

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

(21) **PI 0621724-9 A2**

(22) Data de Depósito: 08/06/2006
(43) Data da Publicação: 12/06/2012
(RPI 2162)



(51) *Int.Cl.:*
C23C 8/48
C23C 8/50

(54) **Título:** NITRETOS DE METAL EM BANHO DE SAL E RESPECTIVOS MÉTODOS DE NITRETAÇÃO

(73) **Titular(es):** Iljin Light Metal Co., Ltd.

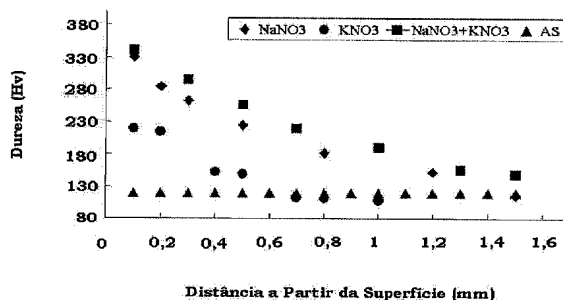
(72) **Inventor(es):** Dong Nyung Lee, Dong Sam Kim, Hee Won Jung, Kyu Hwan Oh, Yinzhong Shen, Young June Park

(74) **Procurador(es):** Hugo Silva, Rosa & Maldonado-Prop. Int

(86) **Pedido Internacional:** PCT KR2006002198 de 08/06/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/142373de 13/12/2007

(57) **Resumo:** INSERTO E FERRAMENTA DE CORTE E MÉTODO DE USINAGEM DE UMA PEÇA DE TRABALHO. Durante a usinagem de uma peça de trabalho, a fim de se alcançar uma alta qualidade de superfície da peça de trabalho usinada, pelo menos um inserto de corte hexagonal é fornecido, no qual as bordas que formam as virolas (16A, B) são dispostas de maneira alternada em um ângulo pequeno (α) e um ângulo grande (β) com relação uma à outra e são projetadas alternadamente como virolas ásperas (16A) e virolas de acabamento (16B). Isso garante que uma virola de acabamento (16B), seguindo uma virola áspera (16A) do inserto de corte 8 é eficiente sobre um comprimento maior.



Campo Técnico

5

10

15

20

25

corrosão.

Dos métodos de nitretação acima mencionados, a nitretação por banho de sal é mais extensamente usada para uma variedade de partes de máquina incluindo componentes automóveis, porque as propriedades das substâncias químicas para o banho de sal e seus pontos de fusão podem ser livremente controladas para proporcionar estabilidade através de uma ampla variedade de temperaturas de processo sem corroer a superfície do objeto que está sendo tratado. Para ser mais específico, além de sua condutividade térmica excelente, das propriedades de impregnação e das condições de processamento facilmente controláveis, é mais barato projetar e manter, em comparação com outros métodos de nitretação. Por exemplo, é fácil operar o banho de sal e a velocidade de aquecimento é 4 vezes maior no banho de sal do que na atmosfera. O banho de sal é especialmente adequado para tratamento térmico de aço de alta velocidade que é sensível ao crescimento de cristal (grão). Quando um material tratado num banho de sal entra em contato com a atmosfera, um filme incluindo os constituintes do banho de sal é formado sobre a superfície do mesmo, impedindo o filme a oxidação impedindo o material do contato direto com a atmosfera. Além disso, a superfície do material deste modo tratado é bastante limpa, tornando o banho de sal um tratamento térmico ideal tanto para a produção em massa como a produção dimensionada de pequenos lotes.

Revelação da Invenção

Problema Técnico

O Sal contendo cianeto é geralmente usado para um método de nitretação por banho de sal, produzindo íons de cianeto dentro do banho. Visto que o íon de cianeto é classificado como uma substância química tóxica, deve ser cuidadosa e firmemente controlado e isto pode ser uma proposição cara. Também existe um problema de custo envol-

vido para processamento da água e gás de rejeito.

Além disso, o tratamento de nitretação num sal fundido incluindo cianetos é um método de nitro-carburação (carbo-nitretação) que envolve uma penetração simultânea de carbono e nitrogênio. Tem
5 um inconveniente na medida em que, embora a dureza da superfície do material tratado deste modo melhore significativamente a resistência à tensão, ela fica apenas ligeiramente aumentada. O método de nitretação por banho de sal convencional que usa um sal de cianeto tem também um problema em que as suas aplicações são limitadas a moldes ou
10 engrenagens visto que a profundidade a que o material pode ser nitretado é limitada.

É, portanto, um objetivo da presente invenção proporcionar um método de nitretação de um metal usando sais de não cianeto e um metal de nitreto fabricado usando o mesmo.

15 É outro objetivo da presente invenção prover um método de nitretação por banho de sal para nitretação de um metal, em que o nitrogênio penetra no metal e um metal nitretado fabricado usando o mesmo.

20 É ainda outro objetivo da presente invenção proporcionar um método de nitretação por banho de sal para nitretação de um metal, capaz de aumentar a dureza e a resistência à tensão do metal a ser tratado e um metal nitretado fabricado usando o mesmo.

25 É ainda outro objetivo da presente invenção prover um método de nitretação por banho de sal para nitretação de um metal capaz de maximizar uma profundidade de nitretação e um metal nitretado fabricado usando o mesmo.

Solução Técnica

De acordo com um aspecto da presente invenção, é propor-

cionado um método de nitretação de um metal num banho de sal, incluindo o método as etapas de: a) imergir pelo menos um sal selecionado de um grupo que consiste em $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaNO_3 e NaNO_2 no banho de sal; b) fundir o sal por aquecimento e manter o sal fundido a uma temperatura
5 predeterminada; e c) submergir o metal no banho de sal.

De acordo com outro aspecto da presente invenção, é provido um método de nitretação de um metal num banho de sal, incluindo o método as etapas de: a) imergir um sal misturado incluindo pelo menos um de um grupo que consiste em KNO_3 e KNO_2 e pelo menos um de um
10 grupo que consiste em $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaNO_3 e NaNO_2 no banho de sal; b) fundir o sal por aquecimento e manter o sal fundido a uma temperatura predeterminada; e c) imergir o metal no banho de sal.

Neste momento, a temperatura predeterminada está dentro de uma faixa de 400°C a 700°C e o tempo de submersão está dentro de
15 uma faixa de 1 a 24 horas.

De acordo com outro aspecto da presente invenção, é proporcionado um método de nitretação de um metal num banho de sal, incluindo o método as etapas de: a) imergir um sal de KNO_3 no banho de sal; b) fundir o sal por aquecimento e manter o sal fundido a 400°C a
20 620°C ; e c) imergir o metal por menos do que 8 horas no banho de sal.

De acordo com outro aspecto da presente invenção, é proporcionado um método de nitretação de um metal num banho de sal, incluindo o método as etapas de: a) imergir um sal de KNO_3 no banho de sal; b) fundir o sal por aquecimento e manter o sal fundido a uma temperatura sendo mais de 620°C igual ou menor do que 640°C ; e c) imergir
25 o metal por menos do que 1 hora no banho de sal.

Quando o ferro é nitretado no banho de sal da presente invenção, o ferro pode ser nitretado a uma profundidade de 0,1 [] a 3,0[] a partir de sua superfície.

Quando o aço for nitretado no banho de sal da presente invenção, o aço pode ser nitretado a uma profundidade de 0,1 [] a 3,0[] a partir de sua superfície.

