem de que ele consome muita energia. Mais particularmente, as etapas de processo de *patenteamento* duplo e seus fornos de austenitização relacionados requerem uma grande energia. Como uma questão de exemplo apenas, um único forno de austenitização produz um energia de 374 KWatt/Tonelada de cordonel de aço produzido. Na verdade, os fornos e o processo de têmpera associado representam uma parte considerável da produção de CO2 durante a fabricação de filamentos de aço e cordonéis de aço adaptados ao reforço de produtos elastoméricos. O processo de *paten-*

teamento, contudo, é necessário e não pode ser cancelado como tal. Esse processo de *patenteamento* restaura a estrutura metálica do cordonel de aço para um estado o qual permite trefilação adicional. Sem esse processo de *patenteamento*, os cordonéis de aço se romperão frequentemente durante trefilação adicional e se tornarão muito frágeis.

#### Descrição da Invenção

É um objetivo da presente invenção evitar as deficiências da técnica anterior.

É também um objetivo da presente invenção proporcionar um filamento de aço com um processo de produção o qual custa menos energia.

É outro objetivo da presente invenção evitar o uso de fornos de austenitização e de outros tratamentos térmicos intermediários.

De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção, é proporcionado um filamento de aço adaptado ao reforço de produtos elásticos. O filamento de aço tem uma composição de carbono uniforme. Uma composição de carbono uniforme é uma composição de aço onde - possivelmente com exceção de silício e manganês - todos os elementos têm um teor de menos de 0,50 por cento em peso, por exemplo, menos de 0,20 por cento em peso, por exemplo, menos de 0,10 por cento em peso. Silício está presente em quantidades de no máximo 1,0 por cento em peso, por exemplo, no máximo 0,50 por cento em peso, por exemplo, 0,30% em peso ou 0,15% em peso. Manganês está presente em uma quantidade de no máximo 2,0 por cento em peso, por exemplo, no máximo 1,0 por cento em peso, por exemplo, 0,50% em peso ou 0,30% em peso.

Na presente invenção, o teor de carbono oscila até 0,20 por cento em peso, por exemplo, até 0,10 por cento em peso, por exemplo, oscilando até 0,06 por cento em peso. O teor mínimo de carbono pode ser cerca de 0,02 por cento em peso.

A composição de carbono uniforme tem principalmente uma matriz de ferrita ou perlita e é principalmente de fase única. Não existem fases de martensita, fases de bainita ou fases de cimentita na matriz de ferrita ou perlita.

O filamento de aço é dotado de um revestimento que promove a adesão com produtos elastoméricos, tal como zinco ou latão. O filamento de aço é trefilado até um diâmetro final de menos de 0,60 mm e tem uma resistência à tensão final de mais de 1200 MPa.

5                   A trefilação desse filamento de aço com baixo teor de carbono pode ser feita sem o processo de *patenteamento* intermediário e sem qualquer outro tratamento térmico, tal como recozimento, em virtude do baixo teor de carbono.;

10                   O filamento de aço é diretamente trefilado do fio-máquina, por exemplo, de um diâmetro de 5,5 mm até um diâmetro de filamento de menos de 0,60 mm, resultando em uma redução na área seccional transversal de mais de 98 por cento. Com um diâmetro final igual a ou menor do que 0,45 mm, uma redução na área seccional transversal de mais de 99 por cento foi obtida.

15                   Revestimento, por exemplo, de latão, pode ser feito em um diâmetro intermediário do fio entre 5,5 mm e 0,60 mm. O fio de aço revestido de latão é, então, trefilado adicionalmente, mais uma vez sem tratamentos térmicos intermediários, até seu diâmetro de filamento final. O revestimento de latão tem uma função dupla. Primeiramente, no produto final, o latão promove a adesão com a borracha ao produzir pontes de enxofre entre o cobre no latão e a borracha. Em segundo, o latão sendo um material mais macio do que o aço com baixo teor de carbono, o latão funciona como um lubrificante durante os estágios finais de trefilação e permite que o filamento de aço seja submetido aos altos graus mencionados acima de redução na área seccional transversal. Em virtude dessa alta deformabilidade, altos níveis de resistência à tensão final são obteníveis.

