



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

(21) **PI0615062-4 A2**



\* B R P I O 6 1 5 0 6 2 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 24/08/2006  
(43) Data da Publicação: 03/05/2011  
(RPI 2104)

(51) *Int.Cl.:*  
C22C 38/24  
C22C 33/02

(54) Título: **LIGA DE AÇO E FERRAMENTAS OU COMPONENTES MANUFATURADOS A PARTIR DA LIGA DE AÇO**

(30) Prioridade Unionista: 24/08/2005 SE 0501876-7

(73) Titular(es): UDDEHOLM TOOLING AKTIEBOLAG

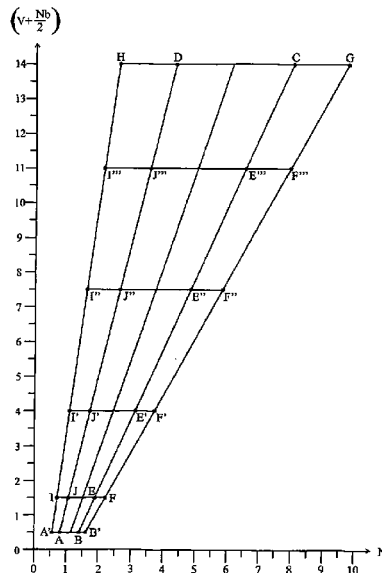
(72) Inventor(es): Lennart Jonson, Odd Sandberg

(74) Procurador(es): MAGNUS ASPEBY E CLAUDIO SZABAS

(86) Pedido Internacional: PCT SE2006050294 de 24/08/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/024192 de 01/03/2007

(57) **Resumo:** LIGA DE AÇO E FERRAMENTAS OU COMPONENTES MANUFATURADOS A PARTIR DA LIGA DE AÇO. A presente invenção se refere a uma liga de aço. Em concordância com a presente invenção, a referida liga de aço é de aço de pó metalurgicamente manufaturado com uma composição química contendo, em % em peso: 0,01 - 2 de C; 0,6 - 10 de N; 0,01 - 3,0 de Si; 0,01 - 10,0 de Mn; 16 - 30 de Cr; 0,01 - 5,0 de Ni; 0,01 - 5,0 (Mo + W/2); 0,01 - 9 de Co; no máximo 0,5 de V e 0,5 - 14 de (V + Nb/2), onde os conteúdos de N por um lado, e de (V + Nb/2) por outro lado, são balanceados uns em relação aos outros de maneira tal que os conteúdos destes elementos estejam dentro de uma área que é definida pelas coordenadas A, E, G, H, A, no sistema de coordenadas na Figura 1, onde as coordenadas de [N, (V + Nb/2)] são: A : [0,6; 0,5], E [1,6; 0,5], G: [9,8; 14,0], H: [2,6; 14,0], e no máximo 7 de (Ti + Zr + AL), o balanço essencialmente somente ferro e impurezas em quantidades normais. O aço é intencionado para ser utilizado na manufatura de ferramentas para moldagem por injeção, moldagem por compressão e por extrusão de componentes de plásticos, e para ferramentas para trabalho a frio, que estão expostas à corrosão. A presente invenção também se refere a componentes de construção tais como bocais de injeção para motores, partes de desgaste, partes de bomba, componentes de mancal, etc. Ainda um outro campo de aplicações é a utilização da liga de aço para a manufatura de facas para indústria alimentícia.





PI0615062-4

" LIGA DE AÇO E FERRAMENTAS OU COMPONENTES  
MANUFATURADOS A PARTIR DA LIGA DE AÇO "

**CAMPO TÉCNICO DA PRESENTE INVENÇÃO**

5 A presente invenção se refere a uma liga de aço de pó metalurgicamente manufaturado intencionada para ser utilizada primordialmente para a manufatura de ferramentas para moldagem por injeção, moldagem por compressão e por extrusão de componentes de plásticos, mas  
10 também para ferramentas expostas à corrosão em trabalhos a frio tais como formação de moldes (de fundição). Um outro campo de aplicação é moldagem por injeção ou pó de plástico/metal - **MIM** - que requer uma baixa fricção e uma boa resistência à corrosão. A presente invenção também se  
15 refere a ferramentas manufaturadas da presente liga de aço, particularmente ferramentas para a formação de plásticos, e ferramentas para a formação e corte de lâminas (folhas) em aplicações de trabalho a frio, e bem como ferramentas para a prensagem de pó. Em adição, a presente invenção também se  
20 refere a componentes de construção tais como bicos de injeção para motores, partes de desgaste, partes de bomba, componentes de mancal, etc. Ainda um outro campo de aplicação é a utilização da liga de aço para a manufatura de facas para indústria alimentícia.

25

**PANORAMA DO ESTADO DA TÉCNICA DA PRESENTE INVENÇÃO**

Em conexão com moldagem por injeção, moldagem por compressão e por extrusão de componentes de plástico, a ferramenta fica exposta para meio corrosivo se originando a  
30 partir dos componentes do plástico, mas também a partir dos

agentes de liberação e de lubrificação que são aplicadas em cima da superfície de ferramenta de maneira a diminuir a fricção entre o plástico e a ferramenta de formação. Dutos de refrigeração com água e seus conteúdos normais de íons cloreto são conhecidos por resultar em danos de corrosão nas ferramentas de formação para plástico. Frequentemente, as ferramentas possuem uma configuração complexa com cavidades. Até mesmo quando uma ferramenta é deixada fora de operação, o líquido remanescente nestas cavidades pode resultar em ataques locais de corrosão se o material não possui a requisitada (necessária) resistência à corrosão. Escoriação e atritos de desgaste são outros campos de problemas que resultam em manutenção aumentada e em produção diminuída.

Escoriação e desgaste adesivo são provocados por micro-soldagem entre partes de ferramenta quando expostas para uma alta pressão de contato que conduz para fragmentos de metal ficando presos sobre as partes de ferramenta e, por consequência, aumentando a fricção. Eventualmente, cisalhamentos ocorrem entre as partes, o que resulta em completa renovação ou substituição destas partes.

Atrito ou corrosão de atrito acontece entre as partes que estão expostas para vibrações ou movimentações cíclicas em conexão com o ciclo de formação. Descoloração das partes de formas devido para produtos de corrosão irá resultar em funcionalidade debilitada e também para descoloração dos produtos de plástico. De maneira a evitar estes problemas, as partes de ferramenta têm que ser polidas, o que significa que com o tempo elas irão perder tolerância e novas partes de ferramenta têm que ser adquiridas.

Um material de ferramenta conhecido que é manufaturado pelo requerente e que é utilizado no presente campo técnico é um aço de formação metalurgicamente manufaturado fundido para plásticos que é conhecido sob a marca registrada *Stavax ESR®*, possuindo a composição nominal **0,38** de **C**; **1,0** de **Si**; **0,4** de **Mn**; **13,6** de **Cr**; **0,30** de **V**; **0,02** de **N**; o balanço ferro e impurezas normais. Este aço possui uma boa resistência à corrosão e uma qualidade de acabamento muito boa.

Ainda um outro material de ferramenta conhecido que é manufaturado pelo requerente e que é utilizado no presente campo técnico é um aço de formação metalurgicamente manufaturado fundido para plásticos que é conhecido sob a marca registrada *Stavax Supreme®*, possuindo a composição nominal **0,25** de **C**; **0,35** de **Si**; **0,55** de **Mn**; **13,3** de **Cr**; **0,35** de **Mo**; **0,35** de **V**; **0,12** de **N**; o balanço ferro e impurezas normais. Este aço possui um conteúdo de carbeto na faixa de **0,5 % em volume** e possui uma resistência à corrosão muito boa e uma qualidade de acabamento muito boa.

Um outro material de ferramenta conhecido que é manufaturado pelo requerente e que é utilizado no presente campo técnico é um aço de formação metalurgicamente manufaturado fundido para plásticos que é conhecido sob a marca registrada *ELMAX®*, possuindo a composição nominal **1,7** de **C**; **0,8** de **Si**; **0,3** de **Mn**; **18,0** de **Cr**; **1,0** de **Mo**; **3,0** de **V**; o balanço ferro e impurezas normais. Este aço possui uma boa resistência à corrosão e a resistência ao desgaste é também boa, mas é desejável adicionalmente aperfeiçoar as propriedades. Dependendo do tratamento a quente, o aço normalmente possui uma dureza a mais alta de **57 HRC - 59**

**HRC** na condição endurecida e temperada, que sob determinadas condições pode ser excessivamente baixa, resultando em danos de impressão quando a ferramenta é utilizada, por exemplo, devido para fragmentos de plástico  
5 que podem ser liberados quando abrindo a ferramenta e terminando entre as metades de ferramenta quando estas são pressionadas uma contra a outra na próxima (seguinte) operação de formação.

Trabalho a frio freqüentemente compreende corte,  
10 puncionamento, delineamento a fundo e outros tipos de formação de peças de trabalho metálicas, usualmente na forma de lâminas (folhas) e normalmente em temperatura ambiente. Ferramentas de trabalho a frio são utilizadas para este tipo de operações, ferramentas sobre as quais um  
15 número de demandas é colocado, e que são difíceis de se combinar. O material de ferramenta deveria possuir uma boa resistência contra desgaste abrasivo, uma dureza adequada, e para algumas aplicações; deveria também possuir uma boa resistência contra desgaste adesivo e também uma rigidez  
20 adequada em sua condição de trabalho.

*Sverker 21* ® é um aço manufaturado convencionalmente com a composição **1,55** de **C**; **0,3** de **Si**; **0,3** de **Mn**; **11,8** de **Cr**; **0,8** de **Mo**; **0,8** de **V**; o balanço ferro e impurezas em conteúdos normais, aço que foi amplamente utilizado para  
25 trabalho a frio e outras aplicações.

O aço anteriormente mencionado, e outros aços no mercado, preenchem altas demandas em resistência ao desgaste abrasivo e rigidez. Eles, entretanto, não preenchem demandas muito altas em resistência ao desgaste  
30 abrasivo, que é freqüentemente um problema dominante em

diferentes tipos de aplicações de ferramentas de formação a frio, tal como prensagem de lâmina, encurvamento de tubulação e forjamento a frio de por exemplo, aços martensíticos ou ferríticos, lâminas de aços inoxidáveis austeníticos e ferríticos, cobre, bronze, alumínio, etc. Tais problemas podem ser diminuídos por lubrificação e/ou revestimento, por exemplo, por técnicas de **PVD** ou de **CVD**, das superfícies de ferramenta por camadas cerâmicas de diminuição de fricção, por exemplo, de **TiN**, por nitração de superfície ou por revestimento com cromo duro, mas tais soluções são dispendiosas e consumidoras de tempo. Além do mais, existe um risco primordial de danos sobre as e/ou escamação das camadas. Reparação se torna muito complicada se ocorrerem danos de desgaste abrasivo ou adesivo, na medida em que o dano está sempre sobre uma parte da ferramenta possuindo uma alta resistência (força). Desgaste abrasivo e adesivo também ocorre entre diferentes componentes de ferramenta.

Em adição para as propriedades anteriormente mencionadas, as ferramentas deveriam possuir resistência à corrosão muito boa, alta rigibilidade, boa resistência ao desgaste, boa amoladura, boa capacidade de maquinação e alta qualidade de acabamento, boa estabilidade dimensional, alta resistência à compressão, boa flexibilidade, boas propriedades de resistência à fadiga e alta pureza.

Pela nitração de fase sólida, os materiais feitos de pó metalurgicamente manufaturado podem ser proporcionados com um alto conteúdo de nitrogênio, por intermédio do que eles alcançam uma camada de nitreto construída. Um exemplo de um tal material é o aço do próprio requerente que é

comercializado sob o nome **VANCRON 40®**, que está compreendido *inter alia* na patente sueca número **SE 514.410**, possuindo as seguintes faixas de composição, em % **em peso**,  
1 - 2,5 C; 1 - 3,5 N; 0,05 - 1,7 Mn; 0,05 - 1,2 Si; 3 - 6  
5 **Cr**; 2 - 5 Mo; 0,5 - 5 W; 6,2 - 17 (V + 2Nb); o balanço ferro e impurezas inevitáveis em conteúdos normais.

É conhecido a partir do artigo "*Influence of nitrogen alloying properties of **PM** tool steels*", 6th Internacional Tooling Conference, Universidade Karlstad 2.002, que  
10 nitrogênio, juntamente com carbono se combinando com vanádio, de maneira a formar carbonitretos **M(C, N)** e carbetos **M<sub>6</sub>C**, possui um efeito positivo sobre as propriedades antiescoriação de uma ferramenta de aço.

#### 15 **DESCRIÇÃO DA PRESENTE INVENÇÃO**

O objetivo da presente invenção é o de solucionar os problemas anteriormente mencionados de maneira a proporcionar um aço primordialmente intencionado para a manufatura de ferramentas para moldagem por injeção,  
20 moldagem por compressão e por extrusão de componentes de plásticos. O aço em concordância com a presente invenção é também adequado para ferramentas para a formação de plásticos, e ferramentas para a formação e o corte de lâminas em aplicações de trabalho a frio, ferramentas para  
25 a prensagem de pó, componentes de construção, tais como bocais de injeção para motores, partes de desgaste, partes de bomba, componentes de mancal, etc., e bem como facas para utilização em indústria alimentícia. A presente invenção também se refere a componentes de construção, tais  
30 como bocais de injeção para motores, partes de desgaste,

partes de bomba, componentes de mancal, etc. Ainda um outro campo de aplicação é o de facas para indústria alimentícia. Para os propósitos anteriormente mencionados é desejável que o aço possua uma resistência a corrosão muito boa ao mesmo tempo em que o aço devesse possuir uma resistência muito boa ao desgaste adesivo e abrasivo misturados, particularmente, uma boa resistência à escoriação e atritos de desgaste, e possuir uma alta rigibilidade. Em adição para as propriedades anteriormente mencionadas que são muito importantes, a liga de aço deveria também preencher uma ou algumas das seguintes propriedades:

- Boa resistência à corrosão em cavidade em maquinação de centelha;
- 15 • Alta resistência à compressão na condição endurecida e temperada;
- Boa flexibilidade/rigidez;
- Boas propriedades de resistência à fadiga;
- Alta pureza;
- 20 • Boas propriedades de tratamento a quente na faixa de **950 °C - 1.150 °C**;
- Boa rigibilidade; deveria possibilitar para endurecimento e temperamento para uma dureza entre **45 HRC - 62 HRC**, para ser utilizada em lâminas, tiras ou hastes a partir de cerca de **0,5 mm** e até de dimensões de haste de **Ø 500 mm e 400 mm X 600 mm**;
- 25 • Boa estabilidade dimensional em tratamento a quente e também durante utilização de longa duração da ferramenta que é manufaturada do aço;
- 30

- Deveria ter a capacidade de ser utilizada em condição não revestida;
- Deve possibilitar para revestimento de superfície por **PVD/CVD**/nitração;
- 5 • Condutividade térmica adequada; e
- Boa qualidade de acabamento.

Os objetivos primordiais anteriormente mencionados e um ou alguns dos outros propósitos em concordância com a listagem anteriormente podem ser conseguidos pela liga de aço possuindo uma composição química na qual os conteúdos são determinados como % **em peso**, e pela ferramenta manufaturada da liga de aço tendo sido tratada por calor da maneira especificada nas **reivindicações de patente** 15 acompanhantes.

O material de aço em concordância com a presente invenção é pó metalurgicamente manufaturado, o que é um pré-requisito para que o aço venha a ser altamente livre a partir de inclusões de óxido. A manufaturação metalúrgica de pó preferivelmente compreende atomização de gás de um fundido de aço, com nitrogênio como gás de atomização, o que irá proporcionar a liga de aço um determinado conteúdo mínimo de nitrogênio, nitração de fase sólida do pó seguida por consolidação por prensagem isostática a quente. O aço 20 pode ser utilizado nesta condição ou depois do forjamento/laminação para dimensões finais.

Para os elementos de liga compreendidos no aço, o seguinte deveria ser aplicado.

Carbono deveria primordialmente existir no aço, em 30 concordância com a presente invenção, em um conteúdo que é

adequado para este (aço), juntamente com nitrogênio em solução sólida na matriz do aço, para contribuir para determinar ao aço, em sua condição endurecida e temperada, uma alta dureza, de até **60 HRC - 62 HRC**. Carbono pode também estar incluído, juntamente com nitrogênio, em precipitados primários de nitritos **M<sub>2</sub>X**, carbetos e/ou carbonitretos, onde **M** é essencialmente cromo e **X** é essencialmente nitrogênio, e bem como em precipitados primários de nitretos **MX**, carbetos e/ou carbonitretos, onde **M** é essencialmente vanádio e **X** é essencialmente nitrogênio, e estar incluído em carbetos possivelmente existentes **M<sub>23</sub>C<sub>6</sub>** e/ou **M<sub>7</sub>C<sub>3</sub>**.

Juntamente com nitrogênio, carbono deveria determinar a dureza desejada e formar as fases duras compreendidas. O conteúdo de carbono no aço, isto é, carbono que está dissolvido na matriz de aço e carbono que está ligado em carbetos e/ou carbonitretos, deveria ser mantido em um nível que é tão baixo quanto possa ser motivado por razões econômicas de produção e por razões de fase. O aço deveria ter capacidade de ser austenitizado e ser convertido para martensita quando sendo endurecido. Se necessário, o material deveria ser submetido à baixa temperatura de resfriamento de maneira a evitar austenita residual. O conteúdo de carbono deveria preferivelmente ser de pelo menos **0,01 %**, ainda mais preferido de pelo menos **0,05 %**, e o mais preferido em pelo menos **0,1 %**. O conteúdo de carbono poderia ser permitido estar em um máximo de **2 %**. Testes mostraram que o conteúdo de carbono pode preferivelmente estar num intervalo de **0,13 % - 2,0 %**. Dependendo do campo de aplicação, o conteúdo de carbono é adaptado em relação à

quantidade de nitrogênio no aço e ao conteúdo total primordialmente da formação de carbetos de elementos de vanádio, molibdênio e cromo no aço, de modo tal que ao aço é determinado um conteúdo de carbetos, nitretos e/ou carbonitretos  $M_2X$  de **2 % em volume - 10 % em volume**, e um conteúdo de carbetos, nitretos e/ou carbonitretos  $MX$  de **5 % em volume - 40 % em volume**. Carbetos  $M_{23}C_6$  e/ou  $M_7C_3$  podem também existir em conteúdos de até **8 % em peso - 10 % em peso**, primordialmente em conjunção com conteúdos muito altos de cromo. O conteúdo total de carbetos, nitretos e/ou carbonitretos  $MX$ ,  $M_2X$  e  $M_{23}C_6/M_7C_3$  no aço não deveriam, entretanto, exceder **50 % em volume**. Em adição a isto, a existência de outros carbetos no aço deveria ser minimizada de modo que o conteúdo de cromo que está dissolvido na austenita não chegue abaixo de **12 %**, preferivelmente é de **13 %**, e ainda mais preferido de pelo menos **16 %**, o que garante que o aço consiga uma boa resistência à corrosão.