O aço inclui aço-carbono ultra-baixo, aço de baixo carbono, 5 aço-carbono médio, aço de alto carbono e aço de liga.

O aço-carbono ultra-baixo nitretado pela presente invenção tem a dureza de superfície situando-se desde mais de 120 Hv até igual ou menor do que 450 Hv. O aço de baixo carbono tem a dureza de superfície sendo de mais de 200 Hv igual ou menor do que 410 Hv. O 10 aço-carbono médio tem a dureza de superfície sendo de mais de 130 Hv igual ou menor do que 420 Hv. O aço de alto carbono tem a dureza de superfície sendo de mais de 150 Hv igual ou menor do que 400 Hv. O aço de liga tem a dureza de superfície sendo de mais de 200 Hv igual ou menor do que 410 Hv. A dureza de superfície dos aços nitretados pela 15 presente invenção pode ser melhorada por um máximo de 420 Hv. A dureza de superfície do ferro nitretado pela presente invenção é também melhorada.

O aço-carbono ultra-baixo nitretado pela presente invenção tem a resistência à tração de mais de 35 kgf/[] até igual ou menor do que 110 kgf/D. O aço de baixo carbono tem a resistência à tração situando-se desde mais de 45 kgf/[] até igual ou menor do que 110 kgf/D. O aço-carbono médio tem a resistência à tração desde mais de 45 kgf/[] até igual ou menor do que 100 kgf/D. O aço de alto carbono tem a resistên- 20 cia à tração desde mais de 60 kgf/[] até igual ou menor do que 95 kgf/D. O aço de liga tem a resistência à tração desde mais de 55 kgf/[] até igual ou menor do que 110 kgf/D. A resistência do ferro pode ser aperfeiçoada pelo método de nitretação da presente invenção. 25

O método de nitretação por banho de sal da presente invenção pode ser aplicado ao ferro, ao aço-carbono incluindo o aço-carbono

ultra-baixo tendo um conteúdo de carbono de pelo menos 0,0001% em peso até menos do que 0,13% em peso, tendo o aço de baixo carbono um conteúdo de carbono de pelo menos 0,13% em peso até menos do que 0,2% em peso, tendo o aço-carbono médio um conteúdo de carbono de pelo menos 0,21% em peso até menos do que 0,51% em peso e tendo o aço de alto carbono um conteúdo de carbono de pelo menos 0,51% em peso até menos do que 2,0% em peso, tendo o aço um conteúdo de cromo de 0,1% em peso até 1,5% em peso, tendo o aço um conteúdo de molibdênio de 0,05% em peso até 0,5% em peso, tendo o aço um conteúdo de níquel de 0,1% em peso até 10% em peso, tendo o aço um conteúdo de manganês de 0,1% em peso até 2,0% em peso, tendo o aço um conteúdo de boro de 0,001% em peso a 0,1% em peso, tendo o aço um conteúdo de titânio de 0,001% em peso até 0,1% em peso, tendo o aço um conteúdo de vanádio de 0,05% em peso até 0,15% em peso, tendo o aço um conteúdo de nióbio de 0,005% em peso até 0,1% em peso e tendo o aço um conteúdo de alumínio de 0,005% em peso até 0,1% em peso. Também o método de nitretação por banho de sal da presente invenção pode ser aplicado ao aço de liga incluindo pelo menos dois tipos dos aços acima sugeridos.

Efeitos Vantajosos

A presente invenção é direcionada para a nitretação de aços em sais de não cianeto, tais como nitrato de sódio (NaNO_3), nitreto de sódio (NaNO_2), nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) e suas misturas. A nitretação de aços em sais de não cianeto é capaz de resolver um problema de poluição ambiental e de reduzir custos.

A presente invenção é capaz de aumentar a profundidade nitretada do metal de duas a seis vezes em comparação com métodos de nitretação convencional, de forma a ser levada a cabo em vários campos de aplicação.

Além disso, visto que a presente invenção pode ser aplicada ao endurecimento em massa, assim como também ao endurecimento de superfície de aços aumentando a dureza e resistência à tração do metal, é possível aplicar a presente invenção a muitos campos, incluindo componentes leves e altamente resistentes de automóveis e diversos membros estruturais que exigem resistência ao desgaste, resistência à corrosão e vida de fadiga melhoradas.

Breve Descrição dos Desenhos

A **Figura 1** é um gráfico que ilustra a relação entre um tempo de nitretação e um perfil de dureza num aço nitretado de acordo com uma primeira modalidade da presente invenção;

a **Figura 2** é um gráfico que ilustra a relação entre o tempo de nitretação e o perfil de dureza no aço nitretado conforme a primeira modalidade da presente invenção;

a **Figura 3** é um gráfico que ilustra a relação entre uma temperatura de nitretação e o perfil de dureza no aço nitretado de acordo com a primeira modalidade da presente invenção;

a **Figura 4** é um gráfico que ilustra a relação entre o tempo de nitretação e a dureza de superfície do aço nitretado segundo a terceira modalidade da presente invenção;

a **Figura 5** é um gráfico que ilustra a relação entre a temperatura de nitretação e o tempo e o perfil de dureza no aço nitretado de acordo com a terceira modalidade da presente invenção;

a **Figura 6** é um gráfico que ilustra o perfil de dureza no aço nitretado de acordo com a quarta modalidade da presente invenção;

a **Figura 7** é um gráfico que ilustra o perfil de dureza no aço nitretado conforme a quinta modalidade da presente invenção; e

a **Figura 8** é um gráfico que ilustra a relação entre uma relação de mistura de um sal misturado e o perfil de dureza no aço nitretado conforme a quinta modalidade da presente invenção.

Modo da Invenção

5 Em seguida, será descrita a presente invenção em mais detalhe.

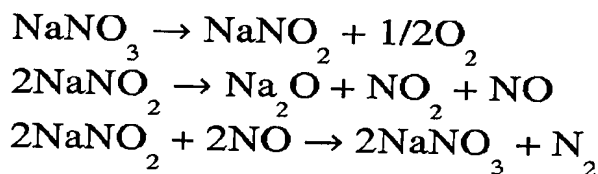
Ao nitretar um metal, a presente invenção incorpora nele o princípio da dissolução do nitrogênio envolvendo um sal de não cianeto fundido, mais particularmente NaNO_3 , NaNO_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e misturas dos
10 mesmos como sal fundido, ao invés de um método de nitretação convencional como um método de nitrocarburação (carbo-nitretação) envolvendo o uso de cianetos, por exemplo, KCN e NaCN , como o sal fundido em que o carbono e o nitrogênio são simultaneamente difundidos no metal.

O método de nitretação do metal de acordo com a presente
15 invenção envolve imergir pelo menos um sal a partir de um grupo que consiste em NaNO_3 , NaNO_2 e $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ num banho de sal, fundir o sal e manter o sal fundido a uma temperatura predeterminada de 400°C até 700°C . Subseqüentemente, o metal a ser nitretado é submergido no banho desde 1 minuto a 24 horas.

20 Durante este tempo, são gerados nitrogênio, oxigênio e óxidos de oxigênio e nitrogênio a partir dos sais fundidos de não-cianeto da presente invenção, NaNO_3 , NaNO_2 e $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e misturas dos mesmos, pelas seguintes fórmula da reação 1 e fórmula da reação 2.

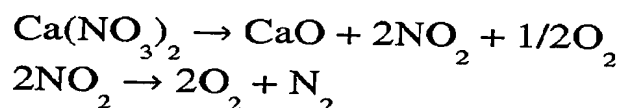
A seguinte fórmula da reação 1 representa a reação de
25 formação de nitrogênio no banho de sal fundido de NaNO_3 e NaNO_2 .

