



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

**(11) PI 1106943-0 B1**

**(22) Data do Depósito: 18/10/2011**

**(45) Data de Concessão: 13/10/2021**



**(54) Título:** PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE FERRAMENTAS DE AÇO DE LIGA, ESPECIALMENTE PARA A USINAGEM DE METAIS COM REMOÇÃO DE APARAS, E FERRAMENTA

**(51) Int.Cl.:** C21D 9/22; C21D 1/25; C21D 6/00; C22C 38/02; C22C 38/04; (...).

**(52) CPC:** C21D 9/22; C21D 1/25; C21D 6/002; C22C 38/02; C22C 38/04; (...).

**(30) Prioridade Unionista:** 18/10/2010 AT A 1732/2010.

**(73) Titular(es):** BÖHLER EDELSTAHL GMBH & CO. KG.

**(72) Inventor(es):** GERT KELLEZI; DEVRIM CALISKANOGLU; ANDREAS BÄRNTHALER.

**(57) Resumo:** PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE FERRAMENTAS DE AÇO COM LIGA E FERRAMENTAS, ESPECIALMENTE PARA A USINAGEM DE METAIS COM REMOÇÃO DE APARAS. A presente invenção refere-se a um processo para a produção de ferramentas para uma usinagem de materiais metálicos e a uma ferramenta. Para produzir uma ferramenta do tipo acima com resistência aperfeiçoada ao desgaste e/ou com alta tenacidade, está previsto, de acordo com a invenção, que um aço com liga com uma composição química em % em peso de carbono (C) 0,7 a 1,3 silício (Si) 0,1 a 1,0 manganês (Mn) 0,1 a 1,0 cromo (Cr) 3,5 a 5,0 molibdênio (Mo) 0,1 a 10,0 tungstênio 0,1 a 19,0 vanádio (V) 0,8 a 5,0 cobalto (Co) a 8,0 bem como alumínio, nitrogênio, ferro e elementos de impurezas como resíduo, é fundido e aquecido a uma temperatura de 8000 a 25000 acima da temperatura do líquido, desoxidado e a superfície da massa em fusão é coberta com uma escória metalurgicamente ativa, que dissolve ácidos e nitretos, depois do que são efetuadas uma adição à massa em fusão, bem como uma distribuição homogênea nesta de 0,4 a 1,4% em peso, de alumínio e os nitretos de alumínio no aço são ajustados para um diâmetro máximo de 38 µm, bem como a taxa de nitrogênio do mesmo é reduzida para um (...).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE FERRAMENTAS DE AÇO DE LIGA, ESPECIALMENTE PARA A USINAGEM DE METAIS COM REMOÇÃO DE APARAS, E FERRAMENTA"**.

[001] A presente invenção refere-se a um processo para a produção de ferramentas para uma usinagem de materiais metálicos.

[002] Além disso, a invenção refere-se a ferramentas com remoção de aparas.

[003] Ferramentas de aço de liga, especialmente aço rápido, com uma composição química em % em peso, de

|                 |            |
|-----------------|------------|
| carbono (C)     | 0,7 a 1,3  |
| silício (Si)    | 0,1 a 1,0  |
| manganês (Mn)   | 0,1 a 1,0  |
| cromo (Cr)      | 3,5 a 5,0  |
| molibdênio (Mo) | 0,1 a 10,0 |
| tungstênio      | 0,1 a 19,0 |
| vanádio (V)     | 0,8 a 5,0  |
| cobalto (Co)    | a 8,0      |

[004] bem como alumínio, nitrogênio, ferro e elementos de impurezas como resíduo, são essencialmente conhecidos.

[005] Por exemplo, na GB 2.096.171 A são propostas ligas de aço rápido, cuja taxa de elementos vanádio, tungstênio e molibdênio deve ultrapassar um valor de soma de 2% em peso, sendo que no desenvolvimento da invenção, a concentração de silício mais alumínio deve ser ajustada sob um valor máximo de 3,5% em peso. Através dessas medidas, deve ser obtido um efeito benéfico sobre as propriedades da ferramenta, as quais parecem ser obteníveis, ademais, somente por meio de cobalto.

[006] De acordo com a US 2006/0180249 A1, foi proposto ligar um aço rápido de baixa liga (C = 0,5 – 0,75% em peso, Cr = 5,0 –

6,0% em peso, W = 0,5 – 2,0% em peso, V = 0,7 – 1,75% em peso) com alumínio até 0,1% em peso e nitrogênio até 0,04% em peso, em que o equivalente Mo deve perfazer 2,5 – 5,0% em peso, bem como o valor do equivalente Mo quebrado pela taxa de vanádio, 2 a 4.

[007] A US 6.200.528 B1 publica um aço rápido de liga complexa, que pode ser vantajosamente produzido com um processo de desoxidação especial. Essa ferramenta, que deve ter propriedades de alta temperatura aperfeiçoadas, está ligado com 0,03 a 1,25% em peso, de alumínio e apresenta taxas de nitrogênio de mais de 0,03 a mais de 0,04% em peso.

[008] A parte preponderante dos aços de ferramentas com liga de alumínio propostos, especialmente dos aços rápidos, não é usada para a produção de ferramentas de maquinagem. Embora, de fato, haja mesmo evidências de que algumas propriedades específicas das ferramentas podem ser influenciadas de forma favorável pelas taxas de alumínio no aço, opcionalmente de até 2% em peso, contudo, uma segurança de qualidade desejada e um alto perfil de qualidade global da ferramenta não parece estar presente em proporção suficiente ou não de maneira convincente. Em outras palavras: em instalações de usinagem modernas, a ferramenta, com base nas tecnologias de trabalho previstas, é simultaneamente exposta a um grande número de altas solicitações tribológicas e de desgaste mecânicas também à temperatura elevada, em que uma falha das mesmas em apenas um tipo de solicitação requer uma substituição dispendiosa da ferramenta, pelo menos do ponto de vista econômico.