Nitrogênio é um elemento de liga essencial no aço em concordância com a presente invenção. Similarmente ao carbono, nitrogênio deveria estar compreendido em uma solução sólida na matriz do aço de maneira a proporcionar ao aço uma dureza adequada e de maneira a formar as fases duras desejadas. Nitrogênio é preferivelmente utilizado como um gás de atomização no processo metalúrgico de pó de metal. Por tal manufaturação de pó, o aço irá ser concretizado a conter nitrogênio em um máximo de cerca de **0,2 % - 0,3 %**. A este pó de metal pode após isso ser determinado conteúdo de nitrogênio desejado por qualquer técnica conhecida, tal como pressurização em gás de nitrogênio ou por nitração de fase sólida do pó

manufaturado, o que significa que o aço preferivelmente contém pelo menos **0,6 %**, adequadamente pelo menos **0,8 %**, e o mais preferido pelo menos **1,2 %** de nitrogênio. Por aplicação de pressurização em gás de nitrogênio ou nitração  
5 de fase sólida, é evidentemente também possível deixar a atomização acontecer com algum outro gás de atomização, tal como argônio.

De maneira a não provocar problemas de fragilidade e proporcionar austenita residual, nitrogênio deveria existir  
10 em um máximo de **10 %**, preferivelmente **8 %**, e ainda mais preferido um máximo de **6 %**. Por vanádio, mas também outros formadores fortes de nitreto/carbeto, tal como cromo e molibdênio, possuindo uma tendência para reagir com nitrogênio e carbono, o conteúdo de carbono deveria ao  
15 mesmo tempo ser adaptado para este alto conteúdo de nitrogênio, tal que o conteúdo de carbono é maximizado para **2 %**, preferivelmente não mais do que **1,5 %**, adequadamente não mais do que **1,2 %** para os conteúdos de nitrogênio anteriormente proporcionados. Deveria, entretanto, ser  
20 levado em consideração que resistência à corrosão diminui em um conteúdo de carbono aumentado e que também a resistência à escoriação pode ser diminuída primordialmente devido para a possível formação de carbetos relativamente grandes de cromo, **M<sub>23</sub>C<sub>6</sub>** e/ou **M<sub>7</sub>C<sub>3</sub>**, o que é uma desvantagem,  
25 comparado a se o aço em concordância com a presente invenção fosse proporcionado com um conteúdo de carbono mais baixo do que os conteúdo máximos anteriormente proporcionados.

No caso em que é considerado ser suficiente para o aço  
30 possuir conteúdos de nitrogênio mais baixos é,

conseqüentemente, desejado também diminuir o conteúdo de carbono. O conteúdo de carbono é preferivelmente limitado para níveis tão baixos como poderiam ser motivados por razões de custo, mas em concordância com o conceito da presente invenção, o conteúdo de carbono pode ser variado em um conteúdo de nitrogênio determinado, por intermédio do que os conteúdos de partículas de fase dura e a dureza do aço podem ser adaptados dependendo do campo de aplicação para o qual o aço é intencionado. Também nitrogênio contribui nos conteúdos determinados dos elementos de liga inibidores de corrosão cromo e molibdênio para promover a formação de carbonitretos **MX** e para suprimir a formação de **M<sub>23</sub>C<sub>6</sub>** e/ou **M<sub>7</sub>C<sub>3</sub>** que de uma maneira desfavorável reduz as propriedades de corrosão do aço. Exemplos de aços em concordância com a presente invenção, as composições dos quais foram adaptadas para diversos perfis de propriedade, estão adicionalmente mostrados nas **Tabelas 2a - 5a** abaixo.

Silício é compreendido como um resíduo a partir da manufatura do aço e existe em um mínimo de **0,01 %**. Em conteúdos mais altos, silício irá resultar em endurecimento de solução, mas também alguma fragilidade. Silício é também um forte formador de ferrita e deveria, conseqüentemente, não existir em conteúdos de até **3,0 %**. Preferivelmente, o aço não contém mais do que um máximo de **1,0 %** de silício, adequadamente não mais do que **0,8 %**. Um conteúdo nominal de silício é de **0,3 %**.

Manganês contribui para determinar ao aço uma boa rigibilidade. Rigibilidade é uma propriedade importante do aço, em particular para a primeira concretização preferida do aço, em que o aço deveria ser utilizado para a

manufaturação de ferramentas para moldagem por injeção, moldagem por compressão e por extrusão de componentes plásticos, e bem como para ferramentas de moldagem para plásticos, ferramentas que podem ser de dimensões de curso.

5 De maneira a evitar problemas de fragilidade, manganês não deveria estar presente em conteúdos de até **10,0 %**. Preferivelmente, o aço não contém mais do que um máximo de **5,0 %** de manganês, adequadamente de não mais do que **2,0 %** de manganês. Em outras concretizações em que rigibilidade  
10 não é da mesma importância, manganês existe em baixos conteúdos no aço como um resíduo a partir da manufaturação do aço, e por formação de sulfeto de manganês, ele aglutina as quantidades de enxofre que podem estar presentes. Conseqüentemente, manganês deveria existir em um conteúdo  
15 de pelo menos **0,01 %** e uma faixa adequada de manganês está dentro de **0,2 % - 0,4 %**.

Cromo deveria estar presente em um conteúdo mínimo de **16 %**, preferivelmente de pelo menos **17 %** e ainda mais preferido de pelo menos **18 %**, de maneira a determinar ao  
20 aço uma resistência à corrosão desejada. Cromo é também um importante formador de nitreto juntamente com nitrogênio para determinar ao aço um conteúdo de **2 % em volume - 10 % em volume** de carbetos, nitretos e/ou carbonitretos **M<sub>2</sub>X**, onde **M** é essencialmente **Cr**, mas também conteúdos mais  
25 baixos de **Mo** e **Fe**, contribuindo para resistências à escoriação e ao desgaste desejadas no aço. Cromo é, entretanto, um forte formador de ferrita. De maneira a evitar ferrita depois de endurecimento, o conteúdo de cromo não deveria exceder **30 %**, preferivelmente não mais do que  
30 **27 %**, adequadamente não mais do que **25 %**.

Níquel é um elemento opcional e como tal ele pode opcionalmente estar incluído como um elemento de estabilização de austenita em um conteúdo máximo de **5,0 %**, adequadamente de não mais do que **3,0 %**, de maneira a balancear os altos conteúdos no aço dos elementos de formação de ferrita: cromo e molibdênio. Preferivelmente, o aço em concordância com a presente invenção não contém, entretanto, qualquer níquel deliberadamente adicionado. Níquel pode, entretanto, ser tolerado como uma impureza inevitável que como tal pode existir em um conteúdo de tanto quanto cerca de **0,8 %**.

Cobalto é também um elemento opcional e como tal ele pode opcionalmente estar incluído em um conteúdo máximo de **9 %**, adequadamente de não mais do que **5 %**, de maneira a aperfeiçoar resistência de temperamento.

Molibdênio deveria existir no aço na medida em que ele contribui para proporcionar ao aço uma desejada resistência à corrosão, particularmente contra corrosão em cavidade. Molibdênio é, entretanto, um forte formador de ferrita, o que significa que o aço não tem que conter mais do que um máximo de **5,0 %**, preferivelmente não mais do que **4,0 %**, adequadamente não mais do que **3,5 %** de **Mo**. Um conteúdo nominal de molibdênio é de **1,3 %**.

Em princípio, molibdênio pode ser completamente ou parcialmente substituído por tungstênio, o que, entretanto, não irá proporcionar o mesmo aperfeiçoamento de resistência à corrosão. A utilização de tungstênio também requer o dobro da quantidade quando comparada com molibdênio, o que é uma desvantagem. Além do mais, ele rende uma dificuldade de manipulação de fragmento (refugo).

Vanádio deveria estar presente no aço em um conteúdo de **0,5 % - 14 %**, preferivelmente de **1,0 % - 13 %**, adequadamente de **2,0 % - 12 %**, de maneira a, juntamente com nitrogênio e qualquer carbono existente, vir a formar referidos nitretos, carbetos e/ou carbonitretos **MX**. Em concordância com uma primeira concretização preferida da presente invenção, o conteúdo de vanádio está na faixa de **0,5 % - 1,5 %**. Em concordância com uma segunda concretização preferida da presente invenção, o conteúdo de vanádio está na faixa de **1,5 % - 4,0 %**, preferivelmente de **1,8 % - 3,5 %**, ainda mais preferido de **2,0 % - 3,5 %**, e o mais preferido de **2,5 % - 3,0 %**. Em concordância com esta segunda concretização preferida, um conteúdo nominal de vanádio é de **2,85 %**. Em uma terceira concretização preferida da presente invenção, o conteúdo de vanádio está na faixa de **4,0 % - 7,5 %**, preferivelmente de **5,0 % - 6,5 %**, e ainda mais preferido de **5,3 % - 5,7 %**. Em concordância com esta terceira concretização preferida, um conteúdo nominal de vanádio é de **5,5 %**. Em uma quarta concretização preferida da presente invenção, o conteúdo de vanádio está na faixa de **7,5 % - 11,0 %**, preferivelmente de **8,5 % - 10,0 %**, ainda mais preferido de **8,8 % - 9,2 %**. Em concordância com esta quarta concretização preferida, uma faixa nominal de vanádio é de **9,0 %**. Conteúdos de vanádio de até cerca de **14 %** são conceptíveis dentro do escopo da presente invenção, em combinação com conteúdos de nitrogênio de até cerca de **10 %** e conteúdos de carbono na faixa de **0,1 % - 2 %**, que irão proporcionar ao aço as desejadas propriedades, particularmente quando utilizado em ferramentas de formação e de corte com altas demandas sobre resistência à corrosão

em combinação com uma alta dureza (de até **60 HRC - 62 HRC**) e uma flexibilidade moderada e bem como demandas extremamente altas sobre resistência ao desgaste (abrasivo/adesivo/manchas/atritos de desgaste).

5        Em princípio, vanádio pode ser substituído por nióbio de maneira a formar nitretos, carbetos e/ou carbonitretos **MX**, mas isto requer uma quantidade maior quando comparada com vanádio, o que é uma desvantagem. Nióbio irá também proporcionar aos nitretos, carbetos e/ou carbonitretos, uma  
10 configuração mais angular e torná-los maiores do que nitretos, carbetos e/ou carbonitretos de vanádio puros, o que pode iniciar fraturas ou cavacos, por intermédio disso diminuindo a rigibilidade e a qualidade de acabamento do material. Isto pode ser particularmente sério para o aço em  
15 concordância com a primeira concretização preferida da presente invenção, a composição do qual sendo otimizada levando-se em consideração suas propriedades mecânicas de maneira a conseguir excelente resistência ao desgaste em combinação com boa flexibilidade e alta dureza. Em  
20 concordância com esta primeira concretização da presente invenção, o aço tem que, conseqüentemente, não conter mais do que um máximo de **2 %**, preferivelmente não mais do que **0,5 %**, adequadamente não mais do que **0,1 %** de nióbio. Podem também existir problemas de produção, na medida em que **Nb**  
25 **(C, N)** pode resultar em entupimento da corrente de sangria (extraída) a partir da concha durante atomização. Em concordância com esta primeira concretização da presente invenção, o aço tem que, conseqüentemente, não conter mais do que um máximo de **6 %**, preferivelmente não mais do que  
30 **2,5 %**, adequadamente não mais do que **0,5 %** de nióbio. Na

concretização a mais preferida da presente invenção, nióbio não é tolerado em excesso de uma impureza inevitável na forma de um elemento residual originado a partir das matérias primas para a produção do aço.

5 O conteúdo de nitrogênio deveria, como mencionado, estar adaptado para o conteúdo de vanádio e qualquer nióbio no material, de maneira a proporcionar ao aço um conteúdo de **5 % - 40 % em volume** de nítretos, carbetos e/ou carbonitretos **MX**. As condições para a relação existente  
10 entre **N** e **(V + Nb/2)** estão proporcionadas na **Figura 1** que mostra o conteúdo de **N** em relação ao conteúdo de **(V + Nb/2)** para o aço em concordância com a presente invenção.

As coordenadas dos pontos de canto das áreas mostradas estão em concordância com a **Tabela 1** posteriormente.

15

**Tabela 1: Relação entre N e (V + Nb/2)**

20

25

**Ver Tabela 1 na próxima página 18/56.**

**Tabela 1: Relação entre N e (V + Nb/2)**

30

	N	$(V + Nb/2)$
A	0,8	0,5
A'	0,6	0,5
B	1,4	0,5
B'	1,6	0,5
C	8,0	14,0
D	4,3	14,0
E	1,9	1,5
E'	3,1	4,0
E''	4,8	7,5
E'''	6,5	11,0
F	2,2	1,5
F'	3,7	4,0
F''	5,8	7,5
F'''	8,0	11,0
G	9,8	14,0
H	2,6	14,0
I	0,7	1,5
I'	1,1	4,0
I''	1,6	7,5
I'''	2,1	11,0
J	1,1	1,5
J'	1,7	4,0
J''	2,6	7,5
J'''	3,5	11,0

Em concordância com um primeiro aspecto da presente invenção, os conteúdos de  $N$ , por um lado, e de  $(V + Nb/2)$ , por outro lado, deveriam ser balanceados uns em relação aos

outros de maneira tal que os conteúdos destes elementos irão estar dentro de uma área que é definida pelas coordenadas **A', B', G, H, A''** no sistema de coordenadas na **Figura 1**. Mais preferivelmente, os conteúdos destes

5 elementos estão balanceados dentro de uma área que é definida pelas coordenadas **A, B, C, D, A** no sistema de coordenadas na **Figura 1**.

Em concordância com um segundo aspecto da presente invenção, os conteúdos de **N**, por um lado, e de  $(V + Nb/2)$ , por outro lado, estão balanceados uns em relação aos outros

10 de maneira tal que os conteúdos destes elementos irão estar dentro de uma área que é definida pelas coordenadas **F, G, H, I, F**, e ainda mais preferido dentro de uma área que é definida pelas coordenadas **E, C, D, J, E** no sistema de

15 coordenadas na **Figura 1**.

Em concordância com uma primeira concretização preferida da presente invenção, os conteúdos de nitrogênio, vanádio e qualquer nióbio existente no aço, deveriam ser balanceados uns em relação aos outros de maneira tal que os

20 conteúdos estão dentro de uma área que é definida pelas coordenadas **A', B', F, I, A'**, e ainda mais preferido dentro de uma área que é definida pelas coordenadas **A, B, E, J, A**.

Em concordância com uma segunda concretização preferida da presente invenção, os conteúdos de nitrogênio, vanádio e qualquer nióbio existente no aço, deveriam ser balanceados uns em relação aos outros de maneira tal que os

25 conteúdos estão dentro de uma área que é definida pelas coordenadas **I, F, F', I', I**, e ainda mais preferido dentro de uma área que é definida pelas coordenadas **E, E', J', J, E**.

30

Em concordância com uma terceira concretização preferida da presente invenção, os conteúdos de nitrogênio, vanádio e qualquer nióbio existente no aço, deveriam ser balanceados uns em relação aos outros de maneira tal que os conteúdos estão dentro de uma área que é definida pelas coordenadas  $I', F', F'', I'', I'$ , e ainda mais preferido dentro de uma área que é definida pelas coordenadas  $E', E'', J'', J', E'$ .

Em concordância com uma quarta concretização preferida da presente invenção, os conteúdos de nitrogênio, vanádio e qualquer nióbio existente no aço, deveriam ser balanceados uns em relação aos outros de maneira tal que os conteúdos estão dentro de uma área que é definida pelas coordenadas  $I'', F'', F''', I''', I''$ , e ainda mais preferido dentro de uma área que é definida pelas coordenadas  $J'', E'', E''', J''', J''$ .

Em concordância com uma quinta concretização preferida da presente invenção, os conteúdos de nitrogênio, vanádio e qualquer nióbio existente no aço, deveriam ser balanceados uns em relação aos outros de maneira tal que os conteúdos estão dentro de uma área que é definida pelas coordenadas  $I''', F''', G, H, I'''$ , e ainda mais preferido dentro de uma área que é definida pelas coordenadas  $J''', E''', C, D, J'''$ .

As **Tabelas** posteriormente apresentam **quatro** diferentes composições que exemplificam a presente invenção dentro do escopo da argumentação anteriormente apresentada.

A **Tabela 2a** mostra faixas de composição para um aço em concordância com a primeira concretização preferida da presente invenção.

Tabela 2a

Elemento	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	N
	%	%	%	%	%	%	%
Mínimo	0,10	0,01	0,01	18,0	0,01	0,5	0,8
Alvo	0,20	0,30	0,30	21,0	1,3	1,0	0,95
Máximo	0,50	1,5	1,5	21,5	2,5	2,0	2,0

A **Tabela 2b** mostra faixas de composição ainda mais preferidas para um aço em concordância com a primeira concretização preferida da presente invenção.

Tabela 2b

Elemento	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	N
	%	%	%	%	%	%	%
Mínimo	0,13	0,1	0,1	20,6	0,8	0,8	0,8
Alvo	0,20	0,30	0,30	21,0	1,3	1,0	0,95
Máximo	0,25	1,0	1,0	21,4	1,6	1,1	1,0

A **Tabela 2c** mostra faixas de composição as mais preferidas para um aço em concordância com a primeira concretização preferida da presente invenção.