Fórmula da Reação 1



A fórmula seguinte 2 mostra a reação de formação de nitrogênio no banho de sal fundido de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Fórmula da Reação 2



5

Conforme mostrado na Tabela 1, aqueles metais nitretados, incluindo aço-carbono (incluindo aço-carbono ultra-baixo, aço de baixo carbono, aço-carbono médio e aço de alto carbono), aço de liga e ferro

10 que usam o método de nitretação por banho de sal de acordo com a presente invenção são nitretados a uma profundidade de 0,1[] a 3,0[] a partir da superfície. A faixa de espessura da camada de profundidade/difusão nitretada obtida através da presente invenção é de 2 a 6

15 vezes maior do que a obtida usando os métodos de nitretação convencional, significando que uma camada nitretada/difusão formada usando o método de nitretação da presente invenção estende-se a partir da superfície até à parte de metal interno e, em consequência, a dureza de superfície e a resistência à tração do metal melhoram também em comparação com a daqueles do metal nitretado usando o método de nitretação convencional.

20 As referências à Tabela 1 são como se segue:

[1] B. Finnem, Ba[] un[] Gasnitrieren. Vol.18, Betriebsbuecher Carl-Hausner-Verlag, Muenchen(1965).

[2] Tufftride Information 15. DEGUSSA Durfeerit Abteilung.

[3] H.Eiraku, K.Shinkawa, Y.Yoneyama, e M.Higashi, "*Characteristics of Palsonite (Low temperature salt bath nitriding)*", JSHT Conf., No. 1, 49-50 (1998).

5 [4] E.A.Mattision, K.Frisk, e A. Melander, "*Microstructure evolution during the combination hardening process of nitriding and induction hardening*", em: 5 ASM- HTSE Europe (2002), pp. 209-219.

[5] W.Junyi, P.Lin e Z.Hul, "*Effect of rare earth on ionic nitriding process*" em: 1^a Conf. Heat Treatment of Materials, maio (1998), pp. 57-61.

10 [6] S.Kondo, Y.Izawa, O. Nakano, S.Uchida e M.Onoda, "*Influence of white layer produced by gas nitriding on fatigue strength of compressive spring*". J. JSHT, 36(1), pp. 34-40(1996).

[7] J. Georges, "*TC plasma nitriding*", em: 12^o IFHTSE Melbourne, Austrália (2000), p229; Heat Treatment Met., No.2, pp. 33-37
15 (2001).

[8] T.Bell, Y.Sun, K.Mao e P.Buchhagen, "*Modeling plasma nitriding*", Advance[] Mater. Pro., No. 8, 40Y-40BB (1996).

[9] T.Bell, Y.Sun, Z.Lin e M.Yan, "*Rare earth engineering*", Heat Treatment Met., 27(1), pp. 12-13 (2000).

Tabela 1

Método de Nitretação	Temperatura (K)	Tipo de Aço	Espessura da Camada de Difusão (μ)	Referências
Processo de nitretação pela presente invenção	953	Aço de baixo carbono	3.000	
	913	Aço IF	1.500	
TFI Tufftride	853	1015	800	[1], [2]
	853	1045	780	
	853	34Cr4	480	
	853	X210Cr12	160	
NSI Tufftride	843	1015	780	[3]
	843	SCM435	171	
Nitretação "Suave" em Gás Médio	843	SS2250	353	[4]
Nitretação "Suave" em Gás Médio	793	38CrMoAl	78-97	[5]
	--	40Cr	63-80	
Nitretação por Gás	773	SAE9254	49	[6]
Nitretação por Plasma	793 (Pused)	722M24	72	[7]
	793 (DC)	722M24		

Nitretação por Plasma	833	En40B	100	[8]
	813	En19	110	
	793	Nirtaps	46	
	823	36CrMo	100	[9]
	793	36CrMo+0,1Y	200	
	823	36CrMo+0,1Ce	215	
Nitretação em banho de sal a baixa temperatura	753	SKD61	150	[3]
	843	SKD61	106	
	753	SCM435	141	
	843	SCM435	200	

Em seguida, serão descritas em detalhe modalidades da presente invenção com referência aos desenhos anexos.

Primeira Modalidade

5 De acordo com a primeira modalidade da presente invenção, o aço é nitretado usando o sal de NaNO_3 fundido.

O aço nitretado inclui aço-carbono ultra-baixo, aço de baixo carbono, aço-carbono médio, aço de alto carbono e aço de liga.

10 Cada um do aço-carbono ultra-baixo, aço de baixo carbono, aço-carbono médio, aço de alto carbono e aço de liga é submergido no banho de sal de NaNO_3 fundido por 2 horas a uma temperatura de 500°C.

A Tabela 2 mostra mudanças na dureza de superfície e na resistência à tração das amostras que estão sendo nitretadas no banho

de sal fundido, em que a dureza foi medida usando um testador de dureza de Vickers sob uma carga de 1 kgf.

No caso do aço-carbono ultra-baixo, a dureza de superfície aumenta de 119% e a de resistência à tração aumenta de 47%. No caso
5 do aço de baixo carbono, a dureza de superfície aumenta de 47% e a resistência à tração aumenta de 19%.

No caso do aço-carbono médio, a dureza de superfície aumenta de 32% e a resistência à tração aumenta de 18%. No caso do aço de alto carbono, a dureza de superfície aumenta de 28% e a resistência à
10 tração aumenta de 16%. No caso do aço de liga, a dureza de superfície aumenta de 24% e a resistência à tração aumenta de 17%.

Ou seja, no caso do aço, a dureza de superfície aumenta de 20% a 120% e a resistência à tração aumenta de 15% a 50%.

As diferenças na quantidade de aumentos mostrados na
15 dureza de superfície que depende do tipo de aço podem ser atribuídas às diferenças na velocidade de difusão do nitrogênio associada a cada tipo de aços determinada pelo conteúdo de carbono nele.

Tabela 2

Tipo de Aço	Mudança de Dureza (Hv)			Mudança de Resistência Tênsil (kgf/[])		
	Antes da Nitretação	Depois da Nitretação	Taxa de Aumento (%)	Antes da Nitretação	Depois da Nitretação	Taxa de Aumento (%)
Aço carbono ultra-baixo	128	280	119	34	50	47
Aço de baixo carbono	194	286	47	62	74	19
Aço de carbono médio	183	241	32	56	66	18
Aço de alto carbono	230	294	28	73	85	16
Aço de liga	226	281	24	71	83	17

A Figura 1 é um gráfico que mostra a distribuição de dureza na direção da espessura do aço-carbono ultra-baixo antes (As) e depois da nitretação em banho de sal de NaNO_3 fundido a 500°C durante 30 minutos, 1, 2 horas e 5 horas, respectivamente.

A profundidade nitretada ou a profundidade de difusão aumenta com o aumento do tempo de nitretação e a dureza diminui com o aumento da distância a partir da superfície, porque a concentração de nitrogênio diminui com a distância crescente a partir da superfície.

- 5 Quando o aço for nitretado durante 5 horas, pode ser visto que o aço é nitretado a uma profundidade de cerca de 0,6mm a partir da superfície.

- A Figura 2 mostra a distribuição da dureza ao longo da direção de espessura do aço de baixo carbono nitretado no banho de sal de NaNO_3 fundido a 680°C para 3, 6, 12 e 24 horas, respectivamente, em
10 que a dureza é medida usando um testador de dureza de Vickers sob uma carga de 3 kgf.

