



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

(21) PI 0717566-3 A2



(22) Data de Depósito: 30/08/2007
(43) Data da Publicação: 03/12/2013
(RPI 2239)

(51) *Int.Cl.*:
C23C 28/00
C23C 28/04
C23C 30/00
C23C 14/06
C23C 14/32

(54) Título: PEÇA DE TRABALHO COM
REVESTIMENTO DURO

(57) Resumo:

(30) Prioridade Unionista: 26/09/2006 US 60/826,943,
02/04/2007 US 60/909,559, 02/04/2007 US 60/909,559, 26/09/2006
US 60/826,943

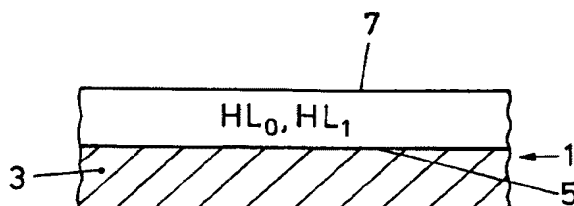
(73) Titular(es): Oerlikon Trading AG, Trübbach

(72) Inventor(es): Frédéric Fontaine, Markus Lechthaler,
Wolfgang Kalss

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler &
Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT EP2007059070 de
30/08/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/037556de
03/04/2008



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "PEÇA DE TRABALHO COM REVESTIMENTO DURO".

A presente invenção refere-se a para uma peça de trabalho possuindo um corpo e um sistema de revestimento duro resistente ao desgaste em pelo menos uma parte de sua superfície, adicionalmente, para um processo para fabricar tal peça de trabalho e para um método para fabricar um dispositivo.

Discussão da Técnica Relacionada

TiAlN é um revestimento que é amplamente utilizado para usinar aço e normalmente é aplicado por um processo PVD.

Definição

É entendido sob um processo físico de deposição por vapor (PVD), em que um processo de deposição a vácuo, onde um plasma é utilizado e o material é cheio dentro da atmosfera de processamento a partir do sólido. Desse modo, sob este termo de PVD, por exemplo, a evaporação por arco catódico, revestimento iônico, creptação, além da creptação por magnétron, todos os processos endereçados, reativos ou não-reativos, são membros da categoria de processamento PVD.

Em oposição a isto, os processos de revestimento CVD, a deposição química por vapor, a PECVD, a deposição química por vapor melhorada, proporcionam revestimento fora da fase gasosa.

As camadas TiAlN utilizadas como sistemas de camada única ou em sistemas com múltiplas camadas com subcamadas com diferentes estequiometrias Ti / Al / N, podem ser utilizadas para temperaturas de trabalho de 900°C no máximo para aplicações de usinagem devido à degradação incipiente da dureza em temperaturas maiores do que 800 até 850°C dependendo da proporção de Alumínio/Titânio.

Portanto, a US 2005-0003239 propõe aplicar revestimentos de AlCrN para peças de trabalho de modo a aumentar sua resistência à oxidação. Este revestimento é conhecido como possuindo uma boa resistência a oxidação e uma dureza quente de até 1100°C dependendo da proporção de Alumínio / Cromo. Isto é adicionalmente referido em propostas similares na

WO 2006/005217, na WO 2006/084404 e na US 2006-0222893 adicionalmente tentando aperfeiçoar a resistência à oxidação e/ou à dureza quente dos revestimentos pela utilização de múltiplas camadas e/ou pela introdução de outros elementos na matriz AlCrN.

5 A US 2006-0269789 divulga múltiplas camadas duras para cortar material com alta dureza em uma alta velocidade. As múltiplas camadas duras compreendem uma primeira camada baseada em TiAlCrNX, onde X corresponde a C ou O. Uma segunda camada consiste de uma mistura de TiAlCrNX e de TiAl (SiC) NX ou são múltiplas camadas destes materiais alternativos. Uma terceira camada mais externa essencialmente consiste de
10 TiAl (SiC) NX.