Tabela 2c

Elemento	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	N
	%	%	%	%	%	%	%
Mínimo	0,15	0,1	0,1	20,6	0,8	0,8	0,8
Alvo	0,20	0,30	0,30	21,0	1,3	1,0	0,95
Máximo	0,25	1,0	1,0	21,4	1,6	1,1	1,0

O aço em concordância com a primeira concretização da presente invenção é adequado para ser utilizado em ferramentas de formação e de corte com altas demandas em resistência à corrosão em combinação com alta dureza (de 5 até **60 HRC - 62 HRC**) e uma boa flexibilidade. O aço em concordância com a primeira concretização da presente invenção possui as demandas as mais baixas em resistência ao desgaste em concordância com a presente invenção. Da mesma forma, o aço deveria possuir uma boa resistência 10 tanto contra desgaste abrasivo e quanto contra desgaste adesivo, e bem como contra escoriação e atritos de desgaste, e bem como em igualdade com materiais já conhecidos. Com uma composição em concordância com as **Tabelas**, o aço possui uma matriz que depois de 15 endurecimento a partir de uma temperatura de austenitização de **950 °C - 1.150 °C** e temperamento em baixa temperatura em cerca de **200 °C - 300 °C, 2 x 2 h**, ou temperamento em alta temperatura em **450 °C - 550 °C, 2 x 2 h**, é composto de martensita temperada com um conteúdo de fases duras que 20 consiste de um total de cerca de **10 % em volume** de **M<sub>2</sub>X**, onde **M** é essencialmente **Cr** e **X** é essencialmente **N**, e **MX**, onde **M** é essencialmente **V** e **X** é essencialmente **N**.

A **Tabela 3a** mostra faixas de composição para um aço em concordância com a segunda concretização preferida da 25 presente invenção.

Tabela 3a

Elemento	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	N
	%	%	%	%	%	%	%
Mínimo	0,10	0,01	0,01	18,0	0,01	2,0	1,3
Alvo	0,20	0,30	0,30	21,0	1,3	2,85	2,1
Máximo	0,50	1,5	1,5	21,5	2,5	4,0	3,0

A **Tabela 3b** mostra faixas de composição ainda mais preferidas para um aço em concordância com a segunda concretização preferida da presente invenção.

Tabela 3b

Elemento	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	N
	%	%	%	%	%	%	%
Mínimo	0,12	0,1	0,1	20,6	1,1	2,7	1,9
Alvo	0,20	0,30	0,30	21,0	1,3	2,85	2,10
Máximo	0,35	1,0	1,0	21,4	1,4	3,0	2,2

A **Tabela 3c** mostra faixas de composição as mais preferidas para um aço em concordância com a segunda concretização preferida da presente invenção.

Tabela 3c

Elemento	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	N
	%	%	%	%	%	%	%
Mínimo	0,13	0,1	0,1	20,6	1,1	2,7	1,9
Alvo	0,20	0,30	0,30	21,0	1,3	2,85	2,10
Máximo	0,35	1,0	1,0	21,4	1,4	3,0	2,2

O aço em concordância com a segunda concretização da presente invenção é bem adequado para ser utilizado em ferramentas de formação e de corte com altas demandas sobre resistência à corrosão em combinação com uma alta dureza (de até **60 HRC - 62 HRC**) e uma boa flexibilidade, e bem como demandas aumentadas em resistência tanto contra desgaste abrasivo e quanto contra desgaste adesivo e contra escoriação e atritos de desgaste. Com uma composição em concordância com as **Tabelas**, o aço possui uma matriz que depois de endurecimento a partir de uma temperatura de austenitização de **950 °C - 1.150 °C** e temperamento em baixa temperatura em cerca de **200 °C - 300 °C, 2 x 2 h**, ou temperamento em alta temperatura em **450 °C - 550 °C, 2 x 2 h**, é composto de martensita temperada com um conteúdo de fases duras que consiste de até cerca de **10 % em volume** de **M<sub>2</sub>X**, onde **M** é essencialmente **Cr** e **X** é essencialmente **N**, e **MX**, onde **M** é essencialmente **V** e **X** é essencialmente **N**.

A **Tabela 4a** mostra faixas de composição para um aço em concordância com a terceira concretização preferida da presente invenção.

**Tabela 4a**

<b>Elemento</b>	<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>Cr</b>	<b>Mo</b>	<b>V</b>	<b>N</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
<b>Mínimo</b>	<b>0,10</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>18,0</b>	<b>0,01</b>	<b>4,0</b>	<b>1,5</b>
<b>Alvo</b>	<b>0,20</b>	<b>0,30</b>	<b>0,30</b>	<b>21,0</b>	<b>1,3</b>	<b>5,5</b>	<b>3,0</b>
<b>Máximo</b>	<b>0,80</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>21,5</b>	<b>2,5</b>	<b>7,5</b>	<b>5,0</b>

A **Tabela 4b** mostra faixas de composição para um aço em

concordância com uma forma ainda mais preferida da terceira concretização preferida da presente invenção.

**Tabela 4b**

Elemento	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	N
	%	%	%	%	%	%	%
<b>Mínimo</b>	0,12	0,1	0,1	20,6	1,1	5,3	2,8
<b>Alvo</b>	0,20	0,30	0,30	21,0	1,3	5,5	3,0
<b>Máximo</b>	0,50	1,0	1,0	21,4	1,4	5,6	3,1

5

O aço em concordância com a terceira concretização da presente invenção é bem adequado para ser utilizado em ferramentas de formação e de corte com altas demandas em resistência à corrosão em combinação com uma alta dureza (de até **60 HRC - 62 HRC**) e uma boa flexibilidade, e bem como altas demandas em resistência ao desgaste (abrasivo/adesivo/escoriação/atritos de desgaste). Com uma composição em concordância com as **Tabelas**, o aço possui uma matriz que depois de endurecimento a partir de uma temperatura de austenitização de cerca de **1.120 °C** e temperamento em baixa temperatura de cerca de **200 °C - 300 °C, 2 x 2 h**, ou temperamento em alta temperatura em **450 °C - 550 °C, 2 x 2 h**, é composto de temperatura de martensita temperada com um conteúdo de fases duras que consiste de cerca de **2 % em volume - 7 % em volume** de **M<sub>2</sub>X**, onde **M** é essencialmente **Cr** e **X** é essencialmente **N**, e **10 % em volume - 20 % em volume** de **MX**, onde **M** é essencialmente **V** e **X** é essencialmente **N**.

A **Tabela 5a** mostra faixas de composição para um aço em concordância com a quarta concretização preferida da

25

presente invenção.

**Tabela 5a**

<b>Elemento</b>	<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>Cr</b>	<b>Mo</b>	<b>V</b>	<b>N</b>
	%	%	%	%	%	%	%
<b>Mínimo</b>	0,10	0,01	0,01	18,0	0,01	7,5	2,5
<b>Alvo</b>	0,20	0,30	0,30	21,0	1,30	9,0	4,3
<b>Máximo</b>	1,5	1,5	1,5	21,5	2,5	11	6,5

- 5 A **Tabela 5b** mostra faixas de composição para um aço em concordância com uma forma ainda mais preferida da quarta concretização preferida da presente invenção.

**Tabela 5b**

<b>Elemento</b>	<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>Cr</b>	<b>Mo</b>	<b>V</b>	<b>N</b>
	%	%	%	%	%	%	%
<b>Mínimo</b>	0,12	0,1	0,1	20,6	1,1	8,8	4,1
<b>Alvo</b>	0,20	0,30	0,30	21,0	1,30	9,0	4,3
<b>Máximo</b>	0,50	1,0	1,0	21,4	1,4	9,2	4,4

10

O aço em concordância com a quarta concretização da presente invenção é bem adequado para ser utilizado em ferramentas de formação e de corte com altas demandas em resistência à corrosão em combinação com uma alta dureza (de até **60 HRC - 62 HRC**) e uma flexibilidade relativamente boa, e bem como demandas muito altas em resistência ao desgaste (abrasivo/adesivo/escoriação/atritos de desgaste). Com uma composição em concordância com as **Tabelas**, o aço possui uma matriz que depois de endurecimento a partir de

15

uma temperatura de austenitização de cerca de **1.120 °C** e temperamento em baixa temperatura de cerca de **200 °C - 300 °C, 2 x 2 h**, ou temperamento em alta temperatura em **450 °C - 550 °C, 2 x 2 h**, é composto de martensita temperada com um conteúdo de fases duras que consiste de cerca de **3 % em volume - 8 % em volume** de **M<sub>2</sub>X**, onde **M** é essencialmente **Cr** e **X** é essencialmente **N**, e **15 % em volume - 25 % em volume** de **MX**, onde **M** é essencialmente **V** e **X** é essencialmente **N**.

É conceituável dentro do conceito da presente invenção o de possibilitar um conteúdo de nitrogênio de até cerca de **10 %**, o que em combinação com um conteúdo de vanádio de até cerca de **14 %** e um conteúdo de carbono na faixa de **0,1 % - 2 %** irá proporcionar ao aço suas propriedades desejadas, particularmente quando utilizado em ferramentas de formação e de corte com altas demandas em resistência à corrosão em combinação com uma alta dureza (de até **60 HRC - 62 HRC**) e uma moderada flexibilidade e bem como demandas extremamente altas em resistência ao desgaste (abrasivo/ adesivo/ manchas/atritos de desgaste). O aço em concordância com esta concretização possui uma matriz que depois de endurecimento a partir de uma temperatura de austenitização de cerca de **1.100 °C** e temperamento em baixa temperatura de cerca de **200 °C - 300 °C, 2 x 2 h**, ou temperamento em alta temperatura em **450 °C - 550 °C, 2 x 2 h**, é composto de martensita temperada com um conteúdo de fases duras consistindo de **2 % em volume - 10 % em volume** de **M<sub>2</sub>X**, onde **M** é essencialmente **Cr** e **X** é essencialmente **N**, e **30 % em volume - 40 % em volume** de **MX**, onde **M** é essencialmente **V** e **X** é essencialmente **N**.

O aço em concordância com as concretizações descritas

anteriormente é adequado para ser utilizado primordialmente para a manufaturação de ferramentas por moldagem por injeção, moldagem por compressão e por extrusão de componentes de plásticos que exibem uma resistência à corrosão muito boa, ao mesmo tempo em que o aço deveria possuir uma resistência muito boa contra desgaste adesivo e abrasivo misturados, particularmente, uma boa resistência contra escoriação e atritos de desgaste, e bem como uma alta dureza. O aço em concordância com as concretizações descritas anteriormente é também adequado para ferramentas para a formação de plásticos, ferramentas para a formação e o corte de lâminas em aplicações de trabalho a frio, ferramentas para a prensagem de pó, componentes de construção, tais como bocais de injeção para motores, partes de desgaste, partes de bomba, componentes de mancal, etc., e bem como para facas para utilização em indústria alimentícia.

Paralelamente aos materiais de liga mencionados, o aço não necessita, e não deveria, compreender quaisquer elementos de liga em quantidades significativas. Alguns materiais são explicitamente indesejados, na medida em que eles afetam as propriedades do aço de uma maneira indesejada. Isto é verdadeiro, por exemplo, para fósforo que deveria ser mantido no nível o mais baixo possível, preferivelmente de **0,03 %** no máximo, de maneira a não afetar negativamente a rigidez do aço. Enxofre também é um elemento que é indesejado na maior parte do que se é considerado, mas sua influência negativa primordialmente sobre rigidez pode ser consideravelmente neutralizada pelo auxílio de manganês que forma sulfetos de manganês

essencialmente inofensivos, e conseqüentemente, ele pode ser tolerado em um conteúdo máximo de cerca de **0,5 %** de maneira a aperfeiçoar a capacidade de maquinação do aço. Também titânio, zircônio e alumínio são indesejados na maior parte do que se é considerado, mas os conteúdos máximos totais destes elementos podem ser permitidos ser de cerca de **7 %**, mas normalmente em conteúdos muito mais baixos, de **< 0,1 %** no total.

No tratamento a quente do aço, ele é austenitizado em uma temperatura de entre **950 °C** e **1.150 °C**, preferivelmente entre **1.020 °C** e **1.130 °C**, o mais preferido entre **1.050 °C** e **1.120 °C**. Uma temperatura de austenitização mais alta é em principio conceptível, mas é inadequada quando considerando que fornalhas de temperamento convencionalmente existentes não estão adaptadas para temperaturas mais altas. Um tempo de residência adequado na temperatura de austenitização é de **10 minutos - 30 minutos**. O aço é resfriado a partir de referida temperatura de austenitização para temperatura ambiente ou mais baixa. Na forma de uma parte de ferramenta maquinada, o aço pode ser profundamente congelado para temperaturas de **-40 °C** ou mais baixas. Congelamento profundo pode, conseqüentemente, ser aplicado de maneira a eliminar qualquer austenita residual existente, com o propósito de proporcionar ao produto uma estabilidade dimensional desejada, o que é adequadamente desempenhado em gelo seco para cerca de **-70 °C** ou **-80 °C**, ou em nitrogênio líquido todo o tempo para cerca de **-196 °C**. De maneira a conseguir uma resistência à corrosão otimizada, a ferramenta é temperada em baixa temperatura em **200 °C - 300 °C**, pelo menos **uma** vez, preferivelmente pelo menos **duas**

vezes. Se for desejado ao invés disso otimizar o aço de maneira a conseguir um endurecimento secundário, o produto é temperado em alta temperatura pelo menos **uma** vez, preferivelmente **duas** vezes, e opcionalmente **diversas** vezes em uma temperatura entre **400 °C - 560 °C**, preferivelmente em **450 °C - 525 °C**. Depois de cada um de tal tratamento de temperamento, o produto é resfriado. Também neste caso congelamento profundo é preferivelmente aplicado em concordância com o anteriormente, de maneira a adicionalmente assegurar uma estabilidade dimensional desejada por eliminação de qualquer austenita residual. O tempo de residência na temperatura de temperamento pode ser de **1 hora - 10 horas**, preferivelmente de **1 hora - 2 horas**.

Em conexão com os diversos tratamentos a quente para os quais o aço é exposto, tal como em prensagem a quente do pó de metal para formar um corpo consolidado, completamente denso, e tal como no endurecimento da parte de ferramenta final, carbetos, nitretos e/ou carbonitretos das vizinhanças podem coalescer (se aglutinar) para formar grandes agregados. O tamanho destas partículas de fase dura no produto final, tratado a quente pode, conseqüentemente, exceder **3 µm**. Expressado em **% em volume**, a parte primordial está na faixa de **1 µm - 10 µm**, como mensurado na extensão a mais longa das partículas. A quantidade total de fases duras depende do conteúdo de nitrogênio e do conteúdo de formadores de nitreto, isto é, primordialmente vanádio e cromo. Genericamente, a quantidade total de fases duras no produto final está na faixa de **5 % em volume - 40 % em volume**. Embora o material de aço em concordância com a presente invenção tenha sido desenvolvido primordialmente

de maneira a ser utilizado em ferramentas para moldagem por injeção, moldagem por compressão e por extrusão de componentes de plásticos, particularmente ferramentas para a formação de plásticos e ferramentas para a formação e o  
5 corte de lâminas em aplicações de trabalho a frio, este material de aço pode também ser utilizado para outros propósitos, por exemplo, em componentes de construção tais como bocais de injeção para motores, partes de desgaste, partes de bomba, componentes de mancal, etc., e em  
10 ferramentas intencionadas a serem utilizadas na indústria alimentícia, ou em outras aplicações industriais com altas demandas em corrosão.

Outras características e aspectos da presente invenção estão evidenciados a partir da descrição seguinte levando-se em consideração os testes que foram feitos, e a partir  
15 das **reivindicações de patente** acompanhantes.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS DA PRESENTE INVENÇÃO**

A presente invenção na descrição posteriormente,  
20 levando-se em consideração os testes que foram feitos, referência irá ser feita para os **desenhos** acompanhantes, dos quais:

A **Figura 1** mostra a relação entre o conteúdo de **N** e o conteúdo de **(V + Nb/2)** para o aço em concordância com a  
25 presente invenção, na forma de um sistema de coordenadas;

As **Figuras 2a - 2f** são fotografias mostrando aços testados em névoa salina (*salt-fog*);

A **Figura 3**, a **Figura 4a** e a **Figura 4b** mostram gráficos de polarização em **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 M** para alguns aços de  
30 referência;

A **Figura 5**, a **Figura 6**, a **Figura 7a**, a **Figura 7b** e a **Figura 8** mostram gráficos de polarização em  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05 M para alguns aços em concordância com a presente invenção;

A **Figura 9** apresenta gráficos de polarização em HCl  
5 0,1 M;

A **Figura 10** mostra uma tabela ao longo de resistência à escoriação;

A **Figura 11** mostra a microestrutura do aço de **Número 4** (aço de referência);

10 A **Figura 12** mostra a microestrutura do aço de **Número 6** em concordância com a presente invenção;

A **Figura 13** mostra dureza dependendo da temperatura de austenitização para o aço de **Número 6** em concordância com a presente invenção; e

15 A **Figura 14** mostra dureza dependendo da temperatura de austenitização para aço de **Número 7** em concordância com a presente invenção.

As **Figuras** são somente representações esquemáticas e a presente invenção não está limitada para estas  
20 concretizações.

## DESCRIÇÃO DE EXPERIMENTOS DA PRESENTE INVENÇÃO

### Experimentos em escala de laboratório

25 As composições químicas de materiais testados estão apresentadas na **Tabela 6** posteriormente. Aços de **Números 1 - 4** e de **Número 9** e de **Número 10** são materiais de referencia na forma de aços comerciais manufaturados pelo requerente, enquanto que aços de **Números 5 - 8** são aços em  
30 concordância com a presente invenção. Aços de **Números 3 - 9**

foram feitos em pó por atomização de gás de nitrogênio. Os  
 aços em concordância com a presente invenção foram  
 submetidos para nitrção de fase sólida para os conteúdos  
 de nitrogênio proporcionados. **6 kg** dos respectivos pós de  
 5 aço processados foram encapsulados e posteriormente  
 expostos à compactação isostática a quente para  
 proporcionar densificação completa dos materiais. Os  
 lingotes **HIP:ed** foram forjados em hastes de **40 mm X 40 mm**,  
 por intermédio do que as hastes foram permitidas resfriar  
 10 em vermiculita.

**Tabela 6.** Composição química em % em peso para os aços  
 testados; o balanço ferro e impurezas em conteúdos normais.

