

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

(11) **PI 0408916-2 B1**

(22) Data de Depósito: 05/03/2004
(45) Data da Concessão: 11/12/2012
(RPI 2188)



(51) *Int.Cl.:*
C21D 8/00
C21D 9/02

(54) Título: **PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE MOLAS HELICOIDAIS OU DE ESTABILIZADORES.**

(30) Prioridade Unionista: 04/04/2003 DE 103 15 419.1

(73) Titular(es): ThyssenKrupp Automotive AG

(72) Inventor(es): Alexander Borowikow, Hans Dziemballa, Hans Vondracek, Lutz Manke

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE MOLAS HELICOIDAIS OU DE ESTABILIZADORES"**.

Descrição

5 A presente invenção refere-se a um processo para a fabricação de molas helicoidais ou estabilizadores de aço, de acordo com o preâmbulo da reivindicação 1.

Da patente DE 43.40.568.C2 pode ser depreendido um processo para temperar continuamente arame de aço, que contém as seguintes
10 etapas:

- aquecimento rápido do arame a uma temperatura na faixa austenítica com uma velocidade entre 85 e 100° C/s;
- manutenção do arame de aço na faixa austenítica durante um tempo de 10 a 60 s;
- 15 - resfriamento brusco do arame de aço até a temperatura ambiente com uma velocidade > 80° C/s;
- aquecimento rápido à temperatura de têmpera com uma velocidade de 85 a 95° C/s;
- manutenção à temperatura de têmpera durante um tempo de
20 60 a 100 s;
- resfriamento do arame com uma velocidade usual > 50° C/s, para refrigeração por água;

Entre as etapas 2 e 3 o arame pode ser laminado próximo, acima da temperatura de Ac3. Nesse caso, o arame é ovalado em um primeiro
25 passe, no segundo passe é laminado redondo e, em seguida, é puxado por um bocal de calibragem.

Na patente DE 195.46.204 C1 é descrito um processo para a fabricação de objetos com alta resistência de um aço temperado e emprego deste processo para a produção de molas. O aço com (porcentagem em
30 massa) 0,4 a 0,6 % C, até 1% Si, até 1,8% Mn, 0,8 a 1,5% Cr, 0,03 a 0,10% Nb, 0 a 0,2% V, restante de ferro, deve ser tratado como a seguir:

- o material bruto é tratado termicamente em solução na área de

austenita em temperaturas de 1050 a 1200 °C;

- imediatamente a seguir, em uma primeira etapa, o material bruto é deformado a quente em uma temperatura acima da temperatura de recristalização;

5 - imediatamente a seguir, em uma segunda etapa, o material bruto é deformado a quente em uma temperatura abaixo da temperatura de recristalização, mas acima da temperatura de Ac3;

- a seguir o produto laminado é mantido a uma temperatura acima da temperatura de Ac3, para a realização de outros processos de moldagem e de acabamento e em seguida

10 - é resfriado até abaixo da temperatura de martensita, em seguida ao que

- ele é por fim temperado.

Da patente DE 196.37.968 C2 pode ser deduzido um processo termomecânico de alta temperatura, para a fabricação de folhas de mola para molas planas e/ou guias de molas planas, que se baseia em uma fabricação de mola parabólica termomecânica de dois estágios. O processo se baseia nas seguintes etapas:

15 - o material de base é aquecido com uma velocidade de aquecimento entre 4°C/s e 30°C/s para a temperatura de austenitização;

- a temperatura de austenitização é de $1100 \pm 100^\circ\text{C}$;

- o material é resfriado da temperatura de austenitização para a temperatura do primeiro estágio de laminação, com uma velocidade de resfriamento entre 10°C/s e 30°C/s;

25 - a seguir, no primeiro estágio de laminação, a uma temperatura de $1050 \pm 100^\circ\text{C}$ é laminado previamente em um ou mais passes, com uma alteração da forma entre 15% e 80% não constante ao longo do comprimento da folha de mola;

30 - da temperatura do primeiro estágio de laminação é resfriado para a temperatura do segundo estágio de laminação, com uma velocidade de resfriamento entre 10°C/s e 30°C/s;

- no segundo estágio de laminação, com uma temperatura de

880 ± 30°C, com uma alteração da forma entre 15% e 45% constante ao longo do comprimento da folha de mola, é feita a laminação final em um ou mais passes com cilindros que podem ser empregados com carga.