 Outro revestimento para aperfeiçoar os aços temperados é revelado na EP 1 690 959. Neste caso o revestimento compreende um sistema de duas camadas baseado em (TiAlSi)N com diferentes estequiometrias Al e
15 Si.

 Apesar de que nas abordagens esboçadas acima ainda existam uma necessidade de adicionalmente aperfeiçoar os sistemas de revestimento duro nos corpos das peças de trabalho com respeito ao desgaste e a resistência à oxidação, desse modo adicionalmente aperfeiçoando a performance de tais peças de trabalho, especialmente utilizadas como ferramentas de corte na usinagem de material duro, desse modo, especialmente de aços temperados.
20

 Portanto, é um objetivo da presente invenção adicionalmente aperfeiçoar revestimentos duros com respeito à resistência ao desgaste e a resistência à oxidação. Para atingir tal objetivo, é proposta uma peça de trabalho possuindo um corpo e um sistema de revestimento duro resistente ao desgaste em pelo menos uma parte da superfície do corpo, onde o sistema compreende pelo menos uma camada com a seguinte composição:
25

$(Al_{1-a-b-c}Cr_aB_bZ_c) X$, onde
30 X é pelo menos um dentre N, C, CN, NO, CO, CNO, e
 Z é pelo menos um dentre W, Mo, To, Cb (também referido como Nb) e onde é válido

$$0,2 \leq a \leq 0,5$$

$$0,01 \leq b \leq 0,2$$

$$0,001 \leq c \leq 0,04.$$

5 Espantosamente, o objetivo endereçado é alcançado por genericamente adicionar boro (B) e pelo menos um dentre os elementos Z endereçados para uma matriz do tipo AlCrX por atender as condições endereçadas com respeito à estequiometria. Esta camada é endereçada como HL₀.

Em uma concretização preferida da peça de trabalho de acordo com a invenção, o elemento Z é selecionado como sendo tungstênio W e é
10 estabelecido:

$$0,01 \leq b \leq 0,01 \text{ e}$$

$$0,01 \leq c \leq 0,01$$

Esta camada é endereçada como HL₁.

É entendido através da presente descrição e das reivindicações
15 sob o termo "sistema de revestimento" ou "subsistema de revestimento", um sistema que consiste de uma única camada ou de várias, isto é, mais do que uma camada.

A pelo menos uma camada endereçada de HL₀, possivelmente HL₁, desse modo pode ser aplicada diretamente sobre a superfície do corpo da peça de trabalho. Elas adicionalmente podem ser aplicadas para formar a
20 camada mais externa do sistema de revestimento. De forma clara, se tal sistema de revestimento consistir de uma camada, então a camada endereçada do tipo HL reside diretamente na superfície do corpo e é a camada mais externa. A camada do tipo HL₀ pode ser adicionalmente a camada mais externa de um sistema com múltiplas camadas. Ela pode adicionalmente ser
25 embutida dentro de um sistema com múltiplas camadas entre um primeiro subsistema de camada em direção a superfície do corpo da peça de trabalho, e um segundo subsistema de camada em direção a superfície do corpo revestido. Além disso, em um sistema com múltiplas camadas, mais do que
30 uma das camadas endereçadas do tipo HL₀ com estequiometria e/ou composição de material igual ou variada pode ser proporcionada. Desse modo, tais camadas do tipo HL₀ podem residir diretamente uma sobre a outra com

estequiometria e/ou composição de material diferente, ou podem ser separadas pelos respectivos subsistemas de camada de revestimento.

Em uma concretização da peça de trabalho de acordo com a presente invenção, a pelo menos uma camada HL_0 ou HL_1 reside mais externa ao sistema de revestimento duro.

Em uma concretização da peça de trabalho de acordo com a presente invenção, a pelo menos uma camada do tipo HL_0 reside diretamente na superfície do corpo da dita peça de trabalho.