Material de aço	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	N
1	0,38	1,0	0,40	13,6	-	-	-	0,30	0,02
2	0,25	0,35	0,55	13,5	1,34	-	-	0,35	0,12
3	1,70	0,80	0,30	18,0	-	1,0	-	3,0	-
4	2,60	0,47	0,38	21,3	-	1,67	-	5,48	0,22
5	0,74	0,29	0,35	18,3	-	0,01	-	8,9	2,5
6	0,74	0,29	0,35	18,3	-	0,01	-	8,9	3,1
7	0,18	0,25	0,36	20,6	-	1,42	-	8,9	4,3
8	0,18	0,25	0,36	20,6	-	1,42	-	8,9	5,2
9	1,15	0,50	0,40	4,5	-	3,2	3,7	8,5	1,8
10	1,55	0,3	0,3	11,8	-	0,8	-	0,8	-

15 Como mencionado anteriormente, foi mostrado que o aço  
 em concordância com a presente invenção consegue  
 propriedades que são excelentemente adequadas para o  
 propósito, em particular propriedades de corrosão, se a

composição do aço é balanceada levando-se em consideração o conteúdo de  $N$  em relação ao conteúdo de  $(V + Nb/2)$ . A **Figura 1** mostra a relação entre o conteúdo de  $N$  e o conteúdo de  $(V + Nb/2)$  para o aço em concordância com a presente invenção, na forma de um sistema de coordenadas. Para o aço em concordância com a presente invenção, deveria se aplicar que as coordenadas para  $N$ , por um lado, e para  $(V + Nb/2)$ , por outro lado, deveriam estar dentro da área que é definida pelos pontos de canto  $A'$ ,  $B'$ ,  $G$ ,  $H$ ,  $A'$  no sistema de coordenadas na **Figura 1**. Mais especificamente, deveria se aplicar para o aço em concordância com a presente invenção que ele, em concordância com um primeiro aspecto da presente invenção, deveria possuir conteúdos de  $N$  e de  $(V + Nb/2)$  que estão em balanço uns em relação aos outros de maneira tal que os conteúdos destes elementos estão dentro de uma área que é definida pelas coordenadas  $A'$ ,  $B'$ ,  $G$ ,  $H$ ,  $A'$  no sistema de coordenadas em concordância com a **Figura 1**. Mais preferivelmente, os conteúdos destes elementos estão em balanço dentro de uma área que é definida pelas coordenadas  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ ,  $A$  no sistema de coordenadas na **Figura 1**.

Em concordância com um segundo aspecto da presente invenção, os conteúdos de  $N$ , por um lado, e de  $(V + Nb/2)$ , por outro lado, deveriam estar balanceados uns em relação aos outros de maneira tal que os conteúdos destes elementos estão dentro de uma área que é definida pelas coordenadas  $F$ ,  $G$ ,  $H$ ,  $I$ ,  $F$ , e ainda mais preferido dentro de uma área que é definida pelas coordenadas  $E$ ,  $C$ ,  $D$ ,  $J$ ,  $E$  no sistema de coordenadas na **Figura 1**.

Em concordância com uma primeira concretização

preferida da presente invenção, os conteúdos de nitrogênio, de vanádio e de qualquer nióbio existente no aço, deveriam estar balanceados uns em relação aos outros de maneira tal que os conteúdos estão dentro de uma área que é definida pelas coordenadas **A', B', F, I, A'**, e mais preferido dentro de uma área que é definida pelas coordenadas **A, B, E, J, A** no sistema de coordenadas na **Figura 1**. O aço em concordância com a presente invenção é adequado para ser utilizado em ferramentas formação e de corte com altas demandas em resistência à corrosão em combinação com uma alta dureza (de até **60 HRC - 62 HRC**) e uma boa flexibilidade. O aço em concordância com a primeira concretização da presente invenção possui as demandas as mais baixas em resistência ao desgaste em concordância com a presente invenção. Do mesmo modo, o aço deveria possuir uma boa resistência tanto contra desgaste abrasivo e quanto contra desgaste adesivo, e bem como contra escoriação e atritos de desgaste, e bem como em igualdade com materiais já conhecidos. Com uma composição nominal em concordância com a **Tabela**, o aço possui uma matriz que depois de endurecimento a partir de uma temperatura de austenitização de **950 °C - 1.150 °C** e temperamento em baixa temperatura em **200 °C - 300 °C, 2 x 2 h**, ou temperamento em alta temperatura em **450 °C - 550 °C, 2 x 2 h**, é composto de martensita com um conteúdo de fases duras que consiste de até um total de cerca de **10 % em volume** de **M<sub>2</sub>X**, onde **M** é essencialmente **Cr** e **X** é essencialmente **N**, e **MX**, onde **M** é essencialmente **V** e **X** é essencialmente **N**.

Em concordância com uma segunda concretização preferida da presente invenção, os conteúdos de nitrogênio,

de vanádio e de qualquer nióbio existente no aço, deveriam estar balanceados uns em relação aos outros de maneira tal que os conteúdos estão dentro de uma área que é definida pelas coordenadas **I, F, F', I', I**, e mais preferido dentro de uma área que é definida pelas coordenadas **E, E', J', J, E** no sistema de coordenadas na **Figura 1**. O aço em concordância com a segunda concretização da presente invenção é bem adequado para ser utilizado em ferramentas de formação e de corte com altas demandas em resistência à corrosão em combinação com uma alta dureza (de até **60 HRC - 62 HRC**) e uma boa flexibilidade, e bem como demandas aumentadas em resistência tanto contra desgaste abrasivo e quanto contra desgaste adesivo e contra escoriação e atritos de desgaste. Com uma composição nominal em concordância com a **Tabela**, o aço possui uma matriz que depois de endurecimento a partir de uma temperatura de austenitização de **950 °C - 1.150 °C** e temperamento em baixa temperatura em **200 °C - 300 °C, 2 x 2 h**, ou temperamento em alta temperatura em **450 °C - 550 °C, 2 x 2 h**, é composto de martensita temperada com um conteúdo de fases duras que consiste de até cerca de **10 % em volume** de **M<sub>2</sub>X**, onde **M** é essencialmente **Cr** e **X** é essencialmente **N**, e **MX**, onde **M** é essencialmente **V** e **X** é essencialmente **N**.

Em concordância com uma terceira concretização preferida da presente invenção, os conteúdos de nitrogênio, de vanádio e de qualquer nióbio existente no aço, deveriam estar balanceados uns em relação aos outros de maneira tal que os conteúdos estão dentro de uma área que é definida pelas coordenadas **I', F', F'', I'', I'**, e mais preferido dentro de uma área que é definida pelas coordenadas **E'**,

**E''**, **J''**, **J'**, **E'** em concordância com o sistema de coordenadas na **Figura 1**. O aço em concordância com a terceira concretização da presente invenção é bem adequado para ser utilizado em ferramentas de formação e de corte com altas demandas em resistência à corrosão em combinação com uma alta dureza (de até **60 HRC - 62 HRC**) e uma boa flexibilidade, e bem como demandas aumentadas em resistência ao desgaste (abrasivo/ adesivo/ escoriação/ atritos de desgaste). Com uma composição nominal em concordância com a **Tabela**, o aço possui uma matriz que depois de endurecimento a partir de uma temperatura de austenitização de **1.120 °C** e temperamento em baixa temperatura de cerca de **200 °C - 300 °C, 2 x 2 h**, ou temperamento em alta temperatura em **450 °C - 550 °C, 2 x 2 h**, é composto de martensita temperada com um conteúdo de fases duras que consiste de cerca de **2 % em volume - 7 % em volume** de **M<sub>2</sub>X**, onde **M** é essencialmente **Cr** e **X** é essencialmente **N**, e **10 % em volume - 20 % em volume** de **MX**, onde **M** é essencialmente **V** e **X** é essencialmente **N**.

Em concordância com uma quarta concretização preferida da presente invenção, os conteúdos de nitrogênio, de vanádio e de qualquer nióbio existente no aço, deveriam estar balanceados uns em relação aos outros de maneira tal que os conteúdos estão dentro de uma área que é definida pelas coordenadas **I''**, **F''**, **F'''**, **I'''**, **I''**, e mais preferido dentro de uma área que é definida pelas coordenadas **J''**, **E''**, **E'''**, **J'''**, **J''** em concordância com o sistema de coordenadas na **Figura 1**. O aço em concordância com a quarta concretização da presente invenção é bem adequado para ser utilizado em ferramentas de formação e de corte com altas

demandas em resistência à corrosão em combinação com uma alta dureza (de até **60 HRC - 62 HRC**) e uma boa flexibilidade, e bem como demandas aumentadas em resistência ao desgaste (abrasivo/ adesivo/ escoriação/ atritos de desgaste). Com uma composição nominal em concordância com a **Tabela**, o aço possui uma matriz que depois de endurecimento a partir de uma temperatura de austenitização de **1.120 °C** e temperamento em baixa temperatura de cerca de **200 °C - 300 °C, 2 x 2 h**, ou temperamento em alta temperatura em **450 °C - 550 °C, 2 x 2 h**, é composto de martensita temperada com um conteúdo de fases duras que consiste de cerca de **3 % em volume - 8 % em volume** de **M<sub>2</sub>X**, onde **M** é essencialmente **Cr** e **X** é essencialmente **N**, e **15 % em volume - 25 % em volume** de **MX**, onde **M** é essencialmente **V** e **X** é essencialmente **N**.

Em concordância para a quinta concretização preferida da presente invenção, os conteúdos de nitrogênio, de vanádio e de qualquer nióbio existente no aço, deveriam estar balanceados uns em relação aos outros de maneira tal que os conteúdos estão dentro de uma área que é definida pelas coordenadas **I''', F''', G, H, I'''**, e mais preferido dentro de uma área que é definida pelas coordenadas **J''', E''', C, D, J'''** em concordância com o sistema de coordenadas na **Figura 1**. O aço em concordância com a quinta concretização da presente invenção é bem adequado para ser utilizado em ferramentas de formação e de corte com altas demandas em resistência à corrosão em combinação com uma alta dureza (de até **60 HRC - 62 HRC**) e uma boa moderada flexibilidade, e bem como demandas extremamente altas em resistência ao desgaste (abrasivo/ adesivo/ manchas/

atritos de desgaste). O aço em concordância com esta concretização da presente invenção possui uma matriz que depois de endurecimento a partir de uma temperatura de austenitização de **1.100 °C** e temperamento em baixa temperatura de cerca de **200 °C - 300 °C, 2 x 2 h**, ou temperamento em alta temperatura em **450 °C - 550 °C, 2 x 2 h**, é composto de martensita temperada com um conteúdo de fases duras que consiste de cerca de **2 % em volume - 10 % em volume** de **M<sub>2</sub>X**, onde **M** é essencialmente **Cr** e **X** é essencialmente **N**, e **30 % em volume - 40 % em volume** de **MX**, onde **M** é essencialmente **V** e **X** é essencialmente **N**.

Os seguintes testes foram feitos:

- Dureza (**HB**) depois de recozimento suave (*soft-annealing*).
- Resistência à corrosão.
- Testagem de desgaste adesivo.
- Microestrutura no enrijecimento suave e na condição endurecida e temperada.
- Dureza depois de austenitização entre **950 °C - 1.100 °C** a **30 min/de** ventilação e **10 min/de** ventilação, e depois de temperamento em **200 °C - 500 °C, 2 x 2 h**, para temperaturas de austenitização escolhidas.

#### Dureza de enrijecimento suave

A dureza de recozimento suave (*soft-annealed*) para **quatro** aços está mostrada na **Tabela 7**. Aços de **Número 5** e de **Número 6** tiveram recozimento suave em concordância com o ciclo do aço de **Número 3**, que é provavelmente não

otimizado. É evidente a partir da **Tabela** que aços de **Número 5** e de **Número 6**, que representam a presente invenção, possuem durezas no mesmo nível como o material de referência de **Número 4**, o que é aceitável a partir de um ponto de vista de habilidade de maquinação. Experimentos precedentes mostraram que aços de pó metalurgicamente manufaturado (aços **PM**) que são de liga ao nitrogênio e que possuem uma distribuição mais fina de fases duras do que fazem os aços **PM** que não são de liga ao nitrogênio, exibem uma boa habilidade de maquinação também em uma dureza de enrijecimento suavizado mais alta (de cerca de **300 HB - 330 HB**).

**Tabela 7:** Dureza de enrijecimento suavizado.

<b>Material de aço</b>	<b>Dureza (HB)</b>
<b>3</b>	<b>266</b>
<b>4</b>	<b>305</b>
<b>5</b>	<b>302</b>
<b>6</b>	<b>317</b>

15

#### **Resistência à corrosão**

A resistência à corrosão do aço em concordância com a presente invenção foi comparada com materiais de referência em diversos ambientes corrosivos. A resistência à corrosão foi mensurada através dos seguintes métodos de teste:

- Avaliação de resistência à polarização em **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 M em pH 1,2**.
- Teste de resistência à corrosão local, **CPT**, em **NaCl a 3 %, pH 6,1**; ou em **NaCl a 0,3 %, 0,01 M**.
- Teste em névoa salina (*salt-fog*), **5 minutos** em

25

névoa salina/55 minutos repousando durante 7 dias, em NaCl a 3 %; HCl a 0,37 %; pH 1,5; T = 20 °C; (SD1).

- Teste em névoa salina (*salt-fog*), 5 minutos em névoa salina/55 minutos repousando durante 7 dias, em NaCl a 3 %; HCl a 0,37 %; pH 1,5; T = 20 °C; (SD2).
- Registro de gráficos de polarização em solução de cloreto acídica; HCl 0,01 M; 3.500 ppm de cloreto, por um método fundamentado em **ASTM G5**.

O primeiro teste em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> proporcionou uma fotografia da resistência à corrosão em geral, por exemplo, a partir de água condensada em uma cavidade de formação, enquanto que os **quatro** métodos de teste seguintes proporcionaram uma fotografia da resistência à corrosão na presença de íons cloreto agressivos, por exemplo, em canais de resfriamento na forma de nuvens.

Os resultados dos testes de corrosão estão mostrados na descrição posteriormente e na **Tabela 8** abaixo, que também apresenta um cálculo teórico da resistência à corrosão em cavidade, **PRE**, (a soma dos conteúdos dissolvidos de **N**, **Mo**, e **Cr** na matriz quando o aço está em sua condição endurecida). É evidente que os aços em concordância com a presente invenção possuem o mais alto **PRE**, conseqüentemente, indicando uma resistência muito boa à corrosão em cavidade.

**Tabela 8:** Dados de corrosão para aços testados em diversas condições de tratamento a quente.

Aço No.	Tratamento a quente $T_A$ (C°)/tempo (min) + $T_{temp}$ (C°)/ tempo (h)	PRE em $T_A$ (20N + 3,3 Mo + Cr)	CPT (°C)	SD1 0 = nenhum ataque 100 = toda a superfície corroída	SD2 0 = nenhum ataque 100 = toda a superfície corroída
2	1020/30 + 200/2 x 2	13,8	-	-	-
2	1020/30 + 250/2 x 2	-	49/20 <sup>1</sup>	0	10
Aço No.	Tratamento a quente $T_A$ (C°)/tempo (min) + $T_{temp}$ (C°)/ tempo (h)	PRE em $T_A$ (20N + 3,3 Mo + Cr)	CPT (°C)	SD1 0 = nenhum ataque 100 = toda a superfície corroída	SD2 0 = nenhum ataque 100 = toda a superfície corroída
2	1.020/30 + 450/2 x 2	-	-	-	-
2	1.020/30 + 500/2 x 2	-	-	-	-
3	1.080/30 + 200/2 x 2	14,7	< 13	70	-
3	1080/30 + 500/2 x 2	-	-	-	-
4	1.080/30 + 200/2 x 2	15,9	< 13	70	-
4	1.080/30 + 500/2 x 2	-	-	-	-
5	1.050/30 +	19,8	-	-	-

	200/2 x 2				
5	1.050/30 + DF + 200/2 x 2	-	-	0	0
5	1.050/30 + 450/2 x 2	-	-	-	-
5	1.050/30 + 500/2 x 2	-	-	10	-
5	1.100/30 + 200/2 x 2	-	43	-	-
<b>Aço No.</b>	<b>Tratamento a quente T<sub>A</sub> (C°)/tempo (min) + T<sub>temp</sub>(C°)/ tempo (h)</b>	<b>PRE em T<sub>A</sub> (20N + 3,3 Mo + Cr)</b>	<b>CPT (°C)</b>	<b>SD1 0 = nenhum ataque 100 = toda a superfície corroída</b>	<b>SD2 0 = nenhum ataque 100 = toda a superfície corroída</b>
6	1.000/30 + 200/2 x 2	-	37	0	5
6	1.050/30 + 200/2 x 2	20,8	-	-	-
6	1.050/30 + 450/2 x 2	-		0	20
7	1.050/30 + 200/2 x 2	30,8	-	-	-
7	1.050/30 + 450/2 x 2	-	-	-	-
7	1.050/30 + 500/2 x 2	-	-	-	-
7	1.100/30 + 200/2 x 2	31,1	45 <sup>1</sup>	0	0

7	1.100/30 + DF + 200/2 x 2	-		0	0
7	1.100/30 + 450/2 x 2	-	-	-	-
7	1.100/30 + 500/2 x 2	-	-	-	-
7	1.100/30 + DF + 500/2 x 2	-	-	0	0
Aço No.	Tratamento a quente $T_A$ (C°)/tempo (min) + $T_{temp}$ (C°)/ tempo (h)	PRE em $T_A$ (20N + 3,3 Mo + Cr)	CPT (°C)	SD1 0 = nenhum ataque 100 = toda a superfície corroída	SD2 0 = nenhum ataque 100 = toda a superfície corroída
8	1.050/30 + 200/2 x 2	23,3	-	0	5
8	1.050/30 + 500/2 x 2	-	-	10	-
8	1.100/30 + 200/2 x 2	26,0	-	-	-
8	1.100/30 + 500/2 x 2	-	-	-	-

- **CPT** simboliza a resistência à corrosão local em **NaCl** a 3 % em **pH = 6,1** ou **NaCl** a 0,3 % 0,01 M. Valores marcados por 1 são testados em **NaCl 0,05 M**. Quanto mais alta for a temperatura crítica antes de corrosão em cavidade acontecer, tanto

melhor é a resistência à corrosão.

- **SD1** é testado em névoa salina (*salt-fog*) em **NaCl** a 5 % em **pH = 3,1; 20 °C** (5 minutos em névoa salina/55 minutos em repouso) durante 5 horas, em série de 0 - 100, onde 0 = nenhum ataque, 100 = toda a superfície corroída.
- **SD2** é testado em névoa salina (*salt-fog*) de amostras que não foram atacadas em **SD1**, em **NaCl** a 3 %; **pH = 1,5; 20 °C** (5 minutos em névoa salina/55 minutos em repouso) durante 7 horas, em série de 0 - 100, onde 0 = nenhum ataque, 100 = toda a superfície corroída.