20

25

O documento JP-A-05/105951 da técnica anterior descrita um fio de aço com baixo teor de carbono. Esse fio de aço com baixo teor de carbono, contudo, é submetido a um ou mais tratamentos térmicos intermediários.

30                   O documento US-A-5.833.771 da técnica anterior descrita um fio de aço com um baixo teor de carbono para o reforço de pneus. Contudo, o fio de aço tem uma composição de aço inoxidável com, dentre outros ele-

mentos, por exemplo, entre 6 e 10% de níquel e entre 16% e 20% de cromo. Essa não é uma composição de carbono uniforme.

O documento WO-A-84/02354 da técnica anterior descrita um fio-máquina com baixo teor de carbono de alta resistência e um fio de aço.

- 5 Contudo, esse fio de aço tem uma composição de aço de fase dupla, com uma matriz de ferrita com uma segunda fase dispersa, tal como martensita, bainita e/ou austenita. Esse aço de fase dupla é diferente de um aço carbono uniforme.

- 10 De acordo com um segundo aspecto da presente invenção, é proporcionado um cordonel de aço tendo um ou mais filamentos de aço com baixo teor de carbono de acordo com o primeiro aspecto da presente invenção.

- De preferência, o cordonel de aço consiste apenas de filamentos de aço com baixo teor de carbono de acordo com o primeiro aspecto da invenção.
- 15

Exemplos de construções de cordonel de aço adequadas são todas as construções de cordonel de aço as quais são adequadas para o reforço da carcaça ou camada de cinta de pneus: 2 x 1, 3 x 1, 4 x 1, 5 x 1, 1 + 4, 1 + 5, 1 + 6, 2 + 2, 3 + 2, 2 + 3.

- 20 De acordo com um terceiro aspecto da presente invenção, é proporcionado um método para fabricação de um filamento de aço adaptado ao reforço de produtos elastoméricos. O método compreende as seguintes etapas:

- a. fornecimento de um fio-máquina de aço tendo um teor de carbono de até 0,08 por cento em peso;
- 25

b. trefilação desse fio-máquina de aço diretamente em um diâmetro final menor do que 0,60 mm e até uma resistência à tensão maior do que 1200 MPa, desse modo, evitando quaisquer tratamentos térmicos intermediários, tal como *patenteamento*;

- 30 c. fornecimento, a esse filamento de aço, de um revestimento que promove a adesão a produtos elastoméricos.

O revestimento pode ser proporcionado em um diâmetro final do

filamento ou, de preferência, em um diâmetro intermediário, conforme foi explicado aqui acima.

- Essas etapas de processo a. a c. podem ser seguidas por uma etapa de processo de torção de vários de tais filamentos com baixo teor de carbono uns com os outros ou com outros filamentos para formar um cordo-
- 5 nel de aço.

Evitando os tratamentos térmicos intermediários, economias de até mais de 3% podem ser feitas na produção de CO<sub>2</sub> em comparação com a situação na técnica anterior.

- 10 De acordo com um quarto aspecto da presente invenção, os filamentos de aço com baixo teor de carbono de acordo com o primeiro aspecto da invenção ou os cordonéis de aço com baixo teor de carbono de acordo com o segundo aspecto da invenção são usados em um produto elastomérico ou termoplástico.

- 15 Produtos elastoméricos adequados são pneus, correias transportadoras, correias de comando, mangueiras, tubulações flexíveis, etc. Produtos termoplásticos adequados são feixes de impacto e mangueiras flexíveis.

- O filamento de aço da invenção (primeiro aspecto) e o cordo-
- 20 nel de aço da invenção (segundo aspecto) são particularmente adequados para o reforço da carcaça ou camada de cinta de um pneu. Embora carecendo de resistência à tensão acima de 2000 MPa, os filamentos com baixo teor de carbono e cordonéis de aço com baixo teor de carbono de acordo com a invenção conferem à carcaça ou camada de cinta de um pneu o grau requeri-
- 25 do de rigidez.

#### Modo(s) para Realização da Invenção

Um cordoel de aço de acordo com a invenção pode ser feito como segue.