Ainda em uma modalidade adicional, o sistema compreende pelo menos uma camada interna de (Ti_dAl_e) N. Desse modo, em uma concretização adicional, pelo menos uma das camadas internas endereçadas é interposta entre a superfície do corpo e a pelo menos uma camada do tipo HL_0 endereçada. Esta camada é endereçada como IL_1 .

Em uma concretização adicional da peça de trabalho, a camada interna endereçada reside diretamente sobre pelo menos uma superfície da peça de trabalho e de pelo menos uma camada do tipo HL_0 .

Assim, na concretização onde a camada interna é interposta entre a superfície do corpo e a pelo menos uma HL_0 ou HL_1 , camadas internas adicionais do tipo endereçado adicionalmente podem ser proporcionadas entre a HL_0 ou HL_1 e a superfície do sistema. Adicionalmente, a camada intermediária endereçada não deve necessariamente residir como a única camada entre a superfície do corpo e a superfície da HL_1 ou HL_0 e camadas adicionais podem ser proporcionadas entre as mesmas, de modo que a camada interna é uma camada de um sistema com múltiplas camadas entre a superfície do corpo e a HL_0 ou HL_1 . Contudo, em uma concretização, o revestimento intermediário endereçado reside diretamente sobre pelo menos uma dentre a superfície do corpo e a HL_0 ou HL_1 . Quando aplicando a pelo menos uma camada interna de (Ti_dAl_e) N em uma concretização adicional, é aplicado:

$$0,4 \leq d \leq 0,6 \text{ e}$$

$$0,4 \leq e \leq 0,6$$

Em uma concretização adicional da peça de trabalho de acordo

com a presente invenção, o sistema de revestimento duro compreende pelo menos uma camada interna de (Al_fCr_g) N. Esta camada interna é chamada de IL_2 .

Com respeito a onde tal pelo menos uma camada interna pode ser proporcionada, prevalece o mesmo que endereçamos acima com respeito à camada (Ti_dAl_e) N - IL_1 - com a exceção de que para a camada interna (Al_fCr_g) N, em uma concretização adicional, é selecionado.

$$0,4 \leq f \leq 0,7 \text{ e}$$

$$0,3 \leq g \leq 0,6.$$

Adicionalmente, ambas camadas internas endereçadas IL_1 e IL_2 podem ser proporcionadas em combinação dentro do sistema de revestimento duro.

Ainda em uma concretização adicional da peça de trabalho de acordo com a presente invenção, a pelo menos uma camada, HL_0 ou HL_1 ,
exibe uma estrutura de desenvolvimento do tipo vidrado nanocristalino, na
seção transversal SEM e/ou como em uma concretização adicional, uma
fração relativamente pequena de AlN caracterizada por uma estrutura de
cristal do tipo hexagonal. Tal fase AlN hexagonal nesta concretização reside
com uma percentagem de Al de pelo menos 70% dentro da fração metálica
do material da HL_0 ou HL_1 , fração esta que compreende todos os elementos,
menos o X de AlCrBZX ou AlCrBWX .

Tal estrutura hexagonal pode ser reconhecida pela análise XRD.

Em uma concretização adicional da peça de trabalho de acordo com a presente invenção, pelo menos uma HL_0 ou HL_1 possui um coeficiente de textura $Q = I(200)/I(111)$ na faixa de $0,1 \leq Q \leq 1$. Tal coeficiente de textura Q pode ser medido pela análise de difração de raio X. Como endereçado, o termo Q é definido como a razão das intensidades de difração $I(200)$ para $I(111)$ respectivamente designadas para os planos (200) e (111) na difração do raio X de um material utilizando uma configuração de medição como por exemplo descrita no contexto com a figura 4 da presente descrição. Desse modo, em uma concretização adicional, a faixa endereçada de Q é igualmente restrita a $0,1 \leq Q \leq 0,4$.