5 Finalmente a patente DE 198.39.383 C2 publica um processo para o tratamento termomecânico de aço para elementos elásticos solicitados por torção, sendo que o material de base é aquecido a uma temperatura acima da temperatura de recristalização e, em seguida, em uma temperatura deste tipo acima da temperatura de recristalização é moldado em, pelo menos, duas etapas de moldagem, de tal modo que, resulta uma recristali-
10 zação da austenita dinâmica e/ou estática. A austenita recristalizada do produto de moldagem, deste modo, é resfriada bruscamente e temperada. Para a cementação deve ser empregado um aço de cromo e silício, com um teor de carbono de 0,35 a 0,75% que é microligado com vanádio ou um outro elemento de ligação.

15 Os processos a serem extraídos do estado da técnica para o tratamento termomecânico de objetos constituídos em aço se baseiam, em essência, em etapas de moldagem de vários estágios, sendo que é necessário um múltiplo resfriamento / aquecimento do material de base para produzir os parâmetros a serem futuramente ajustados no produto final.

20 À invenção cabe a tarefa de preparar um processo para a fabricação de molas helicoidais ou estabilizadores de aço, sendo que o material de base é aquecido a uma temperatura acima da temperatura de recristalização, austenitizado, mantido em equalização de temperatura, depois é moldado e, em seguida, é resfriado bruscamente para formar martensita e
25 revenido que possibilite um aperfeiçoamento dos parâmetros de qualidade específicos ajustados ao perfil de carga do produto final.

Essa tarefa é solucionada por um processo onde o material de base são barras de aço redondas, cuja temperatura de aquecimento é equalizada ao longo do comprimento da barra, que posteriormente são moldadas
30 através de laminação oblíqua, permanecendo retas, de tal modo que é obtida uma torção predeterminada do material na região de borda e um gradiente de deformação desejado através da seção transversal e, sendo que, após

ser superado o grau de deformação crítico, são executados processos de recristalização dinâmicos, em seguida, são submetidas a um reaquecimento acima de Ac_3 a fim de serem finalmente temperadas e revenidas.

O processo de acordo com a invenção prevê que, o material
5 de base, primeiramente, seja aquecido a uma temperatura acima da temperatura de recristalização, e em seguida, ocorra uma equalização de temperatura ao longo de todo o comprimento da barra. Além disso, a temperatura de aquecimento da barra é mantida constante quase até a entrada na fenda de laminação. Com essas etapas de trabalho, é almejada uma estrutura da barra, a mais homogênea possível, tanto através de seu comprimento, como
10 também através de sua seção transversal, que é de grande vantagem para o processo de deformação seguinte. Condicionado pelas características específicas do processo da laminação oblíqua, e por uma fixação objetiva dos parâmetros de laminação, no processo de deformação de uma etapa, ajusta-se uma torção predeterminada do material na região de borda da barra e um gradiente de deformação através da seção transversal da barra. Uma vez que, a direção de deformação, durante a laminação oblíqua, passa oblíqua em relação ao eixo do produto de laminação, e o máximo da deformação se situa na região de borda das barras, o estiramento da estrutura nessa zona de borda é manifestado de modo particularmente forte, e o alinhamento da estrutura nessa zona de borda passa correspondendo à direção de deformação, da mesma forma, oblíqua em relação ao eixo do produto de laminação. Após sobrepor o grau de deformação crítico, é executado o processo de recristalização dinâmico nessa zona de borda, de modo particularmente intenso, de tal modo que uma queda do grau de recristalização
25 pode ser fixada através da seção transversal da barra de fora para dentro. No reaquecimento acima de Ac_3 , que se segue ao processo de deformação, é completada a recristalização estática, que leva, em particular, na zona de borda, à formação de austenita de grão fino. Após têmpera e posterior revenido, a zona de borda é caracterizada por estrutura de martensita fina de
30 alta resistência.