- O produto inicial é um fio-máquina com uma composição de car-
- 30 bono uniforme com um teor de carbono oscilando entre 0,04% em peso e 0,08% em peso. A composição toda do fio-máquina é como segue: um teor de carbono de 0,06% em peso, um teor de silício de 0,166% em peso, um

teor de cromo de 0,042% em peso, um teor de cobre de 0,173% em peso, um teor de manganês de 0,382% em peso, um teor de molibdênio de 0,013% em peso, um teor de nitrogênio de 0,006% em peso, um teor de níquel de 0,077% em peso, um teor de fósforo de 0,007% em peso, um teor de enxofre de 0,013% em peso.

Em geral, conforme mencionado, o teor de silício está abaixo de 1,0% em peso, o teor de manganês abaixo de 2,0%. Além disso, as quantidades de Cr, Cu, Ni e Mo estão limitadas a 0,20%. As quantidades de fósforo e enxofre estão limitadas a 0,030% em peso. A quantidade de N está limitada a 0,015%.

O fio-máquina é trefilado a seco a partir de um fio-máquina com diâmetro de 5,5 mm até um diâmetro intermediário de 2,0 mm.

Nesse diâmetro intermediário de 2,0 mm, cobre é primeiro eletrogalvanizado sobre o fio de aço, por exemplo, em um banho de pirofosfato de Cu, então, zinco é eletrogalvanizado sobre o fio de aço, por exemplo, em um banho de  $\text{ZnSO}_4$  e, após o que, um tratamento de termodifusão é aplicado de forma a conferir um revestimento de latão sobre o fio.

A termodifusão envolve aquecimento para uma temperatura de 450°C a 600°C. Esse tratamento, contudo, dura apenas uns poucos segundos. Essa temperatura não é tão elevada quanto a temperatura de austenitização. Além disso, a termodifusão não confere uma alteração na estrutura metálica do fio de aço.

Nenhum *patenteamento* ocorre nesse diâmetro intermediário. Similarmente, nenhum outro tratamento térmico, tal como recozimento, ocorre nesse diâmetro intermediário.

Como uma alternativa ao latão, o fio de aço pode ser eletrogalvanizado com zinco.

Voltando ao revestimento de latão, o fio de aço revestido de latão de 2,0 mm é, então, trefilado a úmido até um filamento final com um diâmetro final de 0,45 mm de 1400 MPa.

Finalmente, vários de tais filamentos de 0,45 mm revestidos de latão são torcidos em um cordonel de aço de  $1 + 5 \times 0,45$ . Esse cordonel de



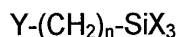
aço com baixo teor de carbono tem uma carga à ruptura de 1270 Newtons.

Outros exemplos de um cordonel da invenção são:

$$3 + 2 \times 0,45$$

$$1 + 4 \times 0,45.$$

- 5 No caso onde o fio de aço foi eletrogalvanizado com zinco, um iniciador de silano pode ser aplicado ao cordonel de aço torcido da seguinte forma. Após uma operação de limpeza opcional, o cordonel de aço pode ser revestido com um primer selecionado de silanos organo funcionais, titanatos organo funcionais e zirconatos organo funcionais os quais são conhecidos
- 10 no campo para a referida finalidade. De preferência, mas não exclusivamente, os primers de silano organo funcionais são selecionados dos compostos da fórmula a seguir:



em que:

- 15 Y representa um grupo organo funcional selecionado de  $-NH_2$ ,  $CH_2-CH-$ ,  $CH_2-C(CH_3)COO-$ , 2,3-epoxipropóxi,  $HS-$  e  $Cl-$

X representa um grupo funcional silício selecionado de  $-OR$ ,  $-OC(=O)R'$ ,  $-Cl$ , em que R e R' são independentemente selecionados de C1 a C4 alquila, de preferência  $-CH_3$  e  $-C_2H_5$ ; e

- 20 n é um número inteiro entre 0 e 10, de preferência de 0 a 10 e, mais preferivelmente, de 0 a 3.

Os silanos organo funcionais descritos acima são produtos comercialmente disponíveis.