[009] Na aplicação prática, provavelmente também pelos motivos de uma possível insegurança qualitativa, as ferramentas com liga de alumínio são usadas somente em pequeno volume.

[0010] O técnico sabe que taxas de alumínio no aço amarram fortemente o campo gama no diagrama de fases.

[0011] Carbono em ligas de ferro-alumínio amplia o campo gama, sendo que, no entanto, a solubilidade para carbono no cristal  $\gamma$  misto é reduzida através do alumínio.

[0012] De acordo com a literatura técnica, as taxas de alumínio no aço da ferramenta podem contribuir, através de separações de nitreto, para a formação do grão fino do material, pelo que, contudo, no caso de um tratamento térmico, uma profundidade de têmpera na peça pode ser fortemente reduzida.

[0013] No caso de aços rápidos, aconselham-se nos livros técnicos, muitas vezes além dos elementos de liga cromo, tungstênio, molibdênio e vanádio, também adições de titânio e/ou tântalo e/ou nióbio, para poder usar, com alumínio e nitrogênio, uma temperatura de têmpera mais elevada no tratamento da ferramenta ou minimizar sua sensibilidade ao superaquecimento através da formação do grão grosso.

[0014] De acordo com um grande número de opiniões técnicas, o alumínio no aço rápido só pode reduzir opcionalmente as ocorrências de corrosão na superfície da ferramenta e agir de forma favorável em relação a uma erosão.

[0015] Para uma análise crítica abrangente de um grande número de documentos sobre o estado da técnica, bem como de resultados de pesquisas, não é possível deduzir desses quaisquer referências evidentes garantidas através da ação de alumínio em aços de ferramentas, sendo que o técnico não conhece também a origem de uma falha prematura ou de um período de aplicação prolongado revelado de uma ferramenta com liga de alumínio.

[0016] Pesquisas gerais mostraram que com taxas cada vez maiores de elementos do 4º e 5º grupo do sistema periódico (IUPAC 1988) e carbono no aço da ferramenta, especialmente no aço rápido, a proporção de monocarbeto neste pode aumentar e melhorar tanto a resistência ao desgaste do material da ferramenta, sendo que contudo,

de maneira desvantajosa com base na formação grossa do carbetos, com isso, a resistência do material diminui essencialmente, de modo que aumenta o perigo de uma rutura e rompimento da ferramenta.

[0017] Além disso, as taxas de vanádio como elemento formador de monocarbeto importante até aproximadamente 5% em peso, em presença de elementos do grupo 6 do sistema periódico (JUPAC 1988), especialmente de molibdênio até 10% em peso, opcionalmente de tungstênio até 19% em peso e cromo até 6% em peso, no aço da ferramenta, causam somente poucos monocarbeto duros resistentes ao desgaste, sendo que a principal proporção de carbetos na ferramenta temperada está essencialmente presente como carbetos misto do tipo  $Me_2C$ , bem como  $M_6C$ , os quais têm uma resistência à abrasão menor do que os monocarbeto.

[0018] Aqui, a invenção visa resolver a situação e tem como objetivo indicar um processo, por meio do qual pode ser efetuada uma produção de ferramentas com melhor resistência ao desgaste e/ou maior resistência do material da ferramenta no estado melhorado, evitando danos da ferramenta atualmente muitas vezes não identificáveis com precisão pelo técnico de forma causal.

[0019] Além disso, o objetivo da invenção é indicar um material de ferramenta, que, em cada caso após um tratamento térmico, apresenta seguramente um perfil de propriedades invariavelmente elevado, essencialmente aperfeiçoado da ferramenta com remoção de aparas.

[0020] O objetivo é obtido com um processo genérico para a produção de ferramentas, formadas de uma liga de aço com uma composição química em % em peso, de

|               |           |
|---------------|-----------|
| carbono (C)   | 0,7 a 1,3 |
| silício (Si)  | 0,1 a 1,0 |
| manganês (Mn) | 0,1 a 1,0 |
| cromo (Cr)    | 3,5 a 5,0 |

|                 |            |
|-----------------|------------|
| molibdênio (Mo) | 0,1 a 10,0 |
| tungstênio      | 0,1 a 19,0 |
| vanádio (V)     | 0,8 a 5,0  |
| cobalto (Co)    | até 8,0    |

[0021] bem como alumínio, nitrogênio, ferro e elementos de impurezas como resíduo, sendo que em um primeiro estágio, uma liga com a composição acima, com exceção do elemento alumínio, é fundida e aquecida a uma temperatura de 80°C a 250°C acima da temperatura do líquido, desoxidada e a superfície da massa fundida é opcionalmente coberta na panela de fundição com uma escória metalurgicamente ativa contendo espatoflúor, que dissolve óxidos e nitretos, e essa é fundida pelo menos na faixa limite em relação ao aço líquido, depois do que são efetuadas uma adição à massa fundida, bem como uma distribuição homogênea nessa de 0,4 a 1,4% em peso, de alumínio e a massa fundida de aço é movimentada de forma turbulenta e os nitretos de alumínio do aço líquido com um diâmetro maior do que 38 µm dissolvidos na escória de modo tal ou ajustados no aço para um diâmetro máximo de 38 µm, bem como a taxa de nitrogênio dos mesmos é reduzida abaixo de 0,012% em peso, sendo que a introdução e reação de magnésio para ou na massa fundida efetuam um ajuste à temperatura de fundição desejada e uma fundição da massa fundida para formar blocos com uma solidificação dos mesmos, depois do que, em um segundo estágio, é efetuado um processamento convencional do material de blocos para formar objetos em uma forma de ferramenta desejada e em um terceiro estágio, é efetuado um tratamento térmico da ferramenta moldada com pelo menos uma única austenitização do material a uma temperatura, em cada caso, inferior a 1210°C e pelo menos um revenido na faixa de temperatura de 500°C a 600°C e na sequência, uma remoção de aparas da adição de usinagem da ferramenta.