- Como mostrado na Figura 2, a profundidade de nitretação ou a profundidade de difusão do aço aumenta com o tempo de nitretação crescente. A profundidade de nitretação do aço depois da nitretação
15 durante 24 horas é de mais ou menos 3,0 mm, que é 6 vezes mais profundo do que aquela obtida a partir do método de nitretação convencional.

- Também a dureza da superfície depois da nitretação é de 450 Hv, que é mais de 4 vezes mais elevada do que aquela do espécime
20 não tratado.

Em consequência, o método de nitretação da presente invenção pode aumentar a profundidade de nitretação do aço de 2 a 6 vezes em comparação com o método de nitretação por banho de sal baseado em cianeto convencional.

- 25 A Figura 3 mostra as distribuições de dureza ao longo da direção da espessura do aço carbono ultra-baixo antes e depois da nitretação no banho de sal de NaNO_3 fundido a 500°C e 600°C durante 3 horas. A profundidade nitretada do aço nitretado a 600°C é 3 vezes maior do que aquela do aço nitretado a 500°C . A dureza de superfície do

aço a 600°C é 100 Hv mais elevada do que aquela do aço nitretado a 500°C. Isto é, a dureza de superfície e a profundidade de nitretação do aço aumentam com a temperatura de nitretação crescente.

5 A Tabela 3 mostra mudanças na resistência à tração do aço-carbono ultra-baixo dependendo da temperatura de nitretação em que as amostras são nitretadas durante 3 horas a 450°C, 500°C, 550°C e 600°C, respectivamente, usando o método de nitretação por banho de sal da primeira modalidade da presente invenção.

10 Como mostrado na Figura 3, no caso da temperatura de nitretação de 450°C, a resistência à tração aumenta de 5%. À medida que a temperatura aumenta, a resistência à tração do aço aumenta também. Conseqüentemente, quando a temperatura for de 600°C, a resistência à tração aumenta de 134%.

Tabela 3

Divisão	Temperatura de Nitretação (°C)	Tempo de Nitretação (h)	Resistência Tênsil (kgf/[])	Taxa de Aumento (%)
Antes da Nitretação	--	--	34,8	0
Depois da Nitretação	450	3	36,6	5
	500		50,8	46
	550		64,5	85
	600		81,4	134

Ou seja, visto que é simultaneamente possível melhorar a dureza e a resistência à tração por nitretação do aço de acordo com a

primeira modalidade, a presente invenção pode ser aplicada a diversos campos incluindo diversos componentes e membros estruturais.

Segunda Modalidade

De acordo com a segunda modalidade da presente invenção,
5 o aço é nitretado usando o sal de NaNO_2 fundido.

Os aços incluindo o aço-carbono ultra-baixo, o aço de baixo carbono, o aço-carbono médio, o aço de alto carbono e o aço de liga são submergidos no banho de sal a 450°C durante 2 horas.

A Tabela 4 mostra mudanças na dureza da superfície e na
10 resistência à tração das amostras nitretadas no banho de sal fundido, em que a dureza de superfície é medida usando um testador de dureza de Vickers sob uma carga de 1 kgf.

Para o aço-carbono ultra-baixo, a dureza da superfície aumenta de 54% e a resistência à tração aumenta de 21%. Para o aço
15 de baixo carbono, a dureza da superfície aumenta de 32% e a resistência à tração aumenta de 15%.

Para o aço-carbono médio, a dureza da superfície aumenta de 19% e a resistência à tração aumenta de 13%. Para o aço de alto carbono, a dureza da superfície aumenta de 18% e a resistência à tração
20 aumenta de 12%.

Para o aço de liga, a dureza de superfície aumenta de 17% e a resistência à tração aumenta de 14%.

Ou seja, no caso em que os aços são nitretados pelo método de nitretação por banho de sal fundido da segunda modalidade da
25 presente invenção, a dureza de superfície aumenta de 15% a 60% e a resistência à tração aumenta de 10% a 25%.

Em consequência, o método de nitretação por banho de sal

fundido de acordo com a segunda modalidade da presente invenção aumenta também a dureza de superfície e a resistência tênsil dos aços.

Tabela 4

Tipo de Aço	Mudança de Dureza (Hv)			Mudança de Resistência Tênsil (kgf/[])		
	Antes da Nitretação	Depois da Nitretação	Taxa de Aumen-to (%)	Antes da Nitretação	Depois da Nitretação	Taxa de Aumen-to (%)
Aço carbono ultra-baixo	128	197	54	34	41	21
Aço de baixo carbono	194	257	32	62	71	15
Aço de carbono médio	183	218	19	56	63	13
Aço de alto carbono	230	271	18	73	82	12
Aço de liga	226	265	17	71	81	14

Na terceira modalidade da presente invenção, o aço é nitretado usando o sal de KNO_3 fundido.

O aço a ser nitretado é aço Interstitial-Free (IF), que inclui carbono (C) de 0,003% em peso, manganês (Mn) de 1,23% em peso, 5 alumínio (Al) de 0,037% em peso, titânio (Ti) de 0,027% em peso, fósforo (P) de 0,050% em peso, nitrogênio (N) de 0,002% em peso e enxofre (S) de 0,008% em peso.

O aço IF é nitretado no banho de KNO_3 fundido a 560°C, 580°C, 600°C, 620°C e 640°C, respectivamente.

10 A Figura 4 mostra a dureza de superfície do aço IF nitretado no banho de KNO_3 fundido como funções do tempo e da temperatura.

Como mostrado na Figura 4, à medida que o tempo de nitretação e a temperatura aumentam, a dureza da superfície aumenta sob a maior parte das condições de temperatura. Embora o aumento da 15 dureza possa ser explicado como fortalecimento da solução, a presente invenção não fica limitada a esta teoria.

Todavia, quando o tempo de nitretação no sal de KNO_3 fundido a 620°C excede 8 horas ou o tempo de nitretação no sal de KNO_3 fundido a 640°C excede uma hora, dureza da superfície diminui. É 20 entendido que esta diminuição na dureza de superfície é causada pela formação da camada nitretada nos limites de grão do aço IF.

A Figura 5 mostra as distribuições de dureza ao longo da direção de espessura do aço IF nitretado pela terceira modalidade da presente invenção.

25 O aço IF é nitretado por 16 horas num sal de KNO_3 fundido a 560°C e por 8 horas num sal de KNO_3 fundido a 560°C, 580°C, 600°C e 620°C, respectivamente.

Com referência à Figura 5, a dureza do aço IF diminui com o aumento da profundidade a partir da superfície, porque a concentração de nitrogênio diminui com o aumento da distância a partir da superfície do aço. Quando a profundidade nitretada for definida como a distância entre a superfície e a posição onde o valor de dureza é igualado a 110% daquela do centro do aço IF antes da nitretação, a profundidade nitretada formada em cada condição varia desde mais ou menos 1,38mm até 1,5mm, que é de 3 a 5 vezes mais espessa do que a espessura da camada nitretada formada usando o método convencional.

Quarta Modalidade

Na quarta modalidade da presente invenção, o aço é nitretado usando o sal fundido de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

O aço a ser nitretado na quarta modalidade é o aço de baixo carbono.

Visto que o $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ é altamente higroscópico à temperatura ambiente, incluindo água combinada, é preferível usar $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ depois de remover a umidade por aquecimento durante um tempo predeterminado.