#### Avaliação de resistência à polarização em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 M

A resistência do aço em concordância com a presente invenção contra corrosão em geral, foi comparada com um número de materiais de referência comerciais, por registro de gráficos de polarizações em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 M em **pH = 1,2**; por consequência, formando uma fotografia da resistência à corrosão em geral, por exemplo, para água condensada em uma cavidade de forma, ver **Figuras 3 - 8**, onde:

A **Figura 3** mostra um gráfico de polarização para o aço de referência de **Número 3**, **T<sub>A</sub> = 1.080 °C/30 minutos + T<sub>temp.</sub> de 200 °C/2 x 2 h**;

A **Figura 4a** mostra um gráfico de polarização para o aço de referência de **Número 4**, **T<sub>A</sub> = 1.080 °C/30 minutos + T<sub>temp.</sub> = 200 °C/2 x 2 h**;

A **Figura 4b** mostra um gráfico de polarização para o aço de referência de **Número 4**, **T<sub>A</sub> = 1.080 °C/30 minutos + T<sub>temp.</sub> = 500 °C/2 x 2 h**;

A **Figura 5** mostra um gráfico de polarização para o aço de **Número 5** em concordância com a presente invenção,  $T_A = 1.050 \text{ }^\circ\text{C}/30 \text{ minutos} + T_{\text{temp.}} = 200 \text{ }^\circ\text{C}/2 \times 2 \text{ h}$ ;

5 A **Figura 6** mostra um gráfico de polarização para o aço de **Número 6** em concordância com a presente invenção,  $T_A = 1.050 \text{ }^\circ\text{C}/30 \text{ minutos} + T_{\text{temp.}} = 200 \text{ }^\circ\text{C}/2 \times 2 \text{ h}$ ;

A **Figura 7a** mostra um gráfico de polarização para o aço de **Número 7** em concordância com a presente invenção,  $T_A = 1.100 \text{ }^\circ\text{C}/30 \text{ minutos} + T_{\text{temp.}} = 200 \text{ }^\circ\text{C}/2 \times 2 \text{ h}$ ;

10 A **Figura 7b** mostra um gráfico de polarização para o aço de **Número 7** em concordância com a presente invenção,  $T_A = 1.100 \text{ }^\circ\text{C}/30 \text{ minutos} + T_{\text{temp.}} = 500 \text{ }^\circ\text{C}/2 \times 2 \text{ h}$ ; e

A **Figura 8** mostra um gráfico de polarização para o aço de **Número 8** em concordância com a presente invenção,  $T_A = 1.050 \text{ }^\circ\text{C}/30 \text{ minutos} + T_{\text{temp.}} = 200 \text{ }^\circ\text{C}/2 \times 2 \text{ h}$ .

A partir dos testes é evidente que o aço em concordância com a presente invenção possui as melhores propriedades, superior aos materiais de referência comerciais de **Número 3** e de **Número 4**, o que está indicado nas **Figuras** pelos gráficos de polarização para os aços em concordância com a presente invenção possuindo uma configuração em **U** mais profunda e mais larga. Em particular, os aços em concordância com a presente invenção possuem uma resistência muito boa contra corrosão em geral também em baixos potenciais, de **-150 mV** e abaixo. O material em concordância com a presente invenção possui surpreendentemente boas propriedades de corrosão continuadas até mesmo depois de temperamento em alta temperatura, ver a **Figura 7a** e a **Figura 7b**. Para uma  
20  
25  
30 comparação, faz-se uma referência para o aço de referência

de **Número 4**, as propriedades de corrosão do qual são debilitadas quando o material é submetido ao temperamento em alta temperatura ao invés de temperamento em baixa temperatura, ver a **Figura 4a** e a **Figura 4b**.

5

#### Avaliação de resistência contra corrosão local, CPT

Ambos os métodos de testes mostram que os aços em concordância com a presente invenção possuem a mesma ou melhor resistência à corrosão em cavidade quando comparado com o aço de **Número 2** que é comercialmente utilizado hoje em dia e que pode ser considerado possuir uma resistência muito boa contra corrosão em cavidade.

#### Testagem em névoa salina (salt-fog)

15 A resistência à corrosão do aço em concordância com a presente invenção foi comparada com alguns aços de referência por testagem em névoa salina.

- **SD1** é testado em névoa salina (*salt-fog*) em **NaCl** a **5 %**; **pH = 3,1**; **20 °C** (**5 minutos** em névoa salina/**55 minutos** em repouso) durante **5 horas**, em série de **0 - 100**, onde **0** = nenhum ataque, **100** = toda a superfície corroída. Aços que não foram atacados neste ambiente foram testados por um período de tempo mais longo em teste **SD2**.
- **SD2** é testado em névoa salina (*salt-fog*) de amostras que não foram atacadas em **SD1**, em **NaCl** a **3 %**; **pH = 1,5**; **20 °C** (**5 minutos** em névoa salina/**55 minutos** em repouso) durante **7 horas**, em série de **0 - 100**, onde **0** = nenhum ataque, **100** = toda a superfície corroída.

30

Antes de testagem em névoa salina, os aços foram tratados a quente em concordância com a **Tabela 9** posteriormente.

5

**Tabela 9:** Tratamento a quente antes de testagem em névoa salina (*salt-fog*).

<b>Figura</b>	<b>Aço</b>	<b>Tratamento a quente</b>
<b>2a</b>	<b>2</b>	<b>1.020/30 + 250/2 x 2</b>
<b>2b</b>	<b>4</b>	<b>1.080/30 + 200/2 x 2</b>
<b>2c</b>	<b>6</b>	<b>1.000/30 + 200/2 x 2</b>
<b>2d</b>	<b>7</b>	<b>1.100/30 + 200/2 x 2</b>
<b>2e</b>	<b>7</b>	<b>1.100/30 + DF + 200/2 x 2</b>
<b>2f</b>	<b>7</b>	<b>1.100/30 + DF + 500/2 x 2</b>

As **Figuras 2a - 2f** mostram fotografias dos aços testados depois da testagem. O aço em concordância com a presente invenção é bem comparável com o material de referência comercial de **Número 2**, enquanto o material de referência de **Número 4** não preenche as demandas em resistência à corrosão. Todos os aços em concordância com a presente invenção exibiram resistências à corrosão muito boas em névoa salina, até mesmo no caso de temperamento em alta temperatura (aço de **Número 7**, **Figura 2f**). Os resultados também mostram que até mesmo sem congelamento profundo e em um conteúdo mais alto de austenita residual, a liga de **Número 7** possui a mesma resistência à corrosão como aquela depois de congelamento profundo que foi desempenhado com o objetivo de redução do conteúdo de austenita residual, por intermédio disso aumentando a

20

dureza para pelo menos **60 HRC**. É adicionalmente mostrado que também a liga de **Número 5** alcança a mesma resistência à corrosão neste teste. As ligas de **Número 6** e de **Número 8** possuem boas resistências à corrosão, mas não tão alta quanto a liga de **Número 7**.

#### Avaliação de resistência à polarização em HCl 0,1 M

A resistência à corrosão do aço em concordância com a presente invenção foi comparada com alguns aços de referência por registro dos gráficos de polarização em solução de cloreto acídica, **HCl 0,1 M; 3.000 ppm** de cloreto, por um método fundamentado em **ASTM G5**. Os aços em concordância com a presente invenção possuíam as melhores propriedades de resistência à corrosão. É particularmente interessante que o aço de **Número 7** em concordância com a presente invenção exibiu um intervalo passivo no registro dos gráficos de polarização em solução de cloreto acídica, o que é evidente a partir da **Figura 9**, e que a taxa de corrosão do aço em concordância com a presente invenção é superior a todos os materiais de referência, o que é evidente a partir da **Tabela 10** posteriormente. Também gráficos de polarização em **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** que descrevem uma resistência à corrosão mais em geral, por exemplo, para água condensada em uma cavidade de forma, mostram que a liga de **Número 7** possui as melhores propriedades, como descrito anteriormente.

**Tabela 10:** Resistência à polarização para aços de ferramenta em **HCl 0,1 M; 20 °C**.

<b>Aço número</b>	<b>Taxa de corrosão (<math>\mu\text{m}/\text{ano}</math>)</b>
1	566
1	561
2	10,8
2	10,3
3	430
3	408
7	0,4
7	0,4

Resumindo a testagem de corrosão dos materiais, pode ser mencionado que pelos métodos eletroquímicos anteriormente descritos foi possível ordenar as propriedades de corrosão dos aços de ferramenta. **Dois** grupos de aços de ferramenta surgiram a partir dos **dois** métodos de corrosão, dos quais os aços em concordância com a presente invenção e o aço referência de **Número 2** exibiram as melhores propriedades de corrosão.

10

#### **Testagem de desgaste adesivo**

A resistência do aço em concordância com a presente invenção, contra desgaste adesivo e escoriação, foi comparada com alguns materiais de referência por testagem a seco dos materiais contra uma haste giratória de aço **18-8**, velocidade de rotação = **0,1 m/minuto**, aspereza de superfície (**Ra**) = **0,1  $\mu\text{m}$** . Aço de referência de **Número 10** foi endurecido a partir de uma temperatura de austenitização de **1.020 °C** e temperado em **200 °C**, e foi

conseguida uma dureza de **60 HRC**. Aço de referência de **Número 9** foi endurecido a partir de uma temperatura de austenitização de **1.020 °C** e temperado em **560 °C/3 x 1 hora**, e foi conseguida uma dureza de **61 HRC**. Aço de **Número 5** em concordância com a presente invenção foi endurecido a partir de uma temperatura de austenitização de **1.100 °C** e temperado em **200 °C/ 2 x 2 h**, e foi conseguida uma dureza de **50 HRC**, enquanto que o aço de **Número 7** em concordância com a presente invenção foi endurecido a partir de uma temperatura de austenitização de **1.100 °C** e temperado em **200 °C/2 x 2 h**, e foi conseguida uma dureza de **61 HRC**. Os resultados a partir da testagem estão mostrados no gráfico na **Figura 10**, em que:

- 1** = a pior resistência à escoriação e ao desgaste adesivo, e
- 10** = a melhor resistência à escoriação e ao desgaste adesivo.

É evidente a partir do diagrama que o aço em concordância com a presente invenção possui uma resistência muito boa contra desgaste adesivo e escoriação, particularmente o aço de **Número 7** em concordância com a presente invenção, o que é comparável com o material de referência de **Número 9**.

### Microestrutura

Investigações de estrutura dos materiais testados mostraram que independentemente do tratamento a quente, o aço em concordância com a presente invenção continha uma distribuição uniforme de pequenos carbeto que em alguns casos coalesceram (se aglutinaram) em agregações maiores. O

tamanho destas partículas de fase dura no produto final, tratado a quente pode, conseqüentemente, exceder **3  $\mu\text{m}$** . Expressado em **% em volume**, a maior parte está na faixa de **1  $\mu\text{m}$  - 10  $\mu\text{m}$** , como mensurada na extensão a mais longa das partículas. Comparada com os materiais de referência, a microestrutura dos materiais em concordância com a presente invenção possui carbeto consideravelmente menores.

A **Figura 11** mostra a microestrutura do aço de referência de **Número 4**. O aço é endurecido a partir de uma temperatura de austenitização de **1.080  $^{\circ}\text{C}$ /30 minutos** e temperado em uma temperatura de temperamento de **200  $^{\circ}\text{C}$ /2 x 2 h**. O conteúdo de carbeto foi determinado por contagem de manchas (pontos). Na **Figura 11**, carbeto de cromo ( **$\text{M}_2\text{X}$** ) aparentam serem cinzentos e existem em **24 % em volume**, enquanto que carbeto de vanádio ( **$\text{MX}$** ) são negros e existem em **4,5 % em volume**, no total **28,5 % em volume**.

A **Figura 12** mostra a microestrutura do aço de **Número 6** em concordância com a presente invenção. O aço é endurecido a partir de uma temperatura de austenitização de **1.050  $^{\circ}\text{C}$ /30 minutos** e temperado em uma temperatura de temperamento de **200  $^{\circ}\text{C}$ /2 x 2 h**. Na **Figura 12**, carbeto de cromo ( **$\text{M}_2\text{X}$** ) aparentam serem cinzentos e existem em **3 % em volume**, enquanto que carbeto de vanádio ( **$\text{MX}$** ) são pretos e existem em **17,5 % em volume**, no total **20 % em volume**.

#### 25 **Dureza depois de tratamento a quente**

A dureza depois de austenitização entre **1.000  $^{\circ}\text{C}$  - 1100  $^{\circ}\text{C}$  /30 minutos + temperamento por **2 x 2 h** em **200  $^{\circ}\text{C}$  e 500  $^{\circ}\text{C}$** , respectivamente, foi mensurada para os materiais testados, e está mostrada na **Tabela 10**. O material de referência de **Número 3** conseguiu uma dureza de **58 HRC****

depois de temperamento em baixa temperatura, e **59,5 HRC** depois de temperamento em alta temperatura. O material de referência de **Número 4** conseguiu uma dureza de **61 HRC** em recozimento tanto em baixa temperatura e quanto em alta  
5 temperatura. Os aços em concordâncias com a presente invenção exibiram rigidezes na faixa de **55 HRC** até **62 HRC**. A **Figura 13** mostra um diagrama ao longo da dureza do aço de **Número 6** dependendo da temperatura de austenitização. É evidente que uma redução dos conteúdos de austenita  
10 residual no material, por congelamento profundo do material em nitrogênio líquido em **-196 °C**, possibilita uma temperatura de austenitização aumentada, por intermédio do que o conteúdo de cromo pode ser aumentado na matriz, resultando em resistência à corrosão aperfeiçoada.

15 A **Figura 14** mostra um diagrama ao longo da dureza do aço de **Número 7** dependendo da temperatura de austenitização. É também evidente a partir **da Figura 14** que o aço pode alcançar **60 HRC - 62 HRC** por congelamento profundo. Tanto o aço de **Número 6** e quanto o aço de **Número**  
20 **7** em concordância com a presente invenção mostraram um potencial de alcançar **61 HRC - 62 HRC** depois de tratamento a quente por austenitização em **1.050 °C - 1.100 °C/30 minutos** + temperamento em **500 °C/2 x 2 h**.

#### 25 **Conteúdos de austenita residual**

Os conteúdos de austenita residual depois de tratamento a quente estão também mostrados na **Tabela 10**, para os materiais de aço que foram investigados. É evidente a partir da **Tabela 10** que os conteúdos de austenita  
30 residual podem ser reduzidos por congelamento profundo. Os

conteúdos de austenita residual foram mensurados por difração de raio X.

**Tabela 10:** Austenita residual depois de tratamento a quente.

Material de aço	Tratamento a quente $T_A$ ( $^{\circ}\text{C}$ )/tempo (min) + $T_{\text{temp.}}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )/tempo (h)	Conteúdo de austenita residual (% em volume)	Dureza (HRC)
3	1.080/30 + 200/2 x 2	< 3	58
3	1.080/30 + 500/2 x 2	< 3	59,5
4	1.080/30 + 200/2 x 2	< 3	61
4	1.080/30 + 500/2 x 2	< 3	61
5	1.000/30 + 200/2 x 2	< 3	58
5	1.000/30 + 500/2 x 2	< 3	55
5	1.050/30 + 200/2 x 2	< = 10	60
5	1.050/30 + 500/2 x 2	< = 10	59,5
6	1.000/30 + 200/2 x 2	< 5	60
6	1.000/30 + 500/2 x 2	< 5	59,5
6	1.050/30 + 200/2 x 2	< = 20	60
6	1.050/30 + 500/2 x 2	< = 20	61
7	1.100/30 + 200/2 x 2	50	55,5
Material de aço	Tratamento a quente $T_A$ ( $^{\circ}\text{C}$ )/tempo (min) + $T_{\text{temp.}}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )/tempo (h)	Conteúdo de austenita residual (% em volume)	Dureza (HRC)
7	1.100/30 + 500/2 x 2	50	59,5
7	1.100/30 + DF + 200/2 x 2	10	61
7	1.100/30 + DF + 500/2 x 2	5	62

8	$1.050/30 + 200/2 \times 2$	< 5	59,5
8	$1.050/30 + 500/2 \times 2$	< 5	60

**DF** = congelamento profundo em nitrogênio líquido, **-196**  
°C.

Embora a presente invenção tenha sido descrita com  
5 referência para concretizações específicas, deverá ser  
observado por aqueles especializados no estado da técnica  
que a presente invenção não é para ser considerada como  
estando limitada para as concretizações ilustrativas,  
preferidas e vantajosas descritas anteriormente, mas  
10 certamente, um número de variações e de modificações é  
conceptível dentro do escopo de proteção das **reivindicações**  
**de patente** posteriormente.

PI 0615062-4

## REIVINDICAÇÕES

1. Um material de aço, **caracterizado pelo fato** de que o aço é pó metalurgicamente manufaturado e possui uma  
5 composição química contendo, **em % em peso**:

0,01 - 2 de C

0,01 - 3,0 de Si

0,01 - 10,0 de Mn

16 - 30 de Cr

10 0,01 - 5 de Ni

0,01 - 5,0 de (Mo + W/2)

0,01 - 9 de Co

máximo de 0,5 de S, e

0,6 - 10 de N e

15 0,5 - 14 de (V + Nb/2), em que os conteúdos de N por um lado, e de (V + Nb/2) por outro lado, são balanceados uns em relação aos outros de maneira tal que os conteúdos destes elementos estejam dentro de uma área que é definida pelas coordenadas A', B', G, H, A' no sistema de coordenadas  
20 na **Figura 1**, onde as coordenadas de [N, (V + Nb/2)] são:

A': [0,6; 0,5]

B': [1,6; 0,5]

G: [9,8; 14,0]

H: [2,6; 14,0],

25 e máximo de 7 de (Ti + Zr + Al), o balanço essencialmente somente ferro e impurezas em quantidades normais.

2. Um material de aço de acordo com a reivindicação 1,

**caracterizado pelo fato** de que os conteúdos de **N** por um lado, e de  $(V + Nb/2)$  por outro lado, devem ser balanceados uns em relação aos outros de maneira tal que os conteúdos destes elementos estejam dentro de uma área que é definida pelas coordenadas **A, B, C, D, A** no sistema de coordenadas na **Figura 1**, onde as coordenadas de  $[N, (V + Nb/2)]$  para **A, B, C, D, A** são:

**A:** [0,8; 0,5]

**B:** [1,4; 0,5]

10 **C:** [8,0; 14,0]

**D:** [4,3; 14,0].

3. Um material de aço de acordo a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato** de que ele contém 0,1 - 0,5 de **C**; 15 0,01 - 1,5 de **Si**; 0,01 - 1,5 de **Mn**; 18 - 22 de **Cr**; 0,01 - 2,5 de **Mo**; 0,5 - 2,0 de **V** e 0,8 - 2,0 de **N**, e de que ele possui uma matriz que depois de endurecimento a partir de uma temperatura de austenitização de 950 °C - 1.150 °C e temperamento em baixa temperatura em 200 °C - 300 °C / 2 x 2 20 h, ou temperamento em alta temperatura em 450 °C - 550 °C / 2 x 2 h, é composto de martensita com um conteúdo de fases duras consistindo de  $M_2X$ , onde **M** é essencialmente **Cr** e **X** é essencialmente **N**, e  $MX$ , onde **M** é essencialmente **V** e **X** é essencialmente **N**, e o conteúdo total destas fases duras é 25 de 10 % em volume.