Em relação às soluções conhecidas do estado da técnica, a in-

venção apresenta vantagens consideráveis. No resultado da combinação de uma deformação de uma etapa específica por meio de laminação oblíqua e de um tratamento térmico ajustado a ela, as barras tratadas apresentam um perfil de resistência através de sua seção transversal, que alcança seus valores máximos na região de borda. A direção de torção da estrutura, provocada pela laminação oblíqua na região de borda das barras redondas, corresponde à direção de tensão principal de um componente solicitado por torção, e as características de propriedade das barras resultantes disso, por consequente, abrem condições prévias otimizadas para o emprego, em particular, na indústria de molas. A distribuição de estrutura provocada pelo processo de acordo com a invenção através da seção transversal da barra leva a um perfil de qualidade nas barras redondas processadas prontas, que é adequado ao perfil de tensão através da seção transversal da barra durante a carga de flexão e de torção. Estabilizadores ou molas helicoidais fabricadas de um aço desse tipo podem apresentar, de forma vantajosa, um peso menor com a mesma carga.

Uma vez que, para a formação desses efeitos de resistência vantajosos é necessária apenas uma etapa de deformação, e as etapas de processamento seguintes são realizadas, em essência, em um calor, consequentemente também é necessário apenas um processo de aquecimento para o material de base, o que, condicionado pelo processo, leva a consideráveis economias de energia e de tempo. O processo de acordo com a invenção, por isso, em relação a processos conhecidos, é caracterizado não somente por um aperfeiçoamento das propriedades de resistência e de tenacidade orientadas pela carga do produto pronto, mas, além disso, também pelas vantagens econômicas em virtude do número mínimo de etapas do processo.

De forma vantajosa, o material de base, na forma de barras redondas, é aquecido, indutivamente, com uma velocidade de aquecimento entre 100 até 400 K/s, a uma temperatura entre 700 e 1100°C. Em seguida, ocorre uma equalização da temperatura de aquecimento da barra ao longo de seu comprimento em um período de tempo de, pelo menos, 10 segun-

dos. Com isso é assegurado que a diferença de temperatura ao longo do comprimento da barra não ultrapasse 5 K. Por meio de um dispositivo de reaquecimento apropriado, a temperatura de aquecimento da barra é mantida constante até a sua entrada na fenda de laminação. A deformação propriamente dita ocorre através de uma laminação oblíqua em uma etapa, na qual as barras atravessam a fenda de laminação permanecendo retas. Em função do material do material de base, a deformação é feita, de preferência, em uma faixa de temperatura de 700 - 1150°C. A relação de diâmetros entre diâmetro de partida e diâmetro pronto é escolhida de tal modo que, a laminação oblíqua das barras ocorre com um grau de estiramento λ médio maior que 1,3, e pelo fato de que, o máximo da deformação é de, no mínimo, $\psi = 0,3$. Através de um ajuste visado dos parâmetros de laminação como, por exemplo, número de rotações do cilindro e velocidade de avanço, e por meio de uma escolha especial de contornos de laminação com relações de ângulo específicas, é obtido que o máximo da deformação na região de borda fique entre 0,65 e 1,0 do diâmetro das barras, e que um gradiente de deformação desejado se ajuste através da seção transversal da barra. De preferência, o processo de laminação oblíqua é comandado de tal modo que, no produto de laminação, um aumento de temperatura máximo local de 50 K não seja ultrapassado.