[0022] Através de pesquisas, bem como ensaios do material, foi demonstrado que em um aço de ferramenta líquido fundido acabado de acordo com o estado da técnica, especialmente em um aço rápido, em uma liga com alumínio no forno ou na panela de fundição são formados nitretos e óxidos grossos, cujas inclusões continuam a crescer em uma solidificação para formar blocos e formam partículas não metálicas angulares, grossas, que após uma transformação para ferramentas estão presentes direcionados ou não homogêneos e dessa maneira, podem influenciar as propriedades da ferramenta de forma desvantajosa.

[0023] As vantagens obtidas com o processo de acordo com a invenção são vistas no fato de que através da adição de alumínio, os nitretos e óxidos formados no aço líquido coagulam e são separados e dessa maneira, a taxa de nitrogênio e de oxigênio da massa fundida diminui decisivamente. Nesse caso, é importante que a temperatura da massa fundida, a temperatura do líquido, seja em pelo menos 80°C mais elevada, para obter uma formação de nitreto, óxido ou nitreto de óxido desejada com o alumínio. Temperaturas de superaquecimento da massa fundida mais elevadas do que 250°C são desfavoráveis quanto à cinética da reação e à tecnologia de fundição.

[0024] Adições de alumínio até 0,4% em peso causam uma amarração de nitrogênio e formação de óxido no metal líquido. Taxas de alumínio acima de 0,4% em peso promovem uma coagulação dos compostos de nitrogênio, bem como um engrossamento dos óxidos e dessa maneira, uma separação em uma escória ativa, de modo que com vantagem, permanecem meramente inclusões com um diâmetro menor do que 38 µm no aço.

[0025] No entanto, isso requer um movimento turbulento da massa fundida na panela de fundição com uma cobertura com escória ativada, cujo movimento pode ser obtido de acordo com o estado da técnica.

ca, através de lavagem com argônio ou através do campo de ondas magnéticas progressivas. Desse modo, de acordo com a invenção, a taxa de nitrogênio do aço pode ser reduzida abaixo de 0,02% em peso e a taxa de oxigênio, abaixo de 0,002% em peso.

[0026] Com uma ligação de alumínio à massa fundida e um movimento da mesma no reservatório metalúrgico, a introdução de magnésio no aço líquido é essencial para a invenção. O magnésio como elemento de microliga atua, por um lado, morfogeneticamente sobre a eliminação de carbetos e, por outro lado, sobre a formação da composição das inclusões não metálicas no aço da ferramenta.

[0027] O magnésio promove, tal como foi verificado, em aços de ferramentas contendo vanádio, também em baixas concentrações, a formação de monocarbeto ( $\text{MeC}$ ) e, nesse caso, provoca um recuo quantitativo de carbeto misto do tipo  $\text{Me}_2\text{C}$ ,  $\text{Me}_6\text{C}$  e de outros carbeto com baixa proporção de carbono. Em outras palavras: o magnésio aumenta a atividade do carbono de elementos formadores de monocarbeto na liga e causa, dessa maneira, uma proporção maior de monocarbeto duros, finos no material, com o que é promovida uma resistência ao desgaste do mesmo. Um aumento da resistência com boa tenacidade da matriz pode ser efetuada através da formação de cristais mistos.

[0028] Em uma outra desoxidação e uma dessulfuração do aço líquido, o magnésio introduzido atua formando germes para uma formação de óxido de magnésio, bem como uma formação de óxido misto rica em magnésio e uma formação de oxissulfeto ( $\text{MgO}$ ,  $\text{MgAlO}$ ,  $\text{MgCaO}$ ,  $\text{Mg(AlCa)O}$ ,  $\text{MgOS}$ ), sendo obtida uma distribuição amplamente homogênea de inclusões não metálicas com tamanho pequeno no aço da ferramenta. Produtos de reação ricos em magnésio maiores na massa fundida do aço podem ser descarregados por meio de seu movimento na escória.



[0029] Reações de cadinho possíveis, tal como conhecidas pelo técnico, podem ser utilizadas através de medidas correspondentes.

[0030] Com vantagem, em um tratamento de eliminação de maiores nitretos e/ou óxidos, bem como de oxinitretos e sulfetos da massa fundida, é possível efetuar uma adução de magnésio a este e, nesse caso, ajustar uma temperatura de fundição do aço dependente da composição da massa fundida na panela de fundição.

[0031] Uma fundição para formar blocos, de maneira vantajosa sob gás protetor e uma transformação dos blocos solidificados em pré-material de ferramenta, bem como a produção de ferramentas com remoção de aparas, representam, essencialmente, estágios de produção convencionais.

[0032] Uma austenitização do material a uma temperatura inferior a 1210°C e pelo menos um revenido do aço endurecido na faixa de temperatura de 500°C a 600°C são parâmetros de produção vantajosos.