4. Um material de aço de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato** de que ele contém 0,1 - 0,5 de **C**;

0,01 - 1,5 de Si; 0,01 - 1,5 de Mn; 18 - 22 de Cr; 0,01 - 2,5 de Mo; 2,0 - 4,0 de V e 1,3 - 3,0 de N, e de que ele possui uma matriz que depois de endurecimento a partir de uma temperatura de austenitização de 950 °C - 1.150 °C e  
5 temperamento em baixa temperatura de cerca de 200 °C - 300 °C / 2 x 2 h, ou temperamento em alta temperatura em 450 °C - 550 °C / 2 x 2 h, é composto de martensita temperada com um conteúdo de fases duras consistindo de no máximo 10 % em volume de  $M_2X$ , onde M é essencialmente Cr e X é  
10 essencialmente N, e no máximo 10 % em volume de MX, onde M é essencialmente V e X é essencialmente N.

5. Um material de aço de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ele contém 0,1 - 0,8 de C;  
15 0,01 - 1,5 de Si; 0,01 - 1,5 de Mn; 18 - 22 de Cr; 0,01 - 2,5 de Mo; 4,0 - 7,5 de V e 1,5 - 5,0 de N, e de que ele possui uma matriz que depois de endurecimento a partir de uma temperatura de austenitização de 1.100 °C - 1.120 °C e temperamento em baixa temperatura de cerca de 200 °C - 300  
20 °C / 2 x 2 h, ou temperamento em alta temperatura em 450 °C - 550 °C / 2 x 2 h, é composto de martensita temperada com um conteúdo de fases duras consistindo de 2 % em volume - 7 % em volume de  $M_2X$ , onde M é essencialmente Cr e X é essencialmente N, e 10 % em volume - 20 % em volume de MX,  
25 onde M é essencialmente V e X é essencialmente N.

6. Um material de aço de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ele contém 0,1 - 1,5 de C;

0,01 - 1,5 de Si; 0,01 - 1,5 de Mn; 18 - 22 de Cr; 0,01 - 2,5 de Mo; 7,5 - 11,0 de V e 2,5 - 6,5 de N, e de que ele possui uma matriz que depois de endurecimento a partir de uma temperatura de austenitização de 1.100 °C - 1.120 °C e temperamento em baixa temperatura de cerca de 200 °C - 300 °C / 2 x 2 h, ou temperamento em alta temperatura em 450 °C - 550 °C / 2 x 2 h, é composto de martensita temperada com um conteúdo de fases duras consistindo de 3 % em volume - 8 % em volume de  $M_2X$ , onde M é essencialmente Cr e X é essencialmente N, e 15 % em volume - 25 % em volume de MX, onde M é essencialmente V e X é essencialmente N.

7. Um material de aço de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ele contém 0,1 - 2 de C; 0,01 - 1,5 de Si; 0,01 - 1,5 de Mn; 18 - 22 de Cr; 0,01 - 2,5 de Mo; 11,0 - 14 de V e 5 - 10 de N, e de que ele possui uma matriz que depois de endurecimento a partir de uma temperatura de austenitização de 1.100 °C - 1.120 °C e temperamento em baixa temperatura de cerca de 200 °C - 300 °C / 2 x 2 h, ou temperamento em alta temperatura em 450 °C - 550 °C / 2 x 2 h, é composto de martensita temperada com um conteúdo de fases duras consistindo de 2 % em volume - 10 % em volume de  $M_2X$ , onde M é essencialmente Cr e X é essencialmente N, e 30 % em volume - 40 % em volume de MX, onde M é essencialmente V e X é essencialmente N.

8. Um material de aço de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 - 7, caracterizado pelo fato de que a

manufaturação compreende produção de pó por atomização de gás, preferivelmente atomização de gás de nitrogênio, de um fundido de aço, e nitração de fase sólida do pó.

5           9. Uma ferramenta para moldagem por injeção, moldagem por compressão e por extrusão de componentes de plásticos, ou para a prensagem de um pó, ou para a formação e o corte de lâminas de metal em aplicações de trabalho a frio, ou componentes de construção tais como bocais de injeção para  
10 motores, partes de desgaste, partes de bomba, componentes de mancal, ou facas, partes de desgaste, etc., para utilização em indústria alimentícia, **caracterizados pelo fato** de que ela foi manufaturada de um material de aço conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 - 8,  
15 e que foi endurecido e temperado conforme definido em qualquer uma das reivindicações 3 - 7.