Conicionados pela deformação, após a ultrapassagem de um grau de deformação crítico, são executados processos de recristalização dinâmicos que, em virtude da deformação máxima, na zona de borda, são manifestados de modo mais forte, do que na região de núcleo das barras.

A influência visada sobre a formação de um gradiente de deformação através da seção transversal da barra tem como consequência que, já em virtude da recristalização dinâmica, as primeiras indicações de uma distribuição de estrutura diferenciada se ajustam através da seção transversal da barra. Desse modo, exames metalográficos em barras laminadas de acordo com a invenção, no estado recristalizado, mostram uma redução clara da parte de cristalito austenítico fino da zona de borda em direção da região de núcleo.

A formação de estrutura diferenciada através da seção transversal do produto de laminação, além disso, é reforçada, adicionalmente, por uma característica típica da laminação oblíqua. Uma vez que, durante a laminação oblíqua, a direção de deformação passa inclinada em relação ao eixo do produto de laminação, em particular, nas regiões de borda do produto de laminação, em virtude da deformação mais alta, ocorre um estiramento da estrutura perceptível. Correspondente à direção de deformação, o estiramento da estrutura também passa inclinado em relação ao eixo do produto de laminação e, nas regiões de borda, leva a uma torção do material. Durante o decurso do processo de acordo com a invenção, a direção de torção da estrutura na região de borda das barras, em relação ao eixo longitudinal da barra, é de 35 a 65° graus angulares e ele corresponde, com isso, à direção de tensão principal de um componente solicitado por torção.

Na forma de procedimento representada da laminação oblíqua em uma etapa, a barra a ser laminada atravessa uma fenda de laminação em todo o seu comprimento com geometria da fenda de laminação constante. Essa forma de procedimento é escolhida se tiverem de ser fabricadas barras com diâmetro que permanece igual ao longo de todo o comprimento da barra. O processo de acordo com a invenção, além disso, possibilita uma variante de processo alternativa, na qual a geometria da fenda de laminação no estado de operação é alterada durante a passagem da barra a ser laminada através da fenda de laminação. Essa forma de trabalho flexível é realizada com uma armação de laminação oblíqua, cujos cilindros, em caso de necessidade, durante a deformação, podem ser regulados na direção axial e/ou radial. Dessa forma, o processo de acordo com a invenção possibilita a fabricação de barras redondas com diâmetro variável ao longo do comprimento da barra.

As barras laminadas inclinadas, imediatamente após a saída da armação de laminação, são submetidas a um reaquecimento a uma temperatura acima de Ac3. O reaquecimento ocorre de tal modo que, a diferença de temperatura é limitada através do comprimento de uma barra a 5 K.

Correspondendo à finalidade de aplicação posterior, as barras

laminadas inclinadas e reaquecidas a uma temperatura de recristalização em um calor, ou são enroladas para formar uma mola helicoidal, ou são curvadas para formar um estabilizador. Os componentes enrolados ou curvados são endurecidos, logo em seguida, e são temperados a seguir.

5 As barras que estão previstas para a fabricação de molas de barra de torção, após o reaquecimento, são processadas, mecanicamente, no estado frio em suas extremidades, em seguida, são aquecidas à temperatura acima de A_{c3} , resfriadas bruscamente e temperadas.

Macroexames nas barras processadas prontas apresentam uma
10 distribuição de estrutura típica através da seção transversal da barra como consequência da combinação de acordo com a invenção de laminação oblíqua e tratamento térmico. A zona de borda imediata apresenta estrutura de martensita de grão fino de alta resistência. A região de borda apresenta um estiramento de estrutura contínuo, passando inclinado em relação ao eixo
15 da barra, cuja direção de torção corresponde à direção de tensão principal de um componente solicitado por torção. A estrutura mista perlítico-martensítico da zona de núcleo é de grão maior do que a estrutura na região de borda, e não apresenta fenômenos de torção.