[0033] O outro objetivo da invenção, fornecer um material de ferramenta, que depois de um tratamento térmico de uma ferramenta formada deste, apresenta uma vida útil essencialmente aumentada da mesma com as mais fortes solicitações no uso prático, é resolvido com uma ferramenta, especialmente ferramenta para uma usinagem com remoção de aparas de materiais metálicos, formados de um aço de liga com uma composição química em % em peso, de

|                 |            |
|-----------------|------------|
| carbono (C)     | 0,7 a 1,3  |
| silício (Si)    | 0,1 a 1,0  |
| manganês (Mn)   | 0,1 a 1,0  |
| cromo (Cr)      | 3,5 a 50   |
| molibdênio (Mo) | 0,1 a 10,0 |
| tungstênio      | 0,1 a 19,0 |
| vanádio (V)     | 0,8 a 5,0  |

|                |               |
|----------------|---------------|
| cobalto (Co)   | a 8,0         |
| alumínio (Al)  | 0,4 a 1,4     |
| nitrogênio (N) | 0,001 a 0,012 |

[0034] ferro (Fe) e impurezas condicionadas pela produção como resíduo, o qual material de ferramenta apresenta uma dureza maior do que 66 HRC e uma distribuição homogênea de inclusões de nitreto com um diâmetro máximo abaixo de 38  $\mu\text{m}$ , bem com inclusões não metálicas, ricas em magnésio e, de fato, do tipo  $\text{MgO}$ ,  $\text{MgAlO}$ ,  $\text{MgCaO}$ ,  $\text{Mg(AlCa)O}$  e  $\text{MgOS}$  com um diâmetro máximo dos compostos menor do que 10  $\mu\text{m}$ .

[0035] Baixas taxas de nitrogênio abaixo de 0,02% em peso, bem como nitretos homogeneamente distribuídos com um diâmetro abaixo de 38  $\mu\text{m}$ , aumentam a tenacidade do material tratado a 66 HRC e impedem amplamente as ruturas da ferramenta ou ruturas das arestas de corte, que podem ocorrer devido ao início do fendimento das arestas de nitretos grossos.

[0036] Uma determinação exata à temperatura ambiente de magnésio dissolvido em uma liga de aço de ferramenta parece ainda não estar cientificamente resolvida. A presença de inclusões não metálicas, ricas em magnésio no material, intermedia, contudo, o fato de uma ação de magnésio no aço a temperaturas mais elevadas devido a uma certa solubilidade. Devido a uma taxa de alumínio de 0,4 a 1,4% em peso, contudo, o oxigênio dissolvido e nitrogênio similar no aço da ferramenta devem ser ligados de modo tal, que o magnésio introduzido como elemento intensifica uma formação de monocarbeto, especialmente de carbeto de vanádio (VC), no qual foi medida uma dureza de aproximadamente 3000  $\text{HV}_{0,02}$  e, com isso, aumenta sua proporção de carbetos duros ou aumenta a resistência da ferramenta ao desgaste.

[0037] De acordo com uma forma de concretização da invenção, é dada preferência a uma ferramenta, na qual o material de ferramenta

apresenta uma taxa em % em peso, de

Al 0,5 a 1,3

[0038] e/ou

N 0,005 a 0,01,

[0039] os nitretos com distribuição homogênea têm um diâmetro inferior a 36 µm e os compostos não metálicos, ricos em magnésio, um diâmetro máximo de 8 µm ou menor.

[0040] A seguir, a invenção é detalhadamente ilustrada com base em resultados de testes e resultados de pesquisas.

[0041] Em um forno de indução de vácuo, um grande número de ligas de teste foi fundido e envasado para formar blocos, a partir dos quais foram retirados pedaços de amostras e pela mesma tecnologia também foram produzidas ferramentas de perfuração.

[0042] Com brocas tratadas termicamente para uma dureza superior a 66 HRC foram efetuados testes de perfuração práticos também em condições operacionais complicadas, nos quais foi determinada a vida útil máxima possível das ferramentas.

[0043] Para apresentar a invenção de modo mais imparcial possível pelas atividades dos elementos de liga em interação, foram selecionados três aços de ferramenta essencialmente com a mesma composição, cuja composição é mostrada na tabela 1.

[0044] As ligas de teste S 630 B, S 630 C e S 630 D foram fundidas com sucata selecionada e matérias-primas puras. Após a aplicação de uma escória contendo espatoflúor sobre a massa fundida, foi efetuada uma desoxidação e uma lavagem da mesma com argônio, para obter, com um ajuste da temperatura de fundição, uma movimentação desejada do banho de aço.

[0045] Após ajustar a temperatura de fundição desejada, efetuou-se a fundição da massa fundida S 630 B para blocos.

[0046] As outras massas em fusão do teste S 630 C e S 630 D

foram produzidas da mesma maneira, contudo, ligadas com diferentes quantidades de alumínio, sendo efetuada e/ou depois, a introdução de magnésio.

[0047] Em princípio, uma adição de magnésio a uma escória pode ser efetuada através de imersão de componentes de magnésio, por exemplo, através da introdução de um fio metálico de enchimento ou agente similar e/ou através de uma reação em cadinho, a qual é conhecida pelo técnico. Uma imersão ou introdução de magnésio no arame líquido é considerada, da parte de cá, como tecnologia segura e a ser preferida.

[0048] Uma fundição de blocos foi efetuada tal como na massa fundida S 630 B.

[0049] Uma composição exata das ligas em comparação é mostrada na tabela 1. Em uma comparação das respectivas concentrações dos elementos nas ligas de teste, pode ser verificado que maiores taxas de alumínio causam decisivamente menores concentrações de oxigênio e nitrogênio no aço.

[0050] Nas peças de amostra modeladas das ligas indicadas, foram efetuadas determinações referentes à existência e tamanho das inclusões não metálicas, ricas em magnésio.