Voltando para as camadas internas endereçadas IL_1 , IL_2 , deve ser mencionado que nas respectivas concretizações, estas camadas internas podem exibir uma estrutura de desenvolvimento colunar, desse modo fornecendo para o sistema de revestimento como um todo, uma excelente performance, especialmente utilizado em uma ferramenta de corte.

Em uma concretização adicional da peça de trabalho de acordo com a presente invenção, o sistema de revestimento duro compreende várias camadas de camadas alternadas das pelo menos uma dentre as camadas internas endereçadas IL_1 , e IL_2 e das pelo menos uma dentre HL_0 e HL_1 , desse modo de preferência de (AlCrBW) X, isto é, HL_1 .

Tais várias camadas, por exemplo, podem compreender, se afastando a partir da superfície do corpo, uma primeira das camadas internas endereçadas IL_1 , então, possivelmente uma segunda das camadas internas endereçadas IL_2 , de tipo diferente, então uma primeira HL, isto é, HL_0 ou HL_1 , então novamente uma ou mais do que uma das ditas camadas internas IL_1 , IL_2 , uma segunda HL_0 ou HL_1 do mesmo material ou de material diferente, uma terceira HL_0 , ou HL_1 diretamente sobre a anterior, etc, etc. Assim, dependendo da aplicação específica existe uma grande variedade de adequação de tal sistema de revestimento duro com múltiplas camadas fazendo uso da HL_0 ou da HL_1 , e das camadas intermediárias endereçadas IL_1 , IL_2 , em diferentes combinações.

Em uma concretização adicional da peça de trabalho de acordo com a invenção, o corpo é de aço rápido, de aço temperado, de carboneto fortificado ou de nitreto de boro cúbico, ou em uma concretização adicional, de um tipo de amálgama ou de um material cerâmico.

Ainda em uma concretização adicional, a peça de trabalho endereçada, de acordo com a presente invenção, é uma ferramenta de corte, desse modo, em uma concretização adicional, fresa de topo, uma broca, um inserto de corte, ferramenta de fresagem de engrenagem.

Um processo de acordo com a presente invenção para fabricar uma peça de trabalho como foi endereçada, isto é, de acordo com a presente invenção, compreende proporcionar tal corpo da peça de trabalho em uma

câmara a vácuo de revestimento por plasma, aplicar o sistema de revestimento duro para o corpo por um processo físico de deposição por vapor (PVD) durante um tempo de processamento e desse modo estabelecer uma temperatura de pelo menos 550°C para a superfície do corpo revestido durante pelo menos uma parte predominante do tempo de processamento.

Em uma concretização de tal processo, a temperatura endereçada é selecionada para ser de pelo menos 600°C.

Ainda em um aspecto adicional da presente invenção é direcionado para um método de fabricação de um dispositivo que possua pelo menos uma parte de um material duro. Tal método compreende um processo de corte do material duro do dispositivo utilizando uma ferramenta de corte de acordo com a presente invenção. Desse modo, ainda em uma concretização adicional do método de fabricação do dispositivo endereçado, o material duro possui uma dureza Rockwell de pelo menos 52 HRC, desse modo igualmente de pelo menos 55 HRC. Além disso, em uma concretização adicional do método de fabricação recém endereçado, o material duro é aço temperado.

Os processos de corte foram executados com ferramentas de corte de acordo com a presente invenção, as quais apresentaram sobre o material duro resultados pelo menos tão bons ou mesmo melhores do que exemplos comparativos executados com as ferramentas do estado da técnica.

Entretanto, a operação de corte no aço temperado ou em outros materiais com alta dureza possuindo uma dureza Rockwell de HRC 50, especialmente de HRC 52 ou maior, ou mesmo de HRC maior do que 55, as ferramentas de acordo com a presente invenção revelaram uma performance que foi excepcionalmente boa como será apresentado abaixo.