Para o ajuste de parâmetros de resistência e tenacidade otimizados no produto pronto, no processo de acordo com a invenção como material de base, são usadas barras redondas de aço de mola, de preferência, aços de cromo e silício com teor de carbono $< 0,8\%$. De modo alternativo, esses aços podem ser microligados com vanádio ou nióbio.

O objeto da invenção está representado no desenho com auxílio
25 de um exemplo de execução, e será descrito como se segue.

A única Figura mostra a montagem básica de uma linha de passagem para o tratamento termomecânico de acordo com a invenção de barras de aço redondas de um aço de cromo e silício.

As barras a serem tratadas são aquecidas, em uma instalação
30 de indução 1, a uma temperatura acima da temperatura de recristalização, sendo que sua estrutura é austenitizada. No exemplo em questão, as barras de aço redondas são aquecidas com uma velocidade de aquecimento entre

130 K/s, a uma temperatura de 980°C. Em um forno de equalização 2 ligado, posteriormente, à instalação de indução 1, ocorre uma equalização da temperatura de aquecimento das barras por um período de tempo de 15 segundos, de tal modo que o decurso da temperatura através do comprimento das barras apresenta um gradiente de 4 K.

Nesse estado, então, as barras de aço redondas, temperadas de maneira uniforme, são colocadas em um forno de sustentação 3, a fim de manter constante sua temperatura até a entrada na fenda de laminação. As barras aquecidas são transportadas, tanto no forno de equalização 2, como também no forno de sustentação 3, por meio de leitos de rolos 6 e 7.

Em uma estrutura de laminação oblíqua 4, as barras de aço redondas, aquecidas a 980°C, são moldadas em uma etapa de laminação. Nesse caso, a relação de diâmetros entre diâmetro de partida e diâmetro pronto é escolhida de tal modo que, é trabalhado com um grau de estiramento $\lambda = 1,5$ médio, e pelo fato de que o máximo da deformação é de, no mínimo, $\psi = 0,3$. Através do ajuste visado dos parâmetros de laminação como, por exemplo, do número de rotações do cilindro ou da velocidade de avanço, e por meio de uma escolha especial de contornos de laminação com relações de ângulo específicas é obtido que o máximo da deformação na região de borda seja realizado na região de borda entre 0,65 e 1,0 do diâmetro das barras e, por conseguinte, um gradiente de deformação desejado seja ajustado através da seção transversal da barra. Os parâmetros de laminação são ajustados um ao outro de tal modo que, em virtude do processo de deformação, um aumento de temperatura máximo local de 50 K não seja ultrapassado no produto de laminação. A direção de deformação que passa inclinada em relação ao eixo de laminação durante a laminação oblíqua, nas regiões de borda do produto de laminação, por motivo da deformação mais elevada, produz um estiramento da estrutura característico. Correspondendo à direção de deformação, esse estiramento da estrutura também passa inclinado em relação ao eixo do produto de laminação e, nas regiões de borda das barras, leva a uma torção do material. Durante o decurso do processo de acordo com a invenção, a direção de torção da estru-

tura, em relação ao eixo longitudinal das barras, é de 35 a 65° graus angulares, e ela corresponde, com isso, à direção de tensão principal de um componente solicitado por torção.

As barras laminadas, após sua saída da estrutura de laminação obliqua 4, conseguem chegar em um forno de reaquecimento 5 ligado, posteriormente, à armação, no qual, para a garantia de uma recristalização estática completa, elas são submetidas a um reaquecimento acima da temperatura de Ac3. O transporte das barras através do forno de reaquecimento 5 ocorre por meio de um leito de rolos 8. Depois de deixarem o forno de reaquecimento 5, as barras laminadas inclinadas continuam a ser transportadas por meio de um leito de rolos de entrega 9. Desse leito de rolos de entrega 9 as barras são conduzidas às outras etapas de processamento previstas.