A quarta modalidade da presente invenção inclui os processos de remoção de umidade por aquecimento do $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ durante 4 horas a 100°C a 150°C, aquecimento do $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ a 580°C para formar banho de sal fundido de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e imergir o aço de baixo carbono no banho durante 3 horas.

A Figura 6 é um gráfico que mostra o perfil de dureza de superfície no aço de baixo carbono nitretado pela quarta modalidade da presente invenção.

Conforme mostrado na Figura 6, o aço de baixo carbono nitretado pela quarta modalidade é nitretado a uma profundidade de

0,5[] a partir da superfície e tem dureza de superfície que é 2 vezes mais elevada do que a dureza de superfície (As) do aço antes da nitretação.

Quinta modalidade

Na quinta modalidade da presente invenção, o aço é nitretado usando uma mistura fundida de KNO_3 e NaNO_3 .

Na quinta modalidade da presente invenção, o aço de baixo carbono é nitretado na mistura fundida de KNO_3 e NaNO_3 cujas relações de mistura são 1:1, 8:2 e 2:8.

A Tabela 5 mostra os valores de dureza de superfície de aços nitretado pela quinta modalidade da presente invenção. Vários tipos de aço são submergidos na mistura fundida de KNO_3 e NaNO_3 cuja relação é de 1:1 durante 12 ou 24 horas continuamente a 650°C .

Neste momento, a dureza é medida usando um testador de dureza de Vickers sob uma carga de 3 []f.

Os valores de dureza dos aços nitretados na mistura de KNO_3 e NaNO_3 aumentam de 69% a 251%, dependendo do tipo de aço.

Tabela 5

Tipo de Aço	Tempo de Nitretação (h)	Mudança de Resistência Tênsil (kgf/[])		
		Antes da Nitretação	Depois da Nitretação	Taxa de Aumento (%)
Aço carbono ultra-baixo	24	128	449	251
Aço de baixo carbono	12	194	406	109
Aço de carbono médio	12	183	391	114
Aço de alto carbono	24	230	389	69
Aço de liga	24	226	387	71

Vários aços são submergidos na mistura de KNO_3 e NaNO_3 cuja relação é de 1:1 a 580°C e são medidas mudanças na dureza da superfície e na resistência à tração dos aços nitretados dependendo do tempo de nitretação.

Como mostrado na Tabela 6, a nitretação de acordo com a quinta modalidade da presente invenção aumenta a dureza e a resistência à tração de todos os aços.

A dureza e a resistência à tração aumentam com o aumento do tempo de nitretação.

Tabela 6

Tipo de Aço	Tempo de Nitretação (h)	Mudança de Dureza (HV)			Mudança de Resistência Tênsil (kgf/mm ²)		
		Antes da Nitretação	Depois da Nitretação	Taxa de Aumento (%)	Antes da Nitretação	Depois da Nitretação	Taxa de Aumento (%)
Aço carbono ultra-baixo	3	120	283	136	35	48	37
	12	120	421	251	35	92	163
Aço de baixo carbono	3	200	283	42	45	55	22
	12	200	403	102	45	79	76

Aço de carbono médio	3	130	181	39	45	57	27
	12	130	398	206	45	88	84
Aço de alto carbono	3	150	201	34	60	76	27
	12	150	391	161	60	87	45
Aço de liga	3	200	274	37	55	75	36
	12	200	409	105	55	90	64

A Figura 7 é um gráfico que mostra os perfis de dureza do aço nitretado a 680°C durante 200 minutos no banho de KNO₃, no banho de NaNO₃ e no banho da mistura de 50% de KNO₃-50% de NaNO₃.

5 A dureza foi medida usando um testador de dureza de Vickers.

Na Figura 7, o aço nitretado no banho de mistura tem uma profundidade de nitreto de 1,5[] e uma dureza de superfície de 160Hv, que é mais alta do que aquela do aço nitretado nos banhos de sal único e 3 vezes mais elevada do que aquela do aço antes da nitretação.

10 A Figura 8 é um gráfico que mostra os perfis de dureza do aço de baixo carbono nitretado no banho de 80% de KNO₃-20% de NaNO₃ e 20% de KNO₃-80% de NaNO₃ a 650°C durante 4 horas, respectivamente.

15 Conforme mostrado na Figura 8, a dureza de superfície do aço nitretado nos banhos de mistura é cerca de 2 vezes mais elevada do que aquela do aço antes da nitretação.

20 Os termos e palavras usados no presente Relatório Descritivo e nas Reivindicações não devem ser interpretados de modo a ficarem limitados ao significado comum ou de dicionário, porque um inventor define o conceito dos termos para descrever apropriadamente a sua invenção como melhor puder. Portanto, devem ser interpretados como um significado e conceito ajustado ao conceito e âmbito tecnológicos da presente invenção.

25 Portanto, as modalidades e estrutura descritas no presente Relatório Descritivo não são nada além de uma modalidade preferida da presente invenção e não representam todo o conceito e âmbito tecnológicos da presente invenção. Portanto, deve ficar entendido que existem muitos equivalentes e modalidades modificadas que podem substituir



aqueles descritos neste Relatório Descritivo.

**“Nitretos de Metal em Banho de Sal
e Respectivos Métodos de Nitretação”**

Reivindicações

1 - Método de Nitretação de Metal em Banho de Sal, caracterizado

5 por que compreende os etapas de:

 imersir pelo menos um sal selecionado de um grupo que
consiste em $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaNO_3 e NaNO_2 no banho de sal:

 fundir o sal por aquecimento e manutenção do sal fundido a
uma temperatura predeterminada; e

10 submergindo o metal no banho de sal.

2 - Método de Nitretação de Metal em Banho de Sal, caracterizado
por que compreende as etapas de:

 imersir um sal misturado incluindo pelo menos um selecio-
nado de um grupo que consiste em KNO_3 e KNO_2 e pelo menos um
15 selecionado a partir de um grupo que consiste em $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaNO_3 e
 NaNO_2 no banho de sal;

 fundir o sal por aquecimento e manutenção do sal fundido a
uma temperatura predeterminada; e

 submergir o metal no banho de sal.

20 **3 - Método de Nitretação de Metal em Banho de Sal**, de acordo com a
Reivindicação 1 ou 2, **caracterizado** por que a temperatura predetermi-
nada está dentro de uma faixa de 400°C a 700°C.

4 - Método de Nitretação de Metal em Banho de Sal, de acordo com a
Reivindicação 1 ou 2, **caracterizado** por que, na etapa de submersão do
25 metal no banho de sal, um tempo de submersão está dentro de uma

faixa de 1 até 24 horas.

5 - Método de Nitretação de Metal em Banho de Sal, caracterizado

por que compreende as etapas de:

imersir um sal de KNO_3 no banho de sal;

5 fundir o sal por aquecimento e manutenção do sal fundido a uma temperatura de 400°C até 620°C ; e

submersão do metal por menos de 8 horas no banho de sal.

6 - Método de Nitretação de Metal em Banho de Sal, caracterizado

por que compreende as etapas de:

10 imersir um sal de KNO_3 no banho de sal;

fundir o sal por aquecimento e manutenção do sal fundido a uma temperatura na faixa de mais de 620°C a igual ou menos do que 640°C ; e

15 submersão do metal por menos do que 1 hora no banho de sal.

7 - Método de Nitretação de Metal em Banho de Sal, de acordo com a Reivindicação 1, 2, 5 ou 6, **caracterizado** por que o metal é um dentre ferro e aços.