[0051] As pesquisas foram efetuadas com um microscópio eletrônico de exploração:

modelo REM: JEOL JSM 6490 HV

modelo EDX: OXFORD INSTRUMENTSINCA-PENTAFET

x3Si(Li) 30 mm<sup>2</sup>

software: INCA ENERGY/FEATURE

[0052] com uma avaliação de acordo com ASTM E 2142.

[0053] Tal como mostram os dados da tabela 2 referindo-se a S 630 C e S 630 D, uma introdução de magnésio na massa fundida causa a formação de inclusões não metálicas, ricas em magnésio, com o

que resulta a comprovação, de que pelo menos a temperaturas acima da temperatura do líquido da liga, pequenas quantidades de magnésio são solúveis no aço da ferramenta.

[0054] Pesquisas metalográficas das ligas S 630 B, S 630 C e S 630 D mostraram que uma introdução de magnésio na massa fundida leva a uma fração aumentada de monocarbeto no material tratado com a mesma concentração de carbono e os elementos de liga formadores de carbeto restantes.

[0055] Tal como também é evidente das micrografias da figura 1 até figura 3, as proporções de carbeto de vanádio no aço da ferramenta tratado com Mg são essencialmente aumentadas. Se nas amostras termicamente tratadas de S 630 B (figura 1) foi determinado menos do que 0,8% em volume de carbeto de MC, portanto, carbeto de vanádio com uma proporção volumétrica acima de 3,3% em volume de carbeto de  $M_6C$  e carbeto de  $M_2C$  em forma de agulha, então as pesquisas nas amostras das ligas S 630 C (figura 2) e S 630 D (figura 3) tratadas através de adições de magnésio, resultam em uma proporção de (monocarbeto) de vanádio acima de 3,0% em volume.

[0056] Nas figuras 1 até 3, os componentes da estrutura podem ser determinados com base na matiz de luminosidade das faixas. Essas são:

cinza = matriz

branco = carbeto metálico do tipo  $M_6C$

preto = inclusões não metálicas

cinza-claro = monocarbeto (VC).

[0057] A figura 1 mostra a liga S 630 B tratada na imagem da lamínula causticada, apresentando uma proporção de menos do que 0,8% em volume, de carbeto de vanádio e uma taxa de mais do que 3,3% em peso, de carbeto de  $M_2C$  e  $M_6C$ .

[0058] A figura 1a mostra um recorte da figura 1 com maior au-

mento.

[0059] A figura 2 apresenta a liga S 630 C com tratamento de magnésio na mesma representação, em que a proporção de monocarbeto ou carbeto de vanádio perfaz aproximadamente 3,3% em volume e aquela de carbetos de  $M_6C$  de até 2,8% em volume.

[0060] A figura 2a mostra, com maior aumento, uma ampla falha de carbetos de  $M_2C$ .

[0061] A figura 3 mostra a liga S 630 D fundida com adição de magnésio, cujas amostras apresentam uma proporção de carbeto de MC de aproximadamente 3,4% em volume e carbetos de  $M_6C$  na extensão de 2,7% em volume.

[0062] A figura 3a mostra, com maior aumento, um recorte da figura 3.

[0063] As porções das estruturas indicadas são valores médios de respectivamente 18 ensaios.

[0064] Uma ação de maiores proporções de carbetos do tipo MC altamente duros obtidas através da adição de magnésio ao material com baixas proporções de carbetos do tipo  $M_6C$  e especialmente do tipo  $M_2C$ , bem como de outros carbetos que apresentam menores proporções de carbono, sobre a capacidade de ferramentas com remoção de aparas, foi determinada por meio de testes de capacidade de perfuração.

[0065] Com brocas produzidas a partir dos materiais de acordo com as designações S 630 B, S 630 C e S 630 D, com um diâmetro de 6 mm, foram introduzidas cavidades com um número de rotações de 12 m/min e com um progresso da perfuração de 0,08 mm/rotações em um material 42 CrMo4.

[0066] Os valores de capacidade em % das brocas das respectivas ligas são valores médios de respectivamente 18 testes, em que a capacidade das brocas do material S 630 B foi determinada como va-

lor básico com 100%.

[0067] Brocas do material S 630 C apresentam uma capacidade de perfuração de 210%, sendo que com brocas do material S 630 D foi possível obter uma capacidade de 240%.

## REIVINDICAÇÕES

1. Processo para a produção de ferramentas de um aço de liga, especialmente para a usinagem de metais com remoção de aparas, com uma composição química em % em peso de

|                 |            |
|-----------------|------------|
| carbono (C)     | 0,7 a 1,3  |
| silício (Si)    | 0,1 a 1,0  |
| manganês (Mn)   | 0,1 a 1,0  |
| cromo (Cr)      | 3,5 a 5,0  |
| molibdênio (Mo) | 0,1 a 10,0 |
| tungstênio (W)  | 0,1 a 19,0 |
| vanádio (V)     | 0,8 a 5,0  |
| cobalto (Co)    | a 8,0      |

bem como alumínio, nitrogênio, ferro e elementos de impurezas como balanço, caracterizado pelo fato de que em uma primeira etapa uma liga com a composição acima, com exceção do elemento alumínio, é fundida e aquecida a uma temperatura de 80°C a 250°C acima da temperatura de líquido, desoxidada, e a superfície da massa fundida é coberta na panela de fundição com uma escória metalurgicamente ativa contendo espatoflúor, que é fundida pelo menos na região limite ao aço líquido, depois do que é efetuada uma adição à massa fundida, bem como uma distribuição homogênea nessa de 0,4 a 1,4% em peso de alumínio, e a massa fundida de aço é movimentada de forma turbulenta e os nitretos de alumínio do aço líquido, ajustados no aço para um diâmetro máximo de 38  $\mu\text{m}$ , bem como a taxa de nitrogênio dos mesmos é reduzida abaixo de 0,02% em peso, sendo que a introdução e a reação de magnésio na massa fundida é feita com a condição, de formar inclusões não metálicas, ricas em magnésio, sendo do tipo  $\text{MgO}$ ,  $\text{MgAlO}$ ,  $\text{MgCaO}$ ,  $\text{Mg(AlCa)O}$  e  $\text{MgOS}$ , o tamanho dos compostos é ajustado para um diâmetro menor que 10  $\mu\text{m}$ , é feito um ajuste à temperatura de fundição desejada e a massa fundida