Na Figura 1, está representada, esquematicamente, uma linha de produção para a fabricação de molas helicoidais enroladas. Depois as barras são transferidas através do leito de rolos de entrega 9 a uma mesa de levantamento 10, e dali elas conseguem chegar a um banco de enrolamento de CNC 11, onde ocorre o enrolamento para formar molas helicoidais em um calor, após a recristalização. Em sequência ao processo de enrolamento, as barras enroladas, de agora em diante, como molas helicoidais, são transportadas para um tanque de endurecimento 12, no qual elas são resfriadas bruscamente e sua estrutura é transformada em martensita. Em seguida, as molas helicoidais endurecidas são submetidas a um tratamento de revenido não-representado.

Lista dos números de referência

- | | | |
|----|---|------------------------------|
| 25 | 1 | instalação de indução |
| | 2 | forno de equalização |
| | 3 | forno de sustentação |
| | 4 | armação de laminação oblíqua |
| | 5 | forno de reaquecimento |
| 30 | 6 | leito de rolos |
| | 7 | leito de rolos |
| | 8 | leito de rolos |

- 9 leito de rolos de entrega
- 10 mesa de levantamento
- 11 banco de enrolamento de CNC
- 12 tanque de endurecimento

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para a fabricação de molas helicoidais ou estabilizadores de aço, sendo que o material de base é aquecido a uma temperatura acima da temperatura de recristalização, austenitizado, mantido em equalização de temperatura, depois é moldado e, em seguida, é resfriado bruscamente para formar martensita e revenido, caracterizado pelo fato de que o material de base são barras de aço redondas, cuja temperatura de aquecimento é equalizada ao longo do comprimento da barra, que posteriormente são moldadas através de laminação oblíqua, permanecendo retas, de tal modo que é obtida uma torção predeterminada do material na região de borda e um gradiente de deformação desejado através da seção transversal e, sendo que, após ser superado o grau de deformação crítico, são executados processos de recristalização dinâmicos, em seguida, são submetidas a um reaquecimento acima de A_{c3} , depois as barras são enroladas para formar uma mola helicoidal ou são curvadas para formar um estabilizador, e finalmente são temperadas e revenidas.

2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, a direção de torção da estrutura na região de borda da barra redonda corresponde à direção de tensão principal da mola helicoidal ou do estabilizador solicitados por torção.

3. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, a direção de torção da estrutura na região de borda, em relação ao eixo da barra redonda, é de 35° - 65° .

4. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizado pelo fato de que, a laminação oblíqua é realizada em uma etapa.

5. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado pelo fato de que, a laminação oblíqua da barra ocorre com um grau de estiramento λ médio de, pelo menos, 1,3.

6. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 5, caracterizado pelo fato de que, o máximo da deformação na região de borda fica entre 0,65 e 1,0 do diâmetro da barra, e é de, no mínimo, 0,3.

7. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 6, caracterizado pelo fato de que, o material é aquecido com uma velocidade entre 100 - 400 K/s.

5 8. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 7, caracterizado pelo fato de que, o material de base é aquecido a uma temperatura entre 700 e 1100° C.

9. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 8, caracterizado pelo fato de que, o aquecimento ocorre indutivamente.

10 10. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 9, caracterizado pelo fato de que, a equalização da temperatura de aquecimento da barra ocorre através de, pelo menos, 10 segundos.

11. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 10, caracterizado pelo fato de que, a diferença de temperatura ao longo do comprimento da barra não ultrapassa 5 K.

15 12. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 11, caracterizado pelo fato de que, a temperatura de aquecimento da barra é mantida constante quase até sua entrada entre os cilindros.

20 13. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 12, caracterizado pelo fato de que, durante a laminação oblíqua um aumento de temperatura máximo local de 50 K não é ultrapassado.

14. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 13, caracterizado pelo fato de que, a laminação oblíqua é realizada em uma faixa de temperatura de 700 - 1100° C.

25 15. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 14, caracterizado pelo fato de que, os cilindros da armação de laminação oblíqua durante a moldagem são regulados, e as barras redondas são fabricadas com um diâmetro variável ao longo do comprimento da barra.