## DESENHOS

Fig. 1

$$\left(V + \frac{Nb}{2}\right)$$

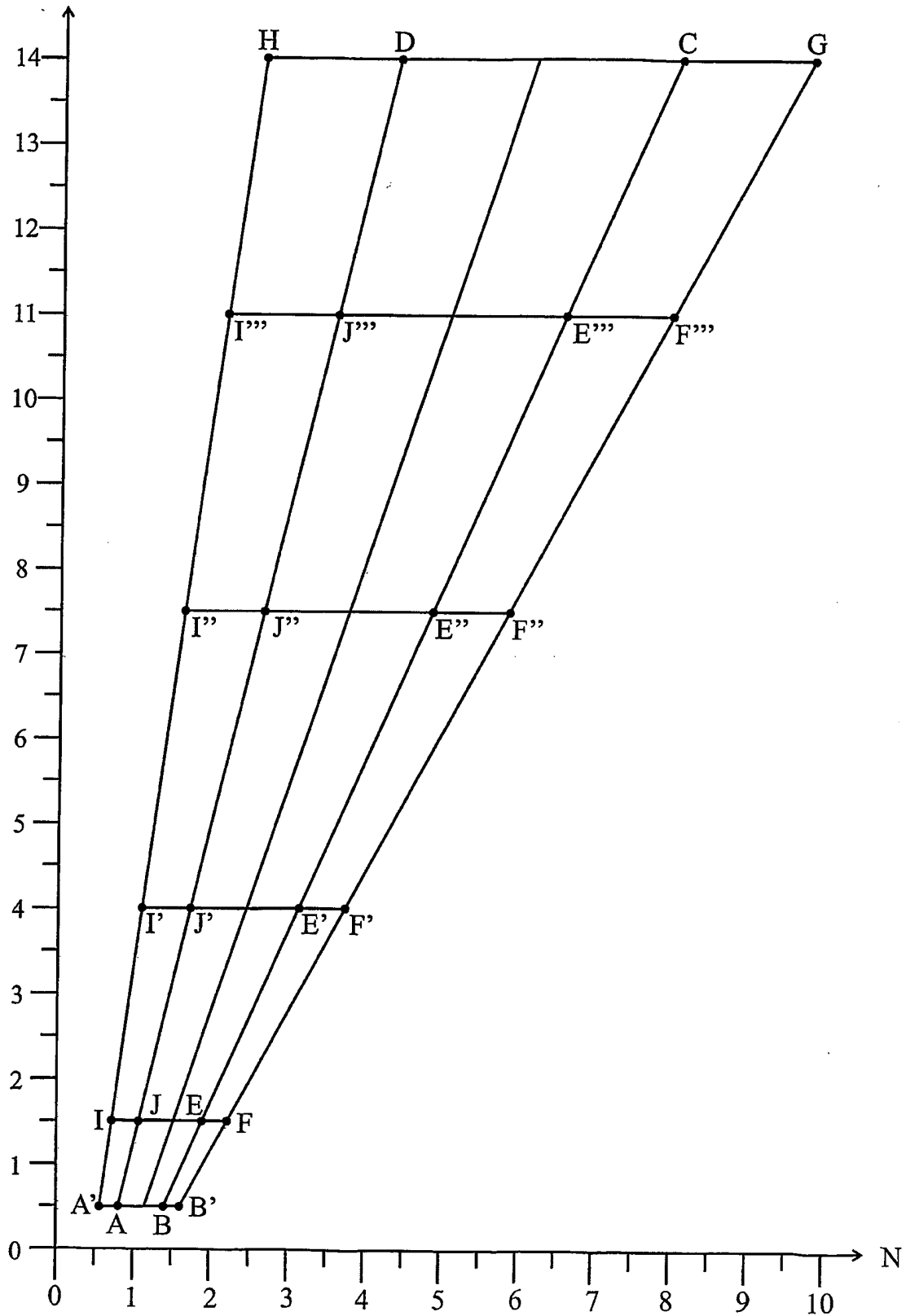




Fig. 2a



Fig. 2c

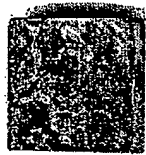


Fig. 2b



Fig. 2d

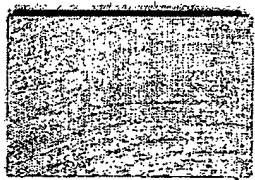


Fig. 2e



Fig. 2f

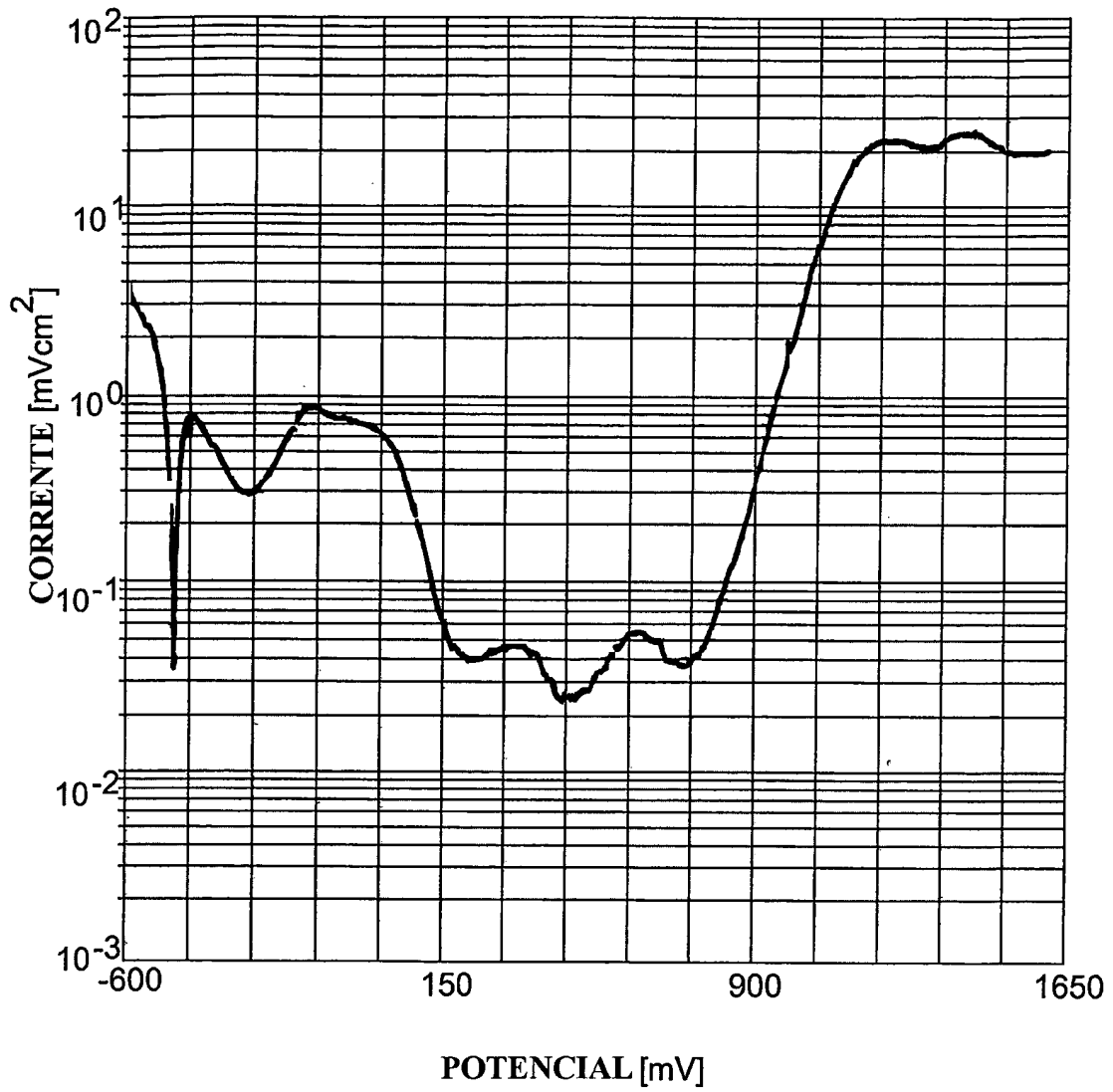


Fig. 3

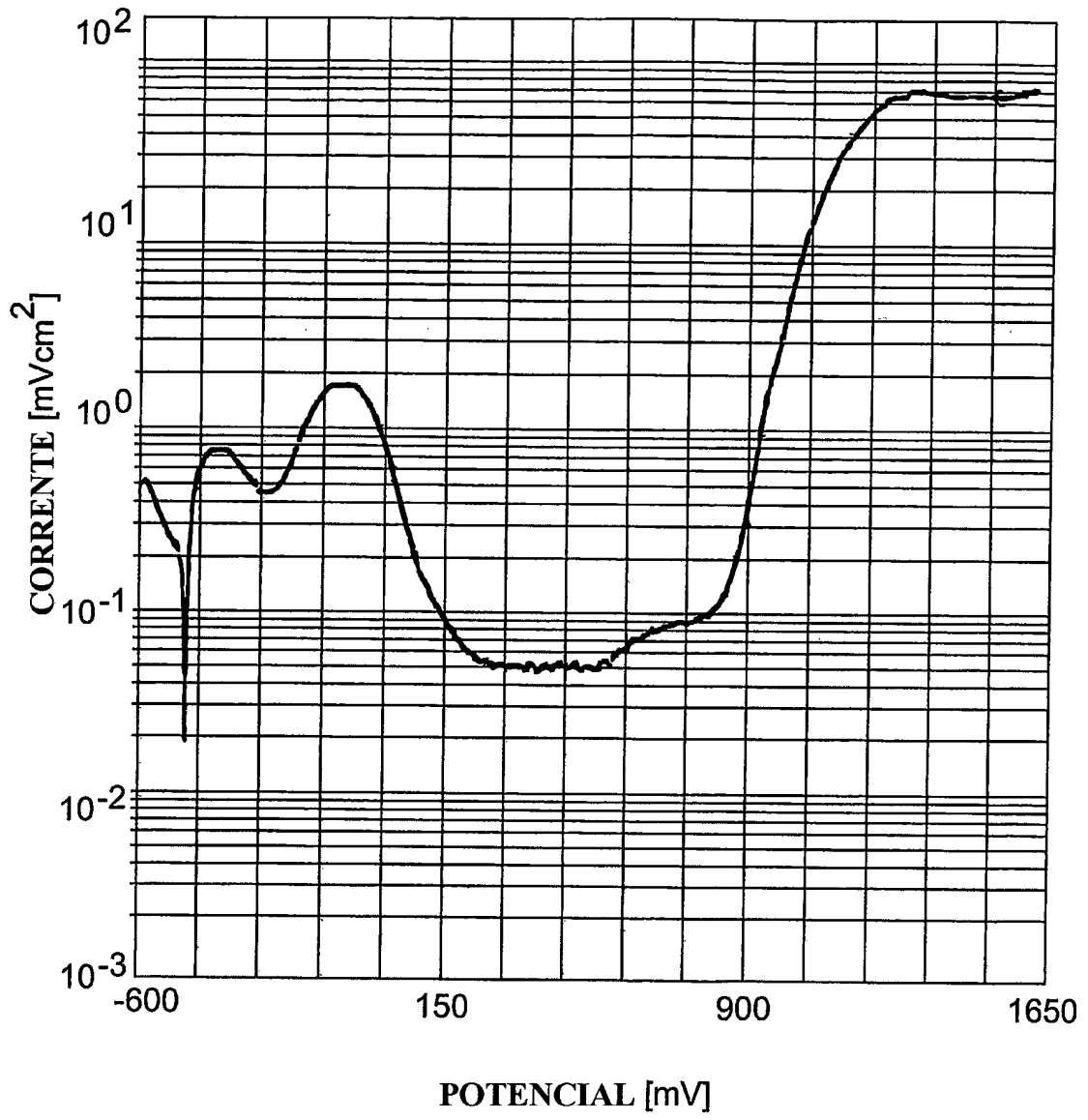


Fig. 4a

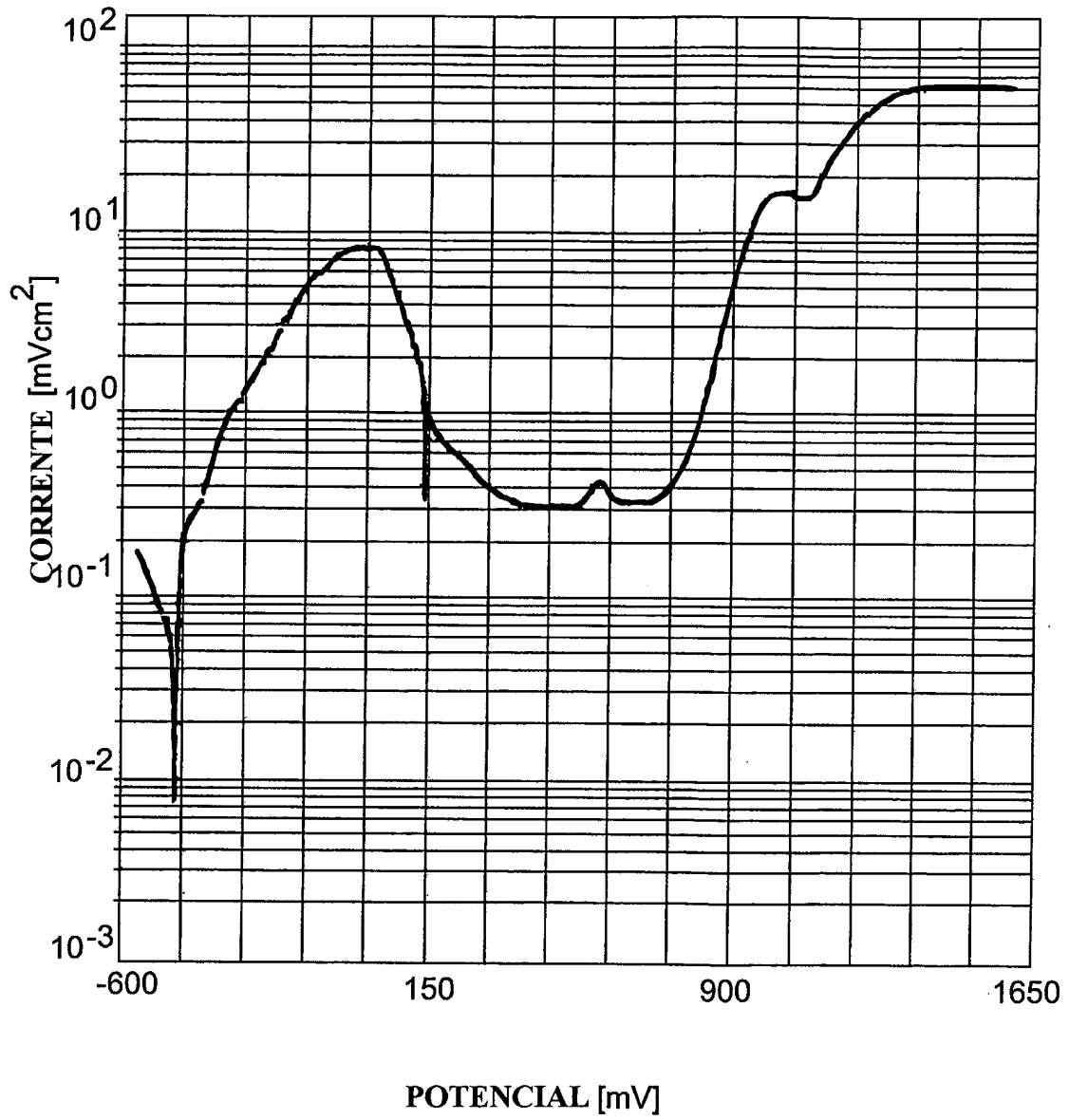


Fig. 4b

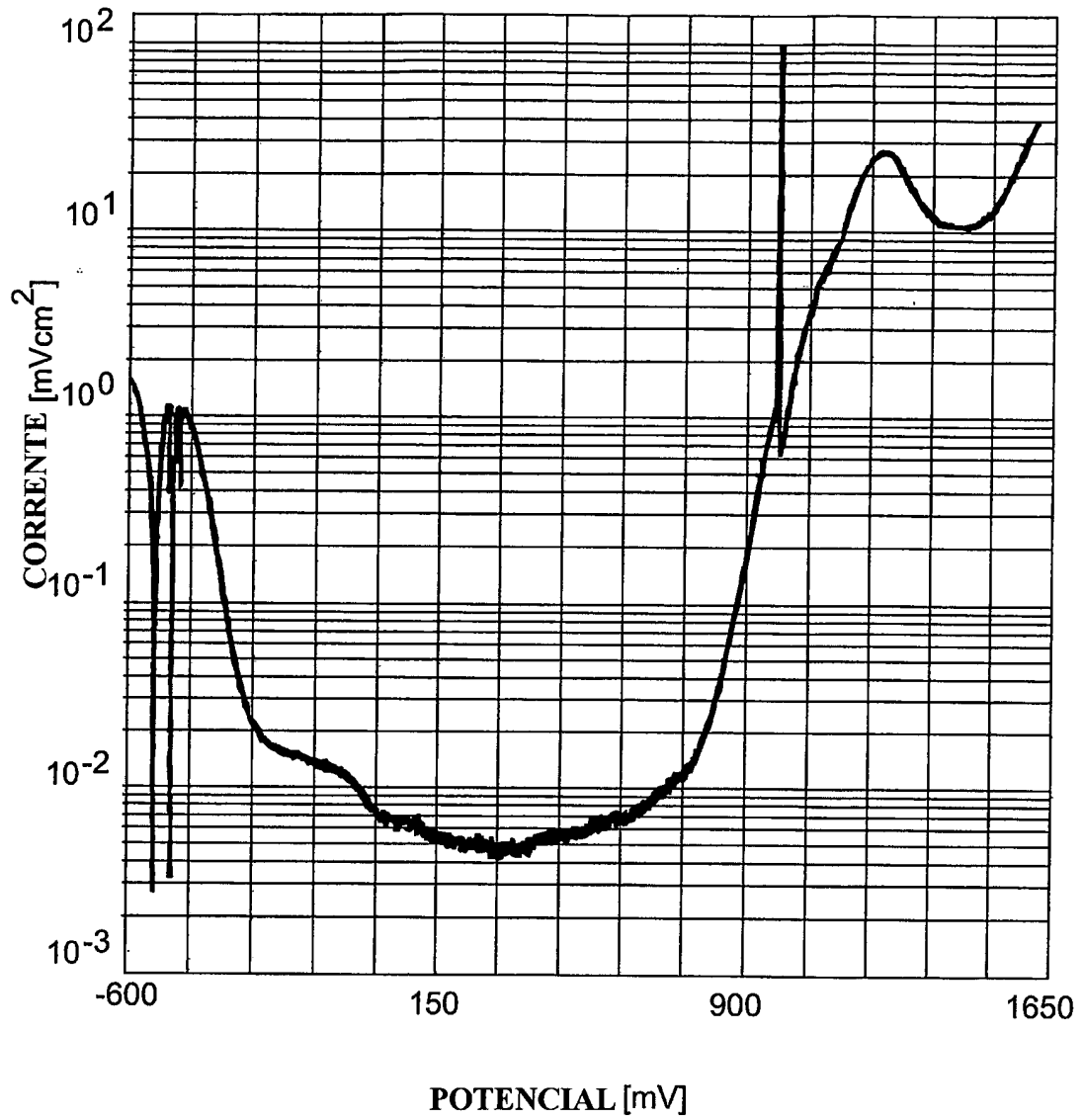


Fig. 5

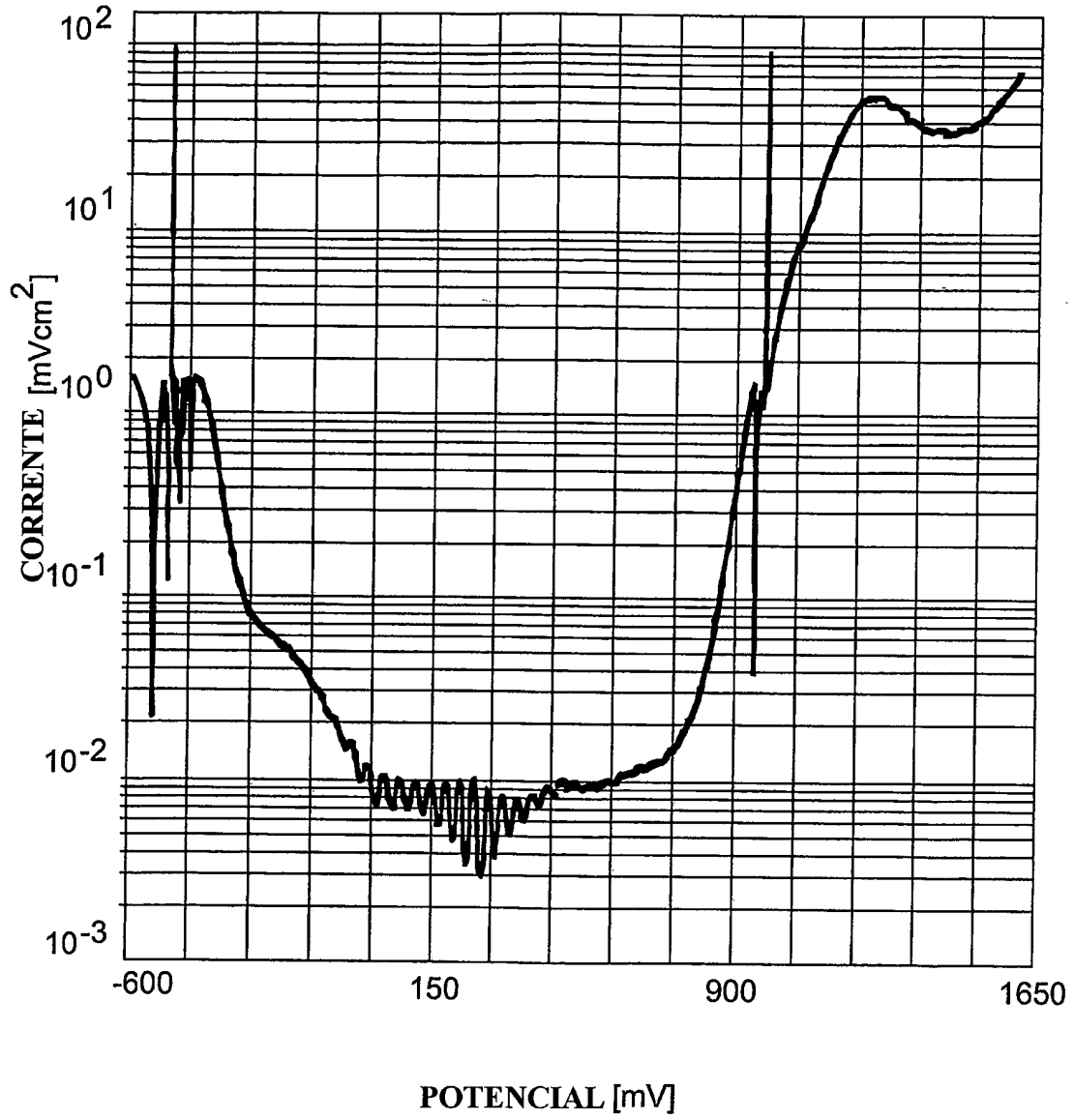


Fig. 6

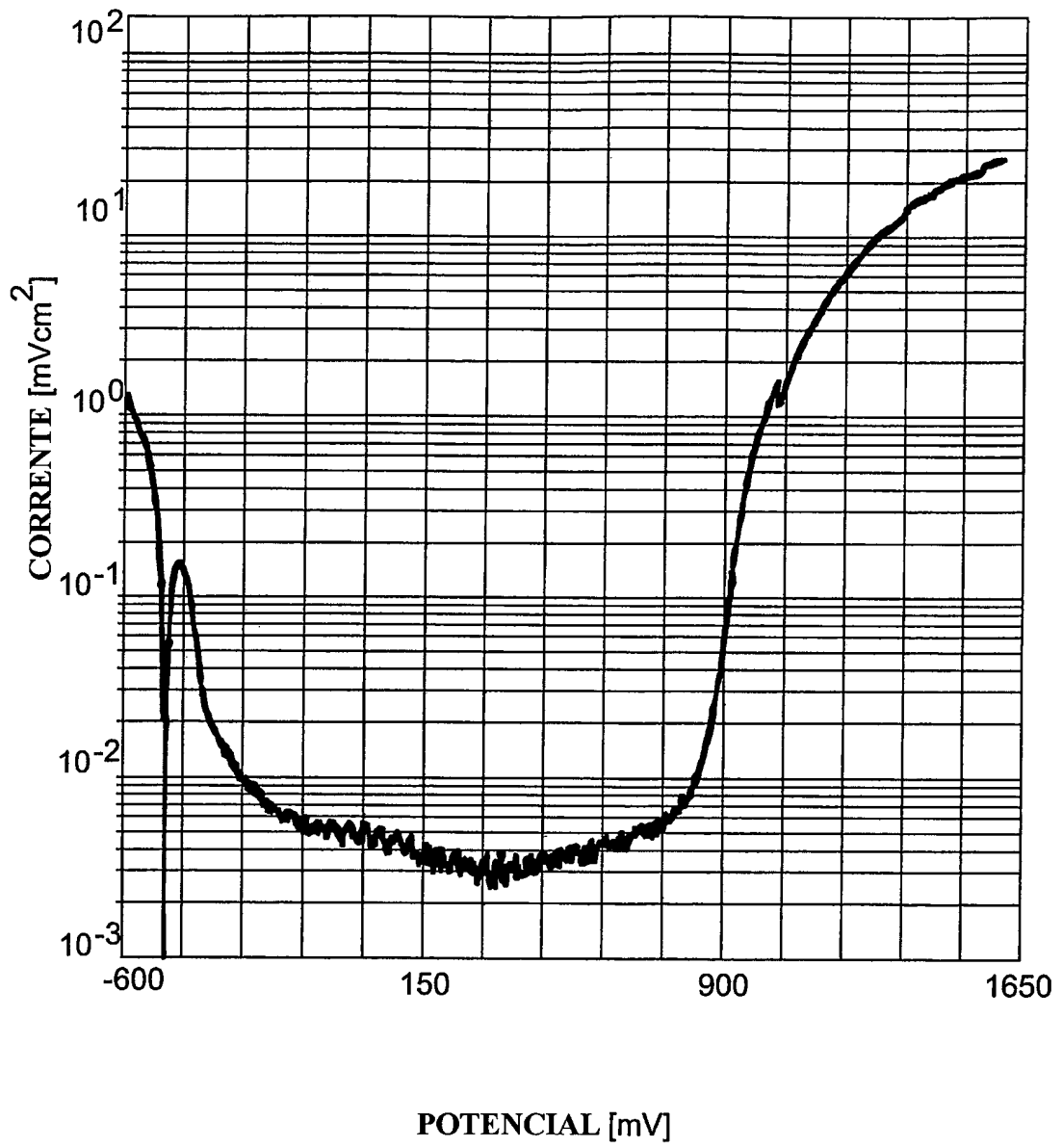


Fig. 7a

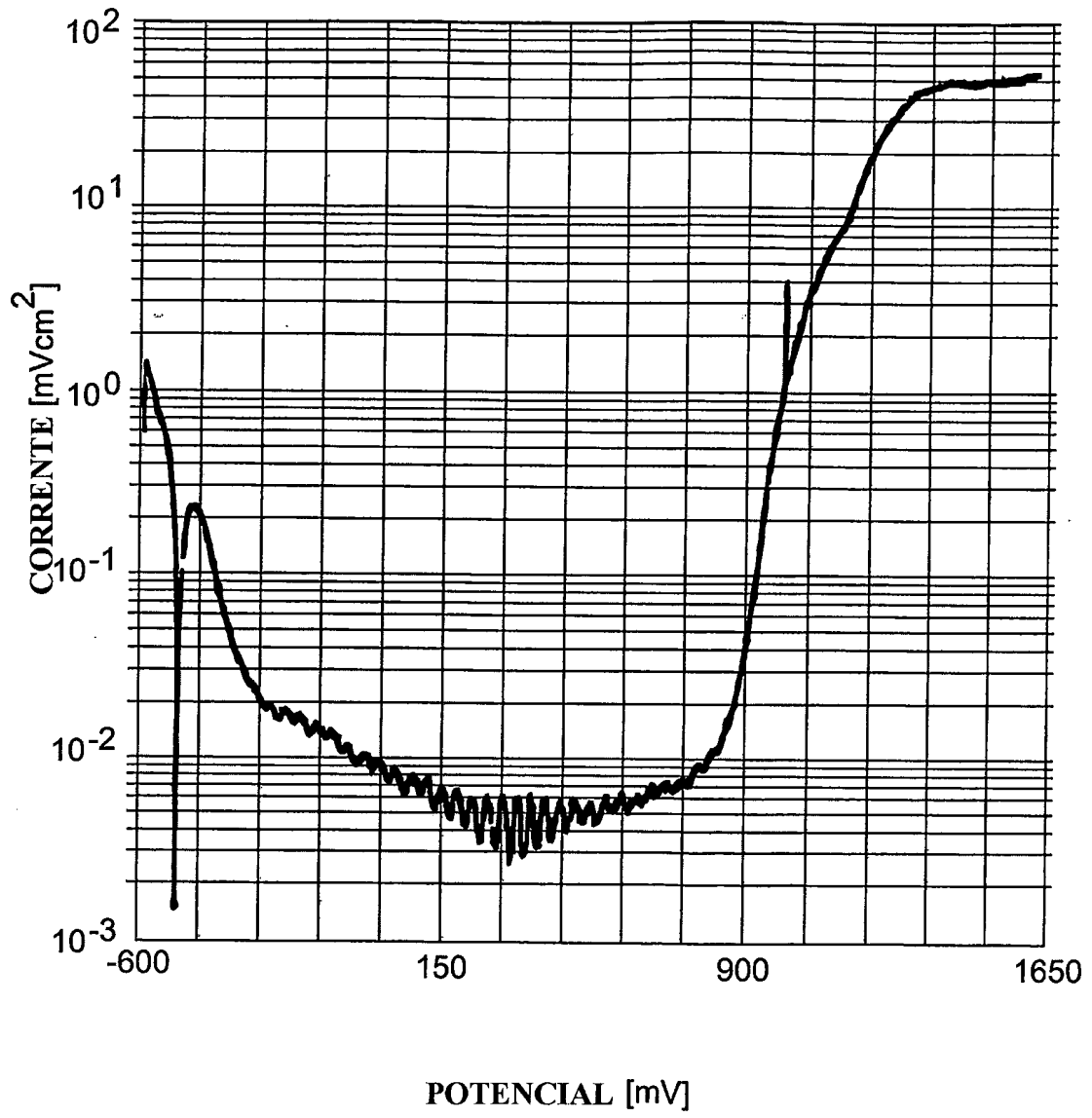


Fig. 7b

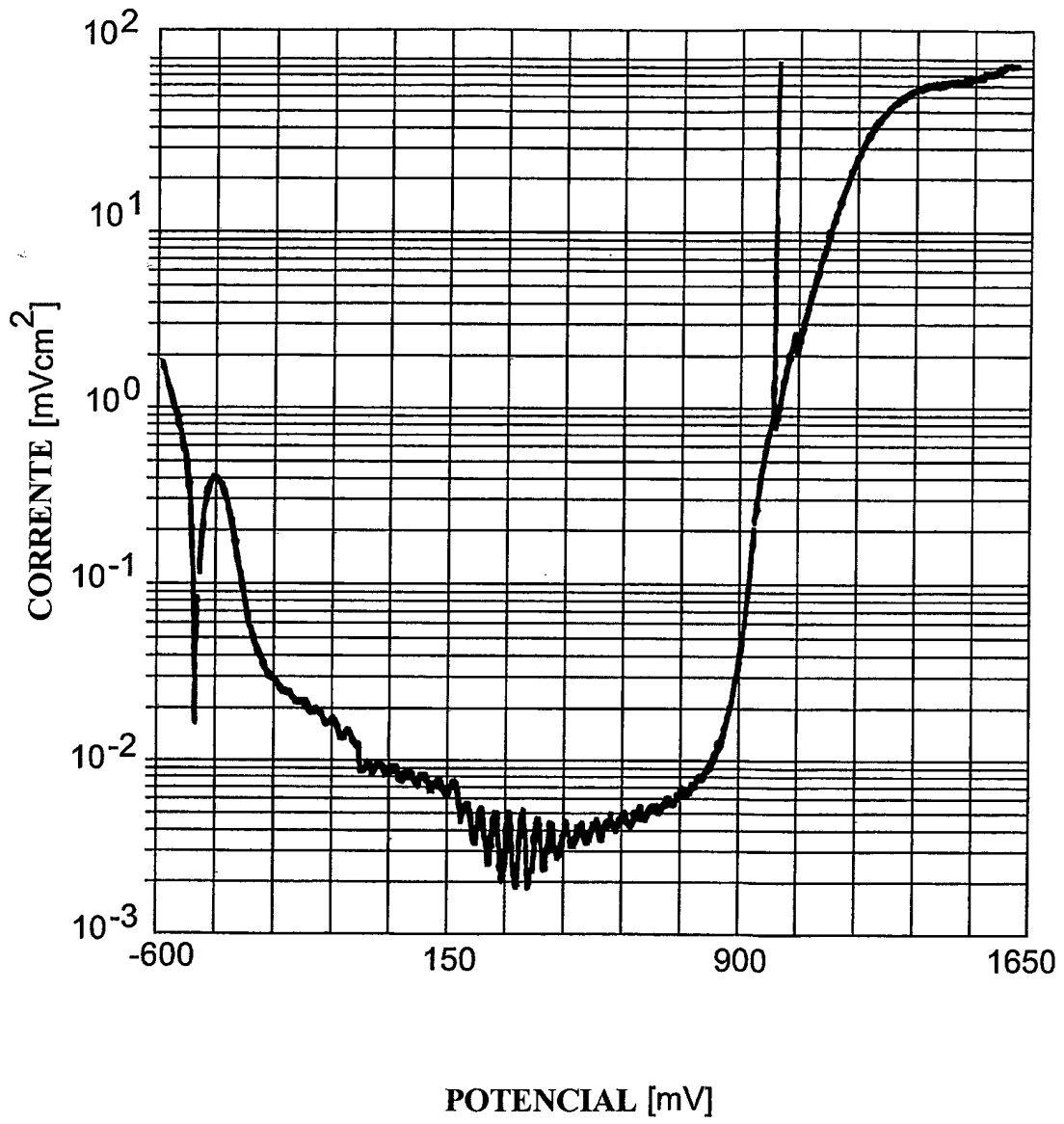


Fig. 8

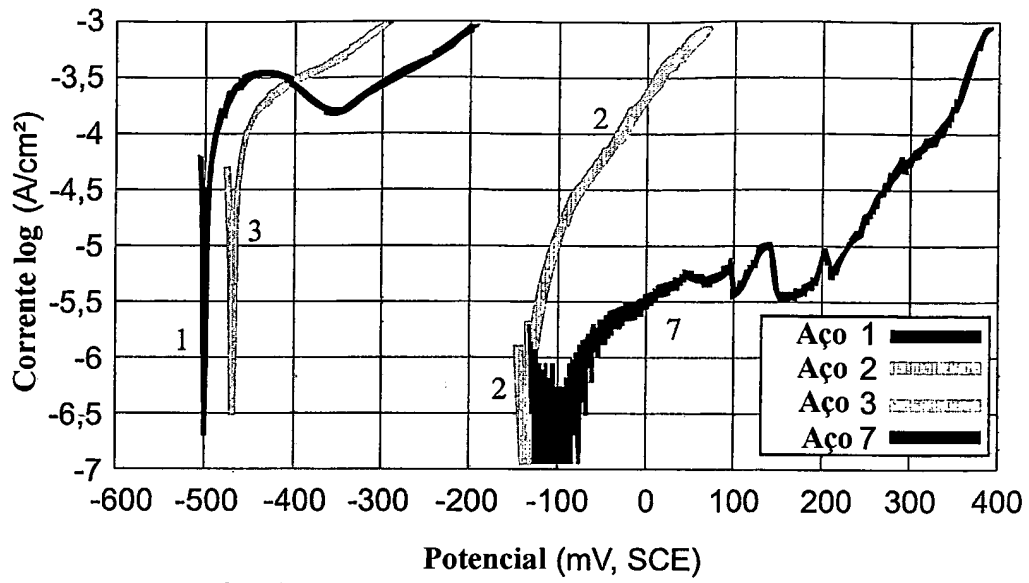


Fig. 9

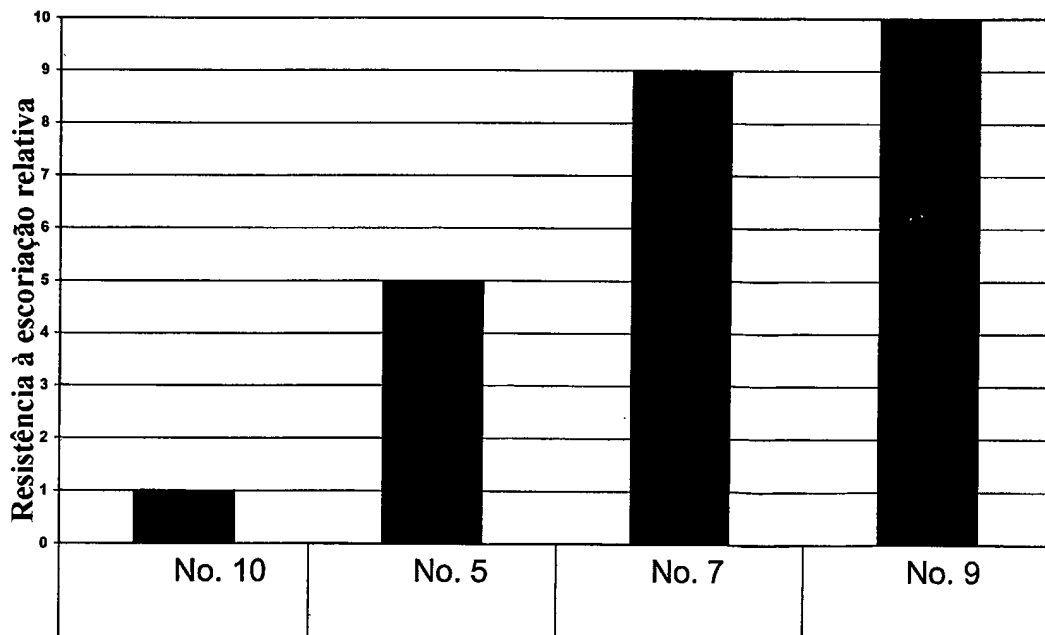


Fig. 10

Fig. 11

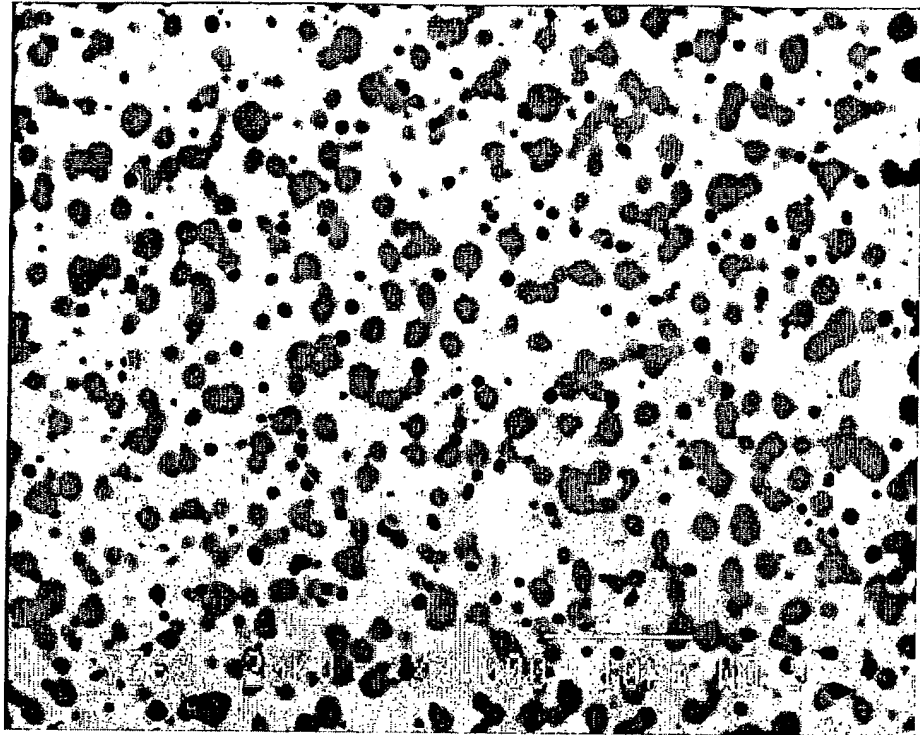


Fig. 12

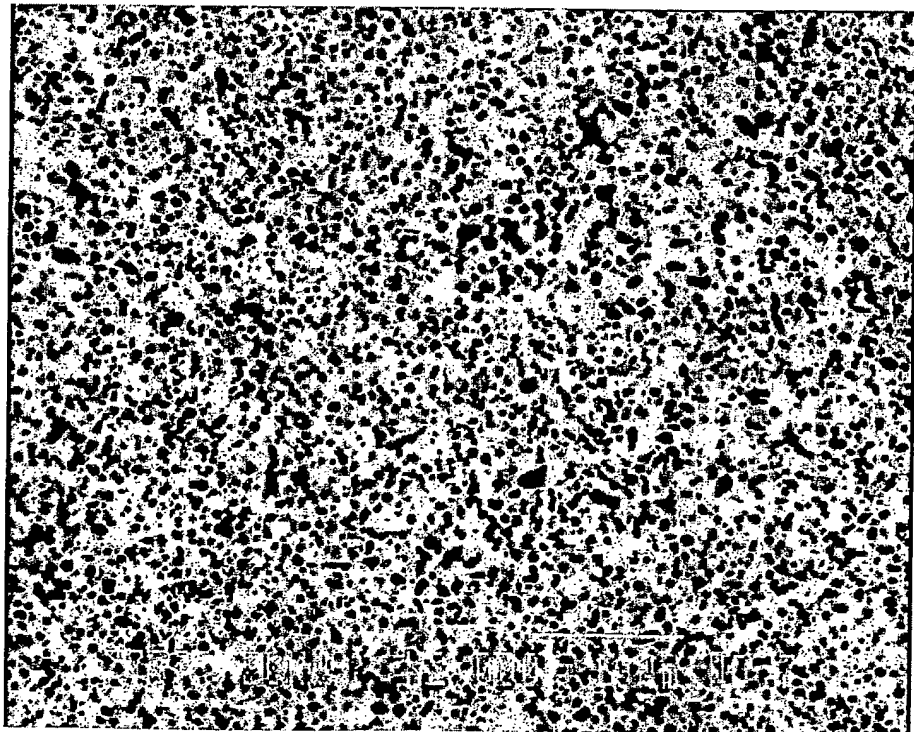


Fig. 13

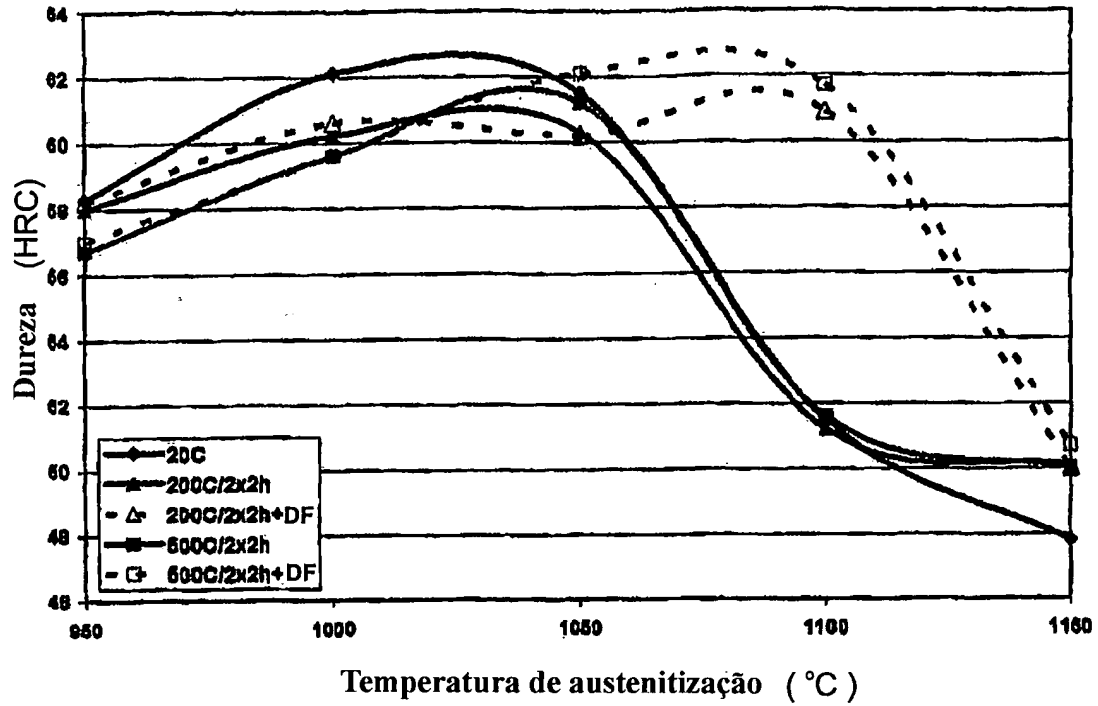
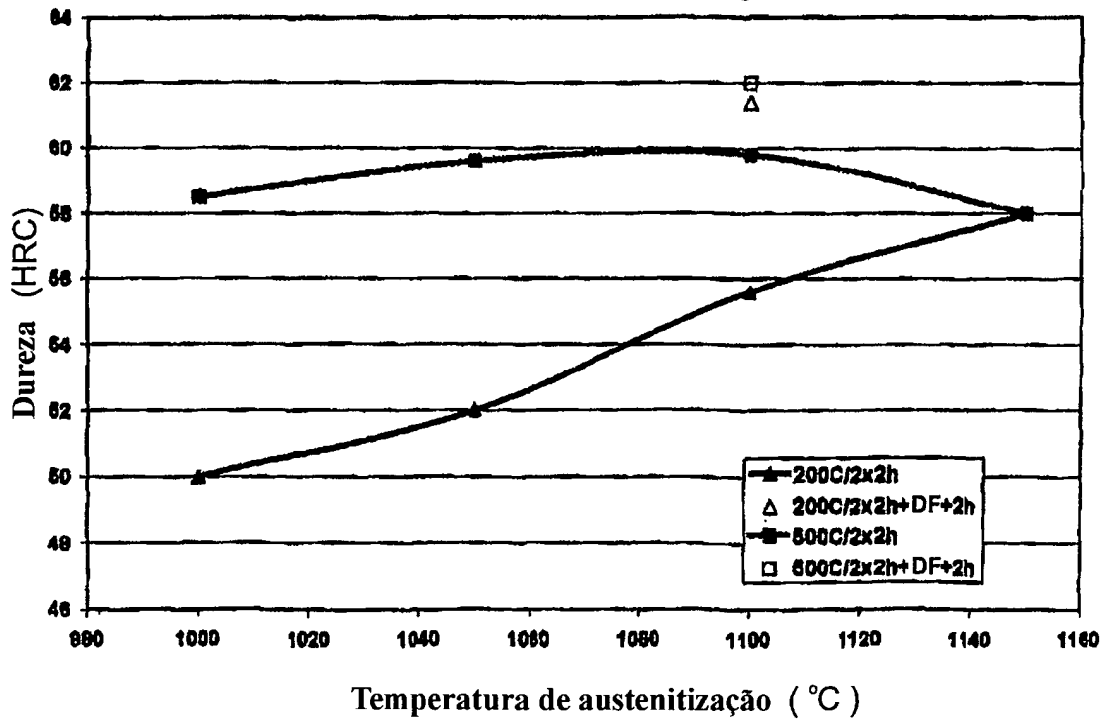


Fig. 14



## RESUMO

" LIGA DE AÇO E FERRAMENTAS OU COMPONENTES  
MANUFATURADOS A PARTIR DA LIGA DE AÇO "

5 A presente invenção se refere a uma liga de aço.

Em concordância com a presente invenção, a referida  
liga de aço é de aço de pó metalurgicamente manufaturado  
com uma composição química contendo, em % em peso: 0,01 - 2  