é vertida em blocos com a solidificação dos mesmos, depois do que em uma segunda etapa é efetuado um processamento convencional do material de blocos para formar objetos em uma forma de ferramenta desejada e em uma terceira etapa é efetuado um tratamento térmico da ferramenta moldada com pelo menos uma única austenitização do material a uma temperatura inferior a 1210°C cada e pelo menos um revenido na faixa de temperatura de 500°C a 600°C e na sequência, uma remoção de aparas da tolerância de usinagem da ferramenta.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, na primeira etapa da massa fundida desoxidada, o alumínio é acrescentado à liga com uma concentração de 0,4 a 1,3% em peso e o tamanho dos nitretos de alumínio é ajustado para um diâmetro menor do que 34  $\mu\text{m}$  e ocorre uma redução da taxa de nitrogênio do aço para um valor abaixo de 0,02% em peso.

3. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que nas inclusões não metálicas, ricas em magnésio, do tipo MgO, MgAlO, MgCaO, Mg(AlCa)O e MgOS, o diâmetro dos compostos é ajustado para menor que 8  $\mu\text{m}$ .

4. Processo de acordo com as reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que na terceira etapa é efetuada uma austenitização do material ao ser endurecido, a uma temperatura de 1200°C, preferivelmente de no máximo 1160°C, com um período de manutenção nesta de, no máximo, 15 minutos.

5. Ferramenta, especialmente para a usinagem de metais com remoção de aparas, obtida pelo processo como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 4, formada de aço de liga com uma composição química em % em peso de

|               |           |
|---------------|-----------|
| carbono (C)   | 0,7 a 1,3 |
| silício (Si)  | 0,1 a 1,0 |
| manganês (Mn) | 0,1 a 1,0 |

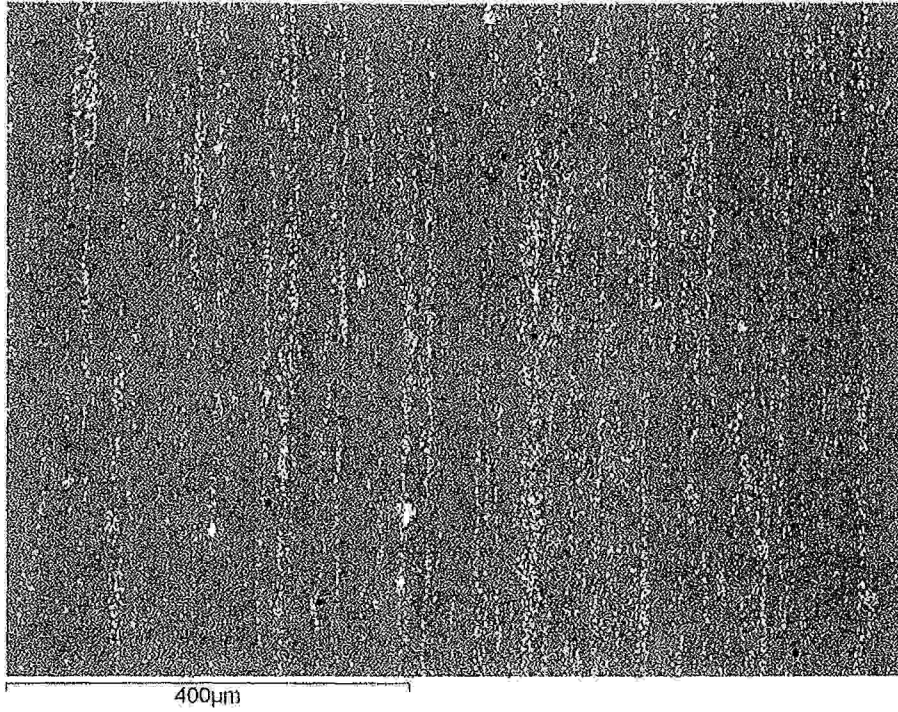
|                 |              |
|-----------------|--------------|
| cromo (Cr)      | 3,5 a 5,0    |
| molibdênio (Mo) | 0,1 a 10,0   |
| tungstênio      | 0,1 a 19,0   |
| vanádio (V)     | 0,8 a 5,0    |
| cobalto (Co)    | a 8,0        |
| alumínio (Al)   | 0,4 a 1,4    |
| nitrogênio (N)  | 0,001 a 0,02 |

ferro (Fe) e impurezas condicionadas pela produção como balanço, caracterizado pelo fato de que o material de ferramenta apresenta uma dureza maior do que 66 HRC e uma distribuição homogênea de nitreto com um diâmetro máximo abaixo de 38  $\mu\text{m}$ , bem com inclusões não metálicas, ricas em magnésio do tipo MgO, MgAlO, MgCaO, Mg(AlCa)O e MgOS com um diâmetro dos compostos de menor que 10  $\mu\text{m}$ .