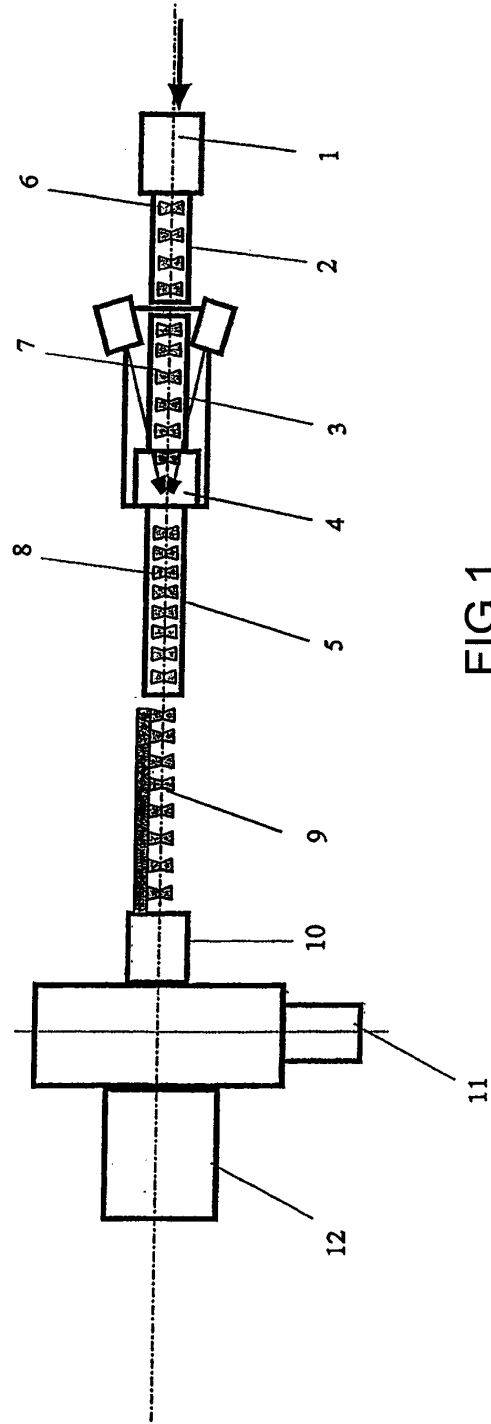
30 16. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 15, caracterizado pelo fato de que, no caso de um reaquecimento acima de Ac3 que se segue à laminação oblíqua, a diferença de temperatura é limitada ao máximo de 5 K, ao longo do comprimento da barra.

17. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações

de 1 a 16, caracterizado pelo fato de que, parte-se de aço de mola.

18. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 16, caracterizado pelo fato de que, parte-se de um aço de cromo e silício.

5 19. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 16, caracterizado pelo fato de que, parte-se de um aço microligado.



RESUMO

Patente de Invenção: **"PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE MOLAS HELICOIDAIS OU DE ESTABILIZADORES"**.

A presente invenção refere-se a um processo para a fabricação
5 de molas helicoidais ou estabilizadores de aço, sendo que o material de base é aquecido a uma temperatura acima da temperatura de recristalização, a estrutura é austenitizada, mantida com equalização de temperatura, depois é moldado e, finalmente, é resfriado bruscamente para formar martensita e revenido, sendo que, o material de base é formado por barras de aço
10 redondas, cuja temperatura de recristalização é equalizada através do comprimento da barra em um forno de equalização, que depois são moldadas através de laminação oblíqua, permanecendo, em essência, retas, sendo que, após sobrepor o grau de deformação crítico, são executados processos de recristalização dinâmicos. Em seguida, as barras de aço redondas, para
15 a recristalização estática completa, são submetidas a um reaquecimento acima da temperatura de Ac_3 , e concluindo, são temperadas de austenita para formar martensita e revenidas.