A presente invenção será agora adicionalmente descrita por meio de exemplos e com a ajuda de figuras. As figuras apresentam:

A figura 1 apresenta esquematicamente uma parte de uma primeira concretização de uma peça de trabalho de acordo com a presente invenção;

A figura 2 apresenta em uma representação análoga a esta da figura 1, uma segunda concretização de uma peça de trabalho de acordo com a invenção;

5 A figura 3 apresenta em uma representação análoga a estas das figuras 1 e 2, uma concretização adicional de uma peça de trabalho de acordo com a invenção;

A figura 4 apresenta em uma representação análoga a estas das figuras 1 até 3, uma concretização adicional de uma peça de trabalho de acordo com a invenção;

10 A figura 5 apresenta em uma representação análoga a estas das figuras 1 até 4, uma concretização adicional de uma peça de trabalho de acordo com a invenção;

A figura 6 apresenta uma SEM de uma seção transversal de um revestimento duro de AlCrN;

15 A figura 7 apresenta uma SEM de uma seção transversal de um revestimento duro de AlCrBWN de uma peça de trabalho de acordo com a invenção;

A figura 8 apresenta uma SEM de uma seção transversal de um revestimento duro de TiAlN / AlCrBWN de uma peça de trabalho da presente
20 invenção;

A figura 9 apresenta um espectro XRD de um revestimento duro de AlCrN e de AlCrBWN, posteriormente em uma peça de trabalho de acordo com a invenção;

25 A figura 10 apresenta um espectro XRD dos revestimentos duros de AlCrBWN em peças de trabalho de acordo com a presente invenção.

Na figura 1 é esquematicamente apresentada uma primeira concretização de uma peça de trabalho 1 de acordo com a presente invenção. A peça de trabalho 1 possui um corpo 3 com uma superfície 5. O corpo é composto de um entre os materiais de aço rápido, aço temperado, carboneto
30 fortificado, nitreto de boro cúbico, tipo de amálgama ou de material cerâmico.

De acordo com a concretização da figura 1, uma das camadas HL₀ que pode ser HL₁, reside diretamente na superfície 5 do corpo 3.

Desse modo, a superfície 7 da peça de trabalho resultante é formada por uma superfície da camada endereçada HL_0 , a qual, assim, como uma boa concretização, forma a superfície mais externa da peça de trabalho.

5 Na concretização da figura 2, a qual é apresentada em uma representação que é análoga a esta da figura 1, é proporcionado um subsistema de revestimento CSS entre a camada endereçada HL_0 , a qual pode ser HL_1 , e a superfície 5 do corpo 3. Tal subsistema de revestimento CSS pode desse modo, de acordo com a definição de subsistemas de revestimento,
10 como feita acima, compreender uma ou mais do que uma camada.

Como pode ser visto na definição das camadas HL_0 e também HL_1 X, e no caso de HL_0 , Z também pode consistir de elementos diferentes. De acordo com a concretização da figura 3, a camada mais externa do sistema de revestimento duro é formada por HL_0 com uma primeira composição
15 de material, denotada por HL_{01} ou pela camada HL_1 , com uma composição específica de material, denotada HL_{11} . Se propagando em direção ao substrato 3, é proporcionada uma segunda camada HL_0 com uma composição de material diferente, denotada por HL_{02} ou respectivamente por HL_1 com uma composição de material diferente, denotada por HL_{12} .

20 Podem ou não existir camadas adicionais do tipo HL_0 e/ou do tipo HL_1 até a superfície 5 do corpo 3.

Enquanto na concretização da figura 3, o sistema de revestimento consiste de camadas HL_{0x} , pelo menos uma parte do mesmo possivelmente de camadas HL_{1x} , na concretização de acordo com a figura 4, o sistema de revestimento duro compreende um subsistema de revestimento
25 CSS. Tal subsistema de revestimento pode ou não compreender camadas adicionais do tipo HL_0 , mas realmente adicionalmente compreende pelo menos uma camada que não é do tipo HL_0 endereçado.