6. Ferramenta de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o material de ferramenta apresenta uma taxa em % em peso, de

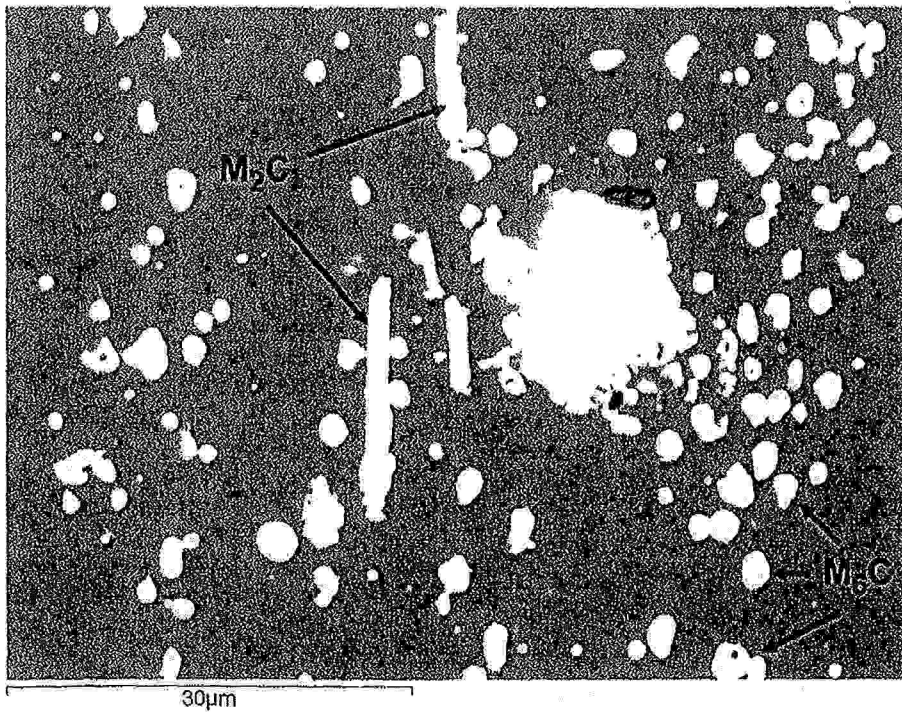
|      |               |
|------|---------------|
| Al   | 0,5 a 1,3     |
| e/ou |               |
| N    | 0,005 a 0,02, |

os nitretos com distribuição homogênea têm um diâmetro inferior a 36  $\mu\text{m}$  e os compostos não metálicos, ricos em magnésio, um diâmetro menor do que 8  $\mu\text{m}$ .