de C; 0,6 - 10 de N; 0,01 - 3,0 de Si; 0,01 - 10,0 de Mn;  
10 16 - 30 de Cr; 0,01 - 5,0 de Ni; 0,01 - 5,0 (Mo + W/2);  
0,01 - 9 de Co; no máximo 0,5 de S e 0,5 - 14 de (V +  
Nb/2), onde os conteúdos de N por um lado, e de (V + Nb/2)  
por outro lado, são balanceados uns em relação aos outros  
de maneira tal que os conteúdos destes elementos estejam  
15 dentro de uma área que é definida pelas coordenadas A', B',  
G, H, A' no sistema de coordenadas na Figura 1, onde as  
coordenadas de [N, (V + Nb/2)] são: A' : [0,6; 0,5], B' :  
[1,6; 0,5], G : [9,8; 14,0], H : [2,6; 14,0], e no máximo 7  
de (Ti + Zr + Al); o balanço essencialmente somente ferro e  
20 impurezas em quantidades normais.

O aço é intencionado para ser utilizado na  
manufatura de ferramentas para moldagem por injeção,  
moldagem por compressão e por extrusão de componentes de  
plásticos, e para ferramentas para trabalho a frio, que  
25 estão expostas à corrosão.

A presente invenção também se refere a componentes de  
construção tais como bocais de injeção para motores, partes  
de desgaste, partes de bomba, componentes de mancal, etc.  
Ainda um outro campo de aplicações é a utilização da liga  
30 de aço para a manufatura de facas para indústria  
alimentícia.