Em todas as concretizações das figuras 1 até 4, a camada mais
30 externa com a superfície 7 é formada por uma camada do tipo HL_0 endereçado. Esta é uma boa abordagem para formar a superfície mais externa endereçada da peça de trabalho.

Contudo, e por exemplo, observando a figura 4, para alguns utensílios, pode ser prudente proporcionar (não-apresentado) um subsistema de revestimento adicional na parte de cima da camada do tipo HL₀ mais externa, de modo que a superfície mais externa 7 seja formada por tal subsistema mais externo.

Na concretização de acordo com a figura 5, as camadas do tipo HL₀ se alternam com os subsistemas de revestimento CSS. Desse modo, as camadas aplicadas de forma alternada do tipo HL₀ podem ser iguais ou diferentes com respeito à composição de material.

Os subsistemas de revestimento alternados novamente também podem consistir de uma ou mais do que uma camada, pelo menos uma das mesmas não sendo do tipo HL₀.

Como exemplificado pela concretização de acordo com as figuras 1 até 5, existe uma grande variedade para aplicar as camadas HL₀ junto ao corpo 3 da peça de trabalho, dependendo das necessidades específicas de tal peça de trabalho. Especificamente, se a peça de trabalho for uma ferramenta, especialmente uma ferramenta de corte, é sugerido selecionar como a camada mais externa do sistema de revestimento uma camada do tipo HL₀.

É endereçado na parte introdutória da descrição uma primeira camada de (Ti_dAl_e) N especialmente com d e e nas faixas específicas de valores como IL₁ e é endereçados um segundo tipo de camada interna de (Al_fCr_g) N, com faixas específicas para f e g como IL₂.

Observando as concretizações das figuras 1 até 5, cada um dos subsistemas de revestimento CSS endereçados pode compreender ou consistir de IL₁ ou de IL₂, ou pode compreender ou consistir de uma combinação de IL₁ e IL₂, e pode compreender camadas adicionais do tipo HL₀ ou camadas diferentes do tipo HL₀ e IL₁, IL₂.

Novamente, os versados na técnica reconhecem a partir das concretizações endereçadas, de acordo com as figuras 1 até 5, incorporar as camadas internas IL₁ e/ou IL₂ com uma grande variedade de combinações que podem ser selecionadas dependendo das respectivas necessidades.

No dito a seguir, algumas concretizações específicas da peça de trabalho de acordo com a presente invenção são exemplificadas. A performance de corte de peças de trabalho de acordo com a invenção concebidas como ferramentas de corte, foram comparadas com tais ferramentas de acordo com o estado da técnica, e desse modo, operações de corte e parâmetros de corte iguais foram aplicados para as respectivas ferramentas de acordo com a presente invenção e para as ferramentas comparativas de acordo com o estado da técnica, para propósito de comparação válida.

Os sistemas de revestimento duro aplicados para os espécimes nos exemplos seguintes foram depositados sob as seguintes condições, se não especificado de forma específica e de forma diferente, por meio do que o processo para fabricar as peças de trabalho, de acordo com a presente invenção, foi aplicado.

	Tecnologia de deposição:	evaporação por arco catódico
15	Pressão de trabalho total:	5,5 Pa de N ₂
	Tensão de polarização do corpo a ser revestido:	-85 V em relação ao potencial terra para as camadas do tipo HL ₀ e -100 V em relação ao potencial terra para as camadas IL ₁ e IL ₂
20	Temperatura da superfície do corpo sendo revestido:	600°C
	Corrente de evaporação:	200 A por alvo de evaporações

Os sistemas de revestimento duro foram depositados em uma máquina de revestimento RCS da Balzers em uma configuração de evaporação por arco. Os corpos da ferramenta de corte foram montados em suportes giratórios triplos durante a deposição PVD.

Todos os sistemas de revestimento duro depositados no corpo da ferramenta de corte possuíam uma espessura total entre 2 e 2,5 µm, medida na haste da ferramenta de corte.