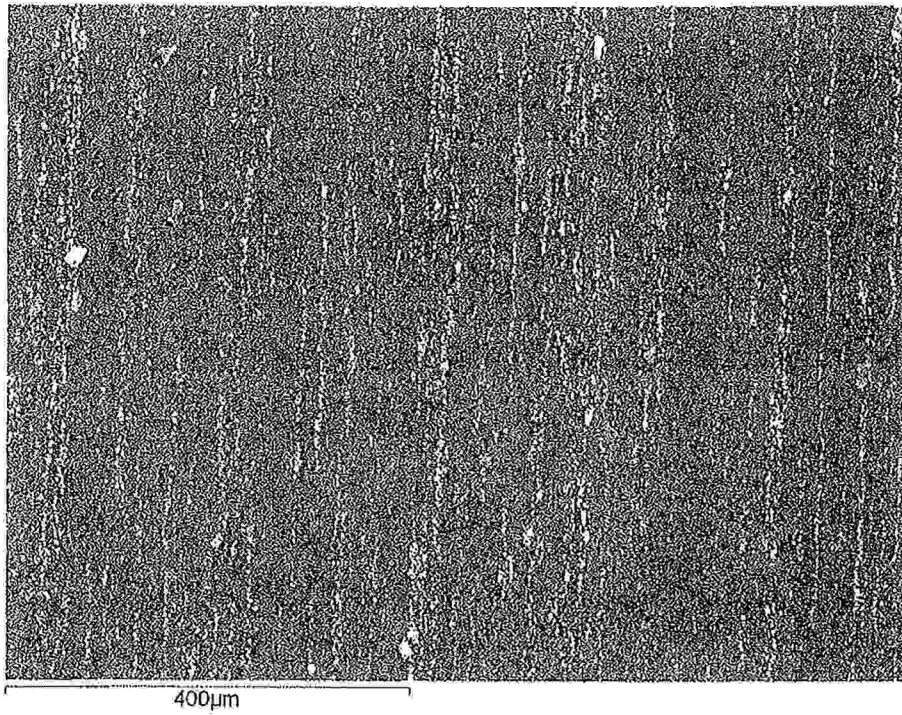
S630B,

Fig. 1



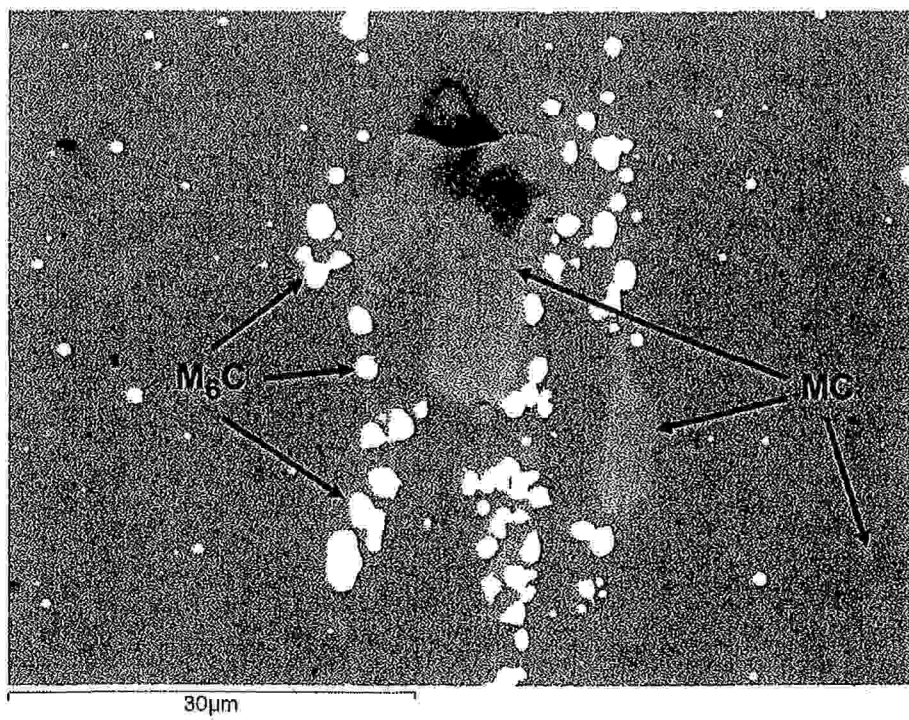
S630B,

Fig. 1a



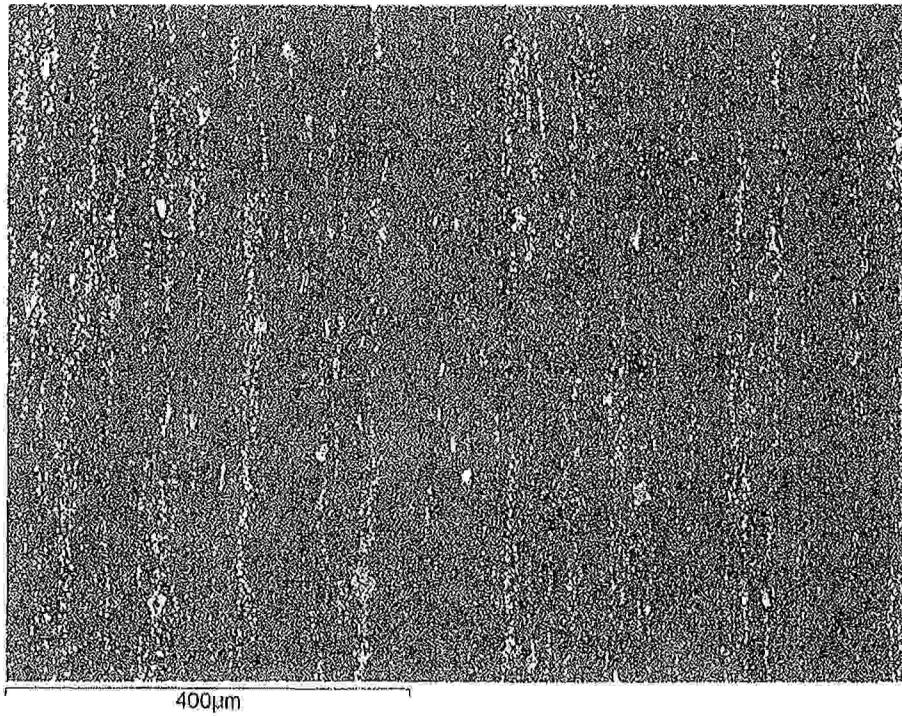
S630C,

Fig. 2



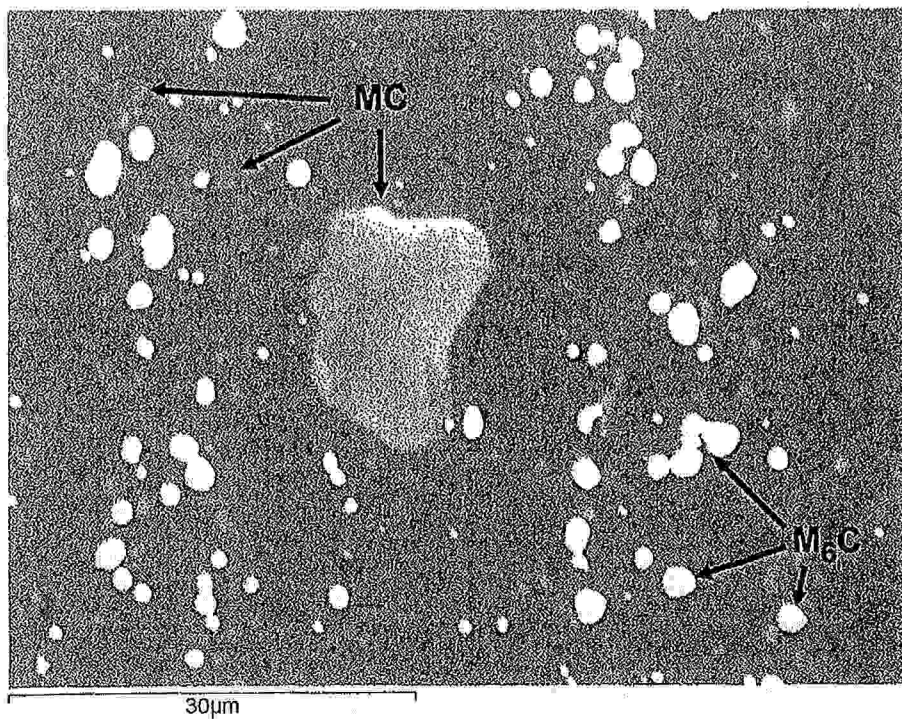
S630C,

Fig. 2a



S630D,

Fig. 3



S630D,

Fig. 3a