20 **8 - Nitreto de Metal em Banho de Sal**, incluindo pelo menos um selecionado dentre um grupo que consiste em $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaNO_3 e NaNO_2 , **caracterizado** por que o metal é ferro e o ferro é Nitreto a uma profundidade de 0,1D a 3,0D a partir da superfície.

25 **9 - Nitreto de Metal em Banho de Sal de Mistura**, incluindo pelo menos um selecionado de um grupo que consiste em KNO_3 e KNO_2 e pelo menos um selecionado de um grupo que consiste em $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaNO_3 e NaNO_2 , **caracterizado** por que o metal compreende:

ferro, em que o ferro é Nitreto a uma profundidade de 0,1 D até 3,0D da superfície.

10 - Nitreto de Metal em Banho de Sal, incluindo pelo menos um selecionado dentre um grupo que consiste em $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaNO_3 e NaNO_2 ,
5 **caracterizado** por que o metal compreende:

aço, em que o aço é Nitreto a uma profundidade de 0,1 D a 3,0D da superfície.

11 - Nitreto de Metal em Banho de Sal, incluindo pelo menos um selecionado dentre um grupo que consiste em KNO_3 e KNO_2 e pelo menos
10 um selecionados de um grupo que consiste em $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaNO_3 e NaNO_2 , **caracterizado** por que o metal compreende:

aço, em que o aço é Nitreto a uma profundidade de 0,1 D a 3,0D da superfície.

12 - Nitreto de Metal em Banho de Sal, de acordo com a Reivindicação
15 10 ou 11, **caracterizado** por que o aço é pelo menos um selecionado de um grupo que consiste em aço de carbono ultrabaixo, aço de baixo carbono, aço de carbono médio, aço de alto carbono e aço de liga.

13 - Nitreto de Metal em Banho de Sal, de acordo com a Reivindicação
20 12, **caracterizado** por que o aço de carbono ultrabaixo tem uma dureza de superfície de mais de 120Hv até igual ou menor do que 450Hv.

14 - Nitreto de Metal em Banho de Sal, de acordo com a Reivindicação
12, **caracterizado** por que o aço de baixo carbono tem uma dureza de superfície de mais de 200Hv até igual ou menor do que 410Hv.

15 - Nitreto de Metal em Banho de Sal, de acordo com a Reivindicação
25 12, **caracterizado** por que o aço de carbono médio tem uma dureza de superfície de mais de 130Hv até igual ou menor do que 420Hv.

16 - Nitreto de Metal em Banho de Sal, de acordo com a Reivindicação

12, **caracterizado** por que o aço de alto carbono tem uma dureza de superfície de mais de 150Hv até igual ou menor do que 400Hv.

5 **17 - Nitreto de Metal em Banho de Sal**, de acordo com a Reivindicação 12, **caracterizado** por que o aço de liga tem uma dureza de superfície de mais de 200Hv até igual ou menor do que 410Hv.

18 - Nitreto de Metal em Banho de Sal, de acordo com a Reivindicação 13, **caracterizado** por que o aço de carbono ultrabaixo tem uma resistência à tração de mais de 35 kgf/D até igual ou menor do que 110 kgf/D.

10 **19 - Nitreto de Metal em Banho de Sal**, de acordo com a Reivindicação 14, **caracterizado** por que o aço de baixo carbono tem uma resistência à tração de mais de 45 kgf/D até igual ou menor do que 110 kgf/D.

15 **20 - Nitreto de Metal em Banho de Sal**, de acordo com a Reivindicação 15, **caracterizado** por que o aço de carbono médio tem uma resistência à tração de mais de 45 kgf/D igual ou menor do que 100 kgf/D.

21 - Nitreto de Metal em Banho de Sal, de acordo com a Reivindicação 16, **caracterizado** por que o aço de alto carbono tem uma resistência à tração de mais de 60 kgf/D até igual ou menor do que 95 kgf/D.

20 **22 - Nitreto de Metal em Banho de Sal**, de acordo com a Reivindicação 17, **caracterizado** por que o aço de liga tem uma resistência à tração de mais de 55 kgf/D até igual ou menor do que 110 kgf/D.

23 - Nitreto de Metal em Banho de Sal, de acordo com a Reivindicação 22, **caracterizado** por que um conteúdo de cromo do aço varia desde 0,1 % em peso até 1,5% em peso.

25 **24 - Nitreto de Metal em Banho de Sal**, de acordo com a Reivindicação 22, **caracterizado** por que um conteúdo de molibdênio do aço varia desde 0,05 % em peso até 0,5% em peso.

25 - Nitreto de Metal em Banho de Sal, de acordo com a Reivindicação 22, **caracterizado** por que um conteúdo de níquel do aço varia desde 0,1% em peso até 10% em peso.

5 **26 - Nitretado de Metal em Banho de Sal**, de acordo com a Reivindicação 22, **caracterizado** por que um conteúdo de manganês do aço se situa entre 0,1 % em peso até 2,0% em peso.

27- Nitretado de Metal em Banho de Sal, de acordo com a Reivindicação 22, **caracterizado** por que um conteúdo de boro do aço varia desde 0,001% em peso até 0,1% em peso.

10 **28 - Nitretado de Metal em Banho de Sal**, de acordo com a Reivindicação 22, **caracterizado** por que um conteúdo de titânio do aço varia desde 0,001% em peso até 0,1 % em peso.

15 **29 - Nitretado de Metal em Banho de Sal**, de acordo com a Reivindicação 22, **caracterizado** por que um conteúdo de vanádio do aço varia desde 0,05% em peso até 0,15% em peso.

30 - Nitretado de Metal em Banho de Sal, de acordo com a Reivindicação 22, **caracterizado** por que um conteúdo de nióbio do aço varia desde 0,005 % em peso até 0,1 % em peso.

20 **31 - Nitretado de Metal em Banho de Sal**, de acordo com a Reivindicação 22, **caracterizado** por que um conteúdo de alumínio do aço varia desde 0,005% em peso até 0,1% em peso.

25 **32 - Nitretado de Metal em Banho de Sal**, de acordo com a Reivindicação 18, **caracterizado** por que o aço de carbono ultrabaixo tem um conteúdo de carbono de pelo menos 0,0001% em peso até menos do que 0,13% em peso.

33 - Nitretado de Metal em Banho de Sal, de acordo com a Reivindicação 19, **caracterizado** por que o aço de baixo carbono tem um conteúdo de carbono de pelo menos 0,13% em peso até menos do que 0,2% em

peso.

34 - Nitretado de Metal em Banho de Sal, de acordo com a Reivindicação 20, **caracterizado** por que o aço de carbono médio tem um conteúdo de carbono desde pelo menos 0,21% em peso até menos do que 0,51% em peso.

5

35 - Nitretado de Metal em Banho de Sal, de acordo com a Reivindicação 21, **caracterizado** por que o aço de alto carbono tem um conteúdo de carbono desde pelo menos 0,51% em peso até menos do que 2,0% em peso.