- 25 Aplicando o processo de acordo com a invenção, uma economia de 70 kg de  $CO_2$  por Tonelada de cordonel de aço foi obtida. Como um resultado, a caracterização de perfil de carbono do cordonel de aço da invenção foi diminuída em comparação a cordoneis de aço da técnica anterior.

## REIVINDICAÇÕES

1. Filamento de aço adaptado ao reforço de produtos elastoméricos,  
o referido filamento de aço tendo uma composição de carbono uniforme com um teor de carbono oscilando até 0,20 por cento em peso,  
o referido filamento de aço sendo dotado de um revestimento que promove a adesão com produtos elastoméricos ou com produtos termoplásticos,  
o referido filamento de aço sendo trefilado a frio até um diâmetro final de menos de 0,60 mm,  
o referido filamento de aço tendo uma resistência à tensão final de mais de 1200 MPa.
2. Filamento de aço de acordo com a reivindicação 1, em que o referido filamento de aço tem um teor mínimo de carbono de 0,02 por cento em peso.
3. Filamento de aço de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes,  
o referido filamento de aço tendo sofrido uma redução na área seccional transversal de mais de 98 por cento.
4. Cordonel de aço adaptado ao reforço de produtos elastoméricos,  
o referido cordonel de aço compreendendo um ou mais filamentos de aço como definido em qualquer uma das reivindicações precedentes.
5. Cordonel de aço de acordo com a reivindicação 4,  
o referido cordonel de aço tendo uma construção pertencendo ao grupo consistindo em 2 x 1, 3 x 1, 4 x 1, 5 x 1, 1 + 4, 1 + 5, 1 + 6, 2 + 2, 3 + 2, 2 + 3.
6. Método para fabricação de um filamento de aço adaptado ao reforço de produtos elastoméricos, o referido método compreendendo as seguintes etapas:
  - a. fornecimento de um fio-máquina de aço tendo uma composição de carbono uniforme com um teor de carbono de até 0,20 por cento em

peso;

b. trefilação do referido fio-máquina de aço diretamente a um fio de aço com um diâmetro intermediário; desse modo, evitando quaisquer tratamentos térmicos intermediários, tal como *patenteamento*;

5 c. fornecimento, ao referido filamento de aço, de um revestimento que promove a adesão com produtos elastoméricos;

d. trefilação adicional do referido fio de aço revestido a um filamento de aço com um diâmetro final abaixo de 0,60 mm e uma resistência à tensão excedendo a 1200 MPa.

10 7. Método de fabricação de um cordonel de aço adaptado ao reforço de produtos elastoméricos, o referido método compreendendo as seguintes etapas:

a. fabricação de um filamento de aço como definido na reivindicação 6;

15 b. torção de um ou mais de tais filamentos de aço em um cordonel de aço.

8. Uso de um filamento de aço como definido nas reivindicações 1 a 3, ou de um cordonel de aço como definido na reivindicação 4 ou 5, em um produto elastomérico.

20 9. Produto elastomérico ou termoplástico compreendendo um ou mais filamentos como definido nas reivindicações 1 a 3.

10. Produto elastomérico como definido na reivindicação 9, em que o referido produto elastomérico é um pneu.

25 11. Produto termoplástico de acordo com a reivindicação 9 em que o referido produto termoplástico é um feixe de impacto.

## RESUMO

Patente de Invenção: **"FILAMENTO DE AÇO BAIXO CARBONO TREFILADO A FRIO E MÉTODO PARA FABRICAR DITO FILAMENTO"**.

A presente invenção refere-se a um filamento de aço adaptado  
5 ao reforço de produtos elastoméricos ou termoplásticos tem um teor de carbono oscilando até 0,20 por cento em peso. O filamento de aço é dotado de um revestimento que promove a adesão aos produtos elastoméricos ou termoplásticos. O filamento de aço é trefilado até um diâmetro final de menos de 0,60 mm e uma resistência à tensão final de mais de 1200 MPa. Trata-  
10 mentos térmicos intermediários são evitados, de modo que a caracterização de perfil de carbono do filamento de aço é substancialmente reduzida.