11
Rj

1/4

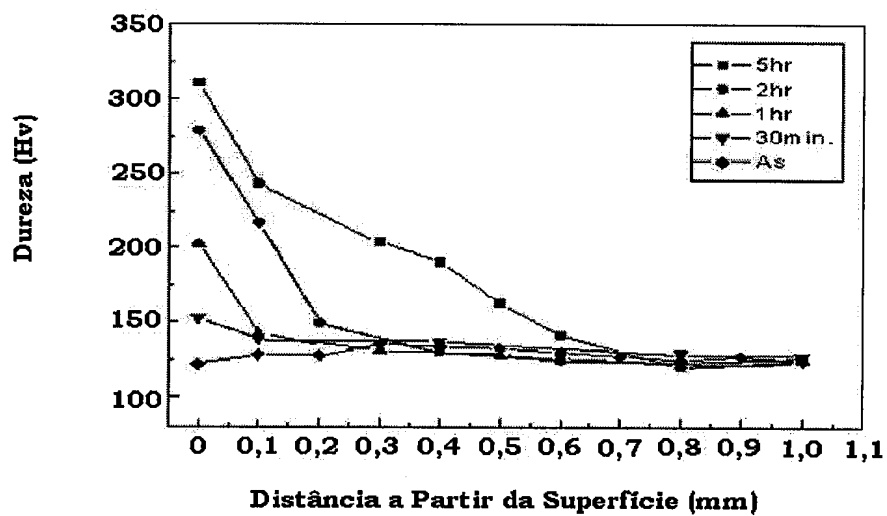


Figura 1

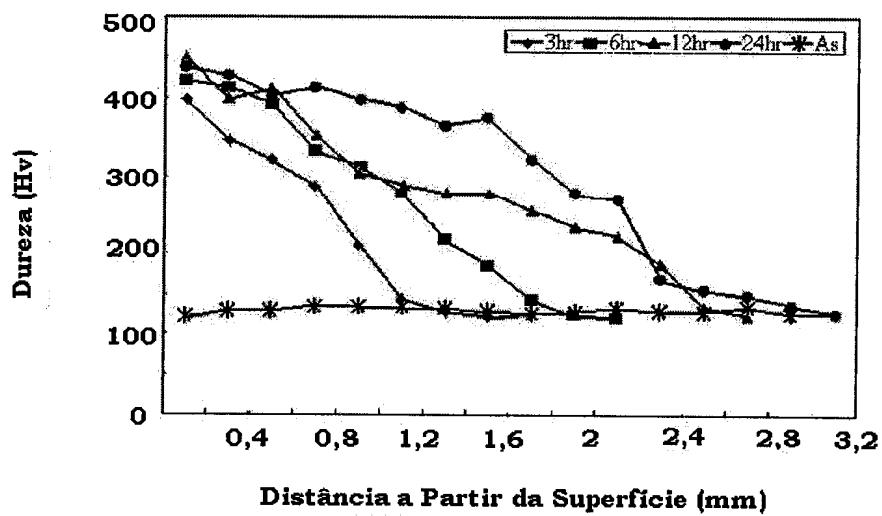


Figura 2

12
Rj.

2/4

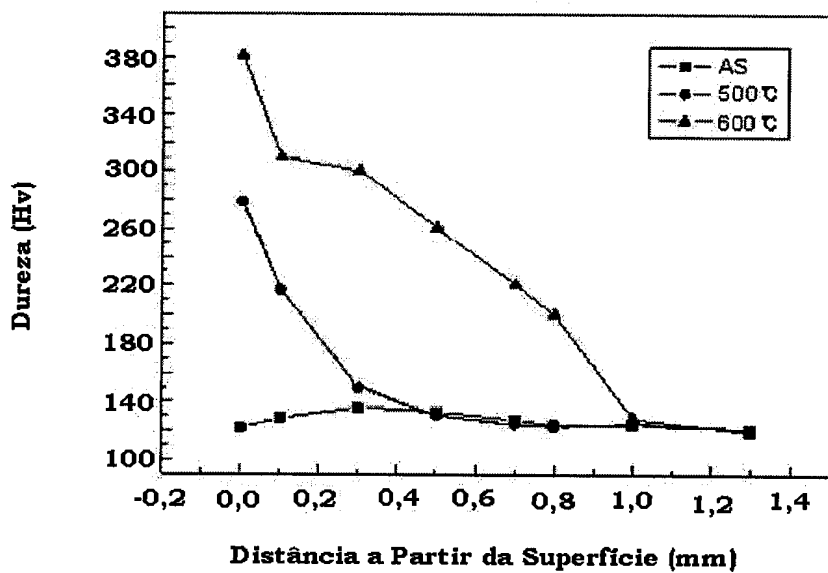


Figura 3

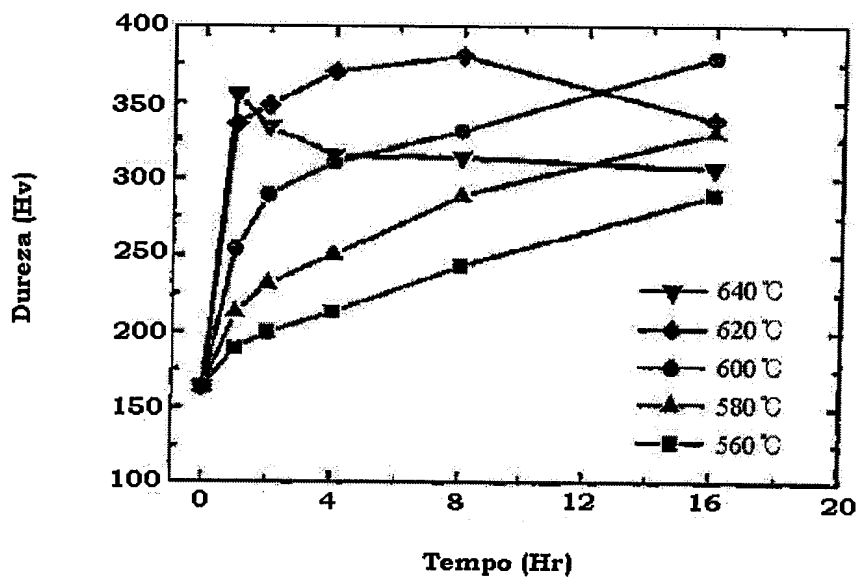


Figura 4

13
R₁

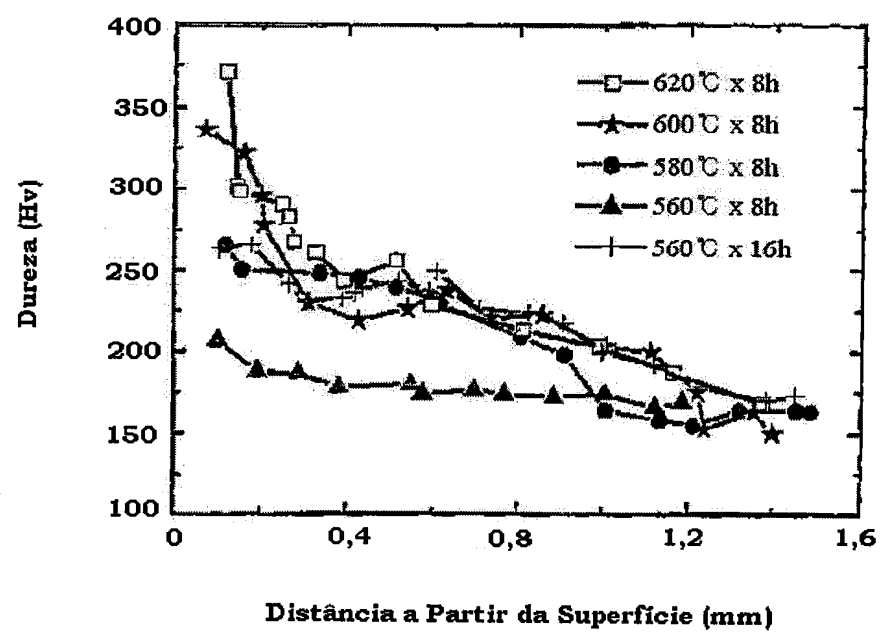


Figura 5

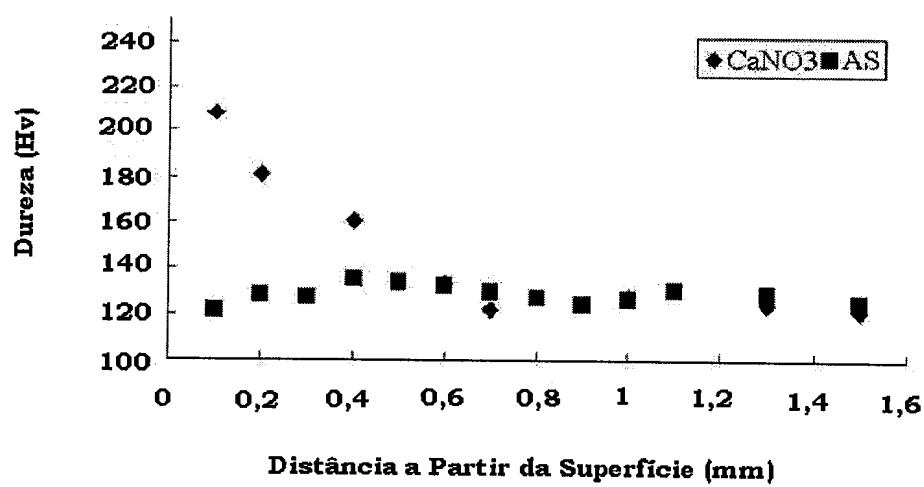


Figura 6

14
Rj

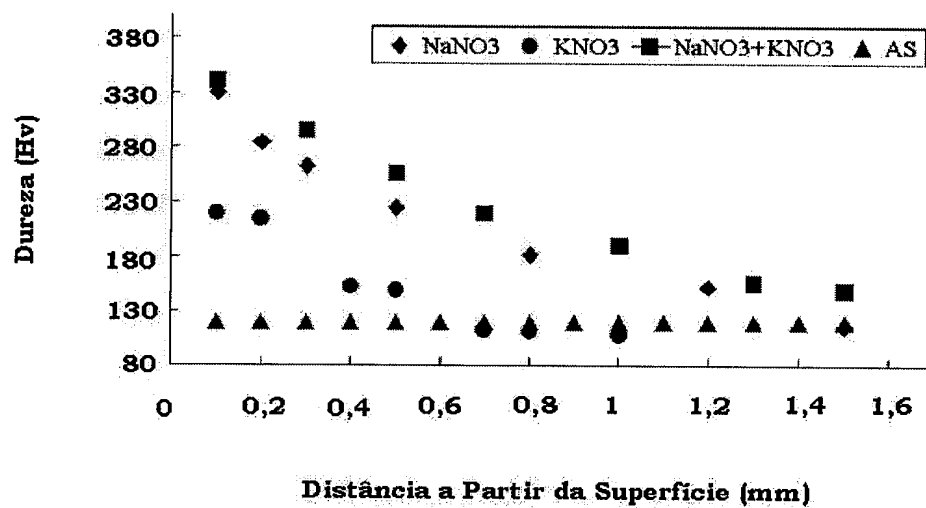


Figura 7

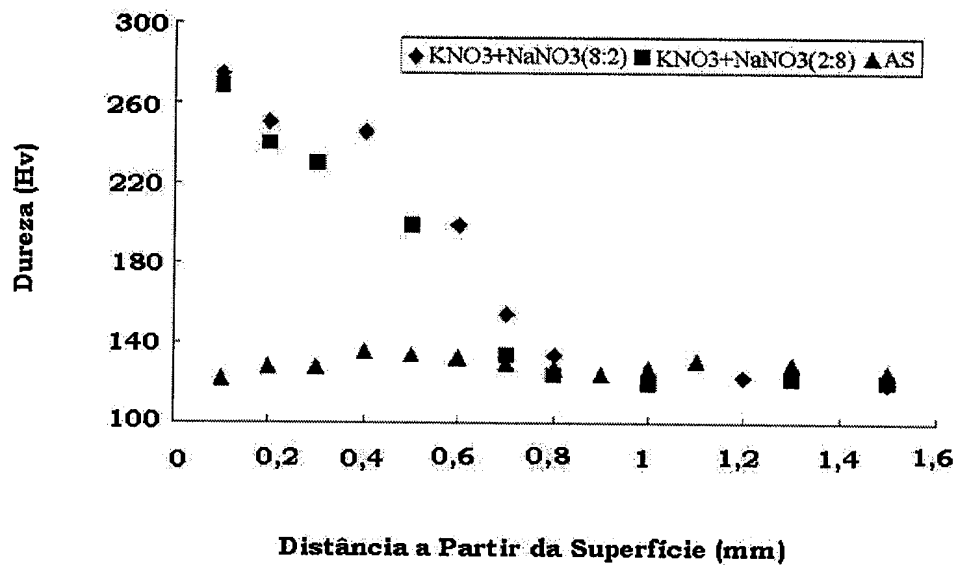
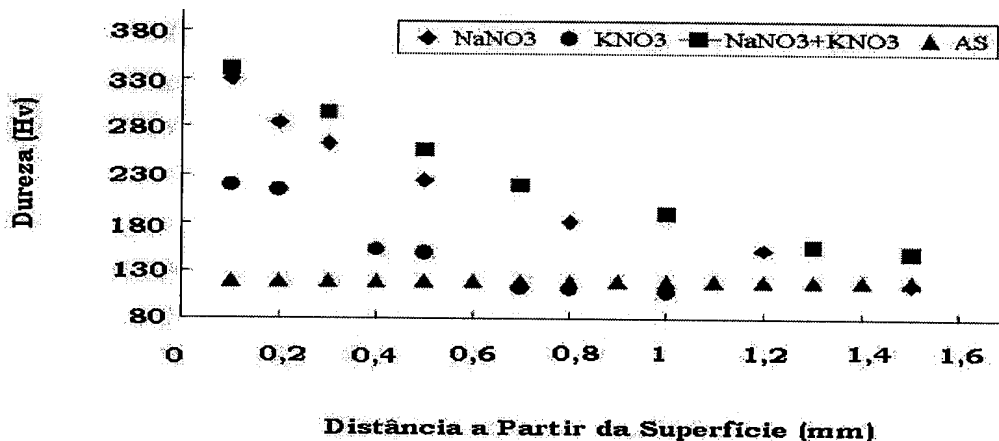


Figura 8

“Nitretos de Metal em Banho de Sal e Respectivos Métodos de Nitretação”

Resumo



- 5 É proporcionado um método para nitretação um metal num banho de sal usando um sal de não cianeto e um metal de nitreto fabricado usando o mesmo. O método inclui as etapas de: imergir pelo menos um sal selecionado de um grupo que consiste em $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaNO_3 e NaNO_2 , no banho de sal; fundir o sal por aquecimento e manutenção do sal fundido a uma temperatura predeterminada; e submergir o
- 10 metal no banho de sal. A nitretação em sais de não cianeto, tais como nitrato de sódio (NaNO_3), nitreto de sódio (NaNO_2), nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) e suas misturas, é capaz de resolver um problema de poluição ambiental e reduzir custos. O método é também capaz de aumentar a
- 15 profundidade de nitreto do metal de duas a seis vezes em comparação com métodos de nitretação convencionais. Como resultado, o método pode ser realizado em vários campos de aplicação.