Exemplo 1

Uma primeira série de sistemas de revestimento duro com ca-

mada única foi comparada com o sistema de camada única do estado da técnica de TiAlN e AlCrN.

A tabela 1 exibe o sistema de revestimento duro investigado sob este exemplo. Para aplicar cada um dos sistemas de revestimento duro de camada única endereçados, a máquina de revestimento foi equipada com 4 catodos de evaporação por arco idênticos, também chamados de alvo. As respectivas composições destes alvos também são listadas na tabela 1. A composição resultante do material de revestimento estava dentro de 10% da composição-alvo para os elementos principais Al, Cr, Ti, e estava dentro de cerca de 20% da composição-alvo para o elemento B e W, Mo e Ta.

Tabela 1

Número	Revestimento duro	Composição-alvo
1 _{com}	TiAlN	Ti0 . 5Al0 . 5
2 _{com}	TiAlN	Ti0 . 33Al0 . 67
3 _{com}	AlCrN	Al0 . 7 Cr0 . 3
4	AlCrBWN	Al0 . 7Cr0 . 226B0 . 067W0 . 007
5	AlCrBMoN	Al0 . 7Cr0 . 21B0 . 07Mo0 . 02
6	AlCrBTaN	Al0 . 7Cr0 . 226B0 . 067Ta0 . 007

A performance dos sistemas de revestimento duro foi avaliado em termos de resistência ao desgaste em uma operação de corte do metal. A quantidade de desgaste na face do flanco, V_{bmax} , foi medida em função do comprimento do corte. O teste de corte foi um teste de fresagem sob condições de acabamento em um laço temperado da ferramenta de trabalho fria. As condições de corte foram as seguintes:

Ferramenta de corte:	2-fresa de topo de ponta esférica com duas estrias, raio esférico de 5 mm, material do tipo carboneto com microgrão.
Peça de trabalho:	1,2379 60 HRC
Velocidade de rotação do fuso:	7996 rev / min
Profundidade axial do corte:	0,4 mm
Profundidade radial do corte:	0,2 mm
Taxa de alimentação:	0,1 mm/dente
Velocidade de corte:	98 m/min
Alimentação:	1600 mm/min

Refrigerante: ar
 Direção de fresagem: fresagem para baixo
 Comprimento de 1 passo: 43,8 m
 Fim da vida útil da ferramenta: $V_{bmax} > 0,15$ mm no fim de um passo

5 Os resultados do teste de corte foram listados na tabela 2.

Tabela 2

Número	Comprimento do corte (m)	Quantidade de desgaste V_{bmax} (mm)
1 _{com}	87,6	0,25
2 _{com}	87,6	0,17
3 _{com}	87,6	0,2
4	131,4	0,25
5	131,4	0,33
6	131,4	0,41

Pode ser visto que a incorporação de B e W, Mo e Ta em AlCrN resulta em uma proteção contra desgaste aperfeiçoada comparada com a proteção contra desgaste de AlCrN e TiAlN de acordo com os espécimes comparativos 1 até 3.

10

Exemplo 2

Uma série de sistemas de revestimento duro com camada dupla foi preparada. A tabela 3 lista os sistemas de revestimento duro como investigados. Os mesmos corpos de ferramenta do material do exemplo 1 foram revestidos. Desse modo, diretamente sobre a superfície do corpo da ferramenta foi aplicada uma camada interna IL₁ e diretamente sob tal camada interna, uma camada do tipo HL₁. A máquina foi equipada com dois alvos idênticos para a deposição da camada interna, e com quatro alvos idênticos para a deposição da camada externa do tipo HL₁. As respectivas composições do material alvo também são listadas na tabela 3.

15

20

Tabela 3

Número	revestimento duro		composição-alvo	
	camada interna	camada externa	camada interna	camada externa
7 _{com}	TiAlN	AlCrN	Ti0.5Al0.5	Al0.7Cr0.3
8	TiAlN	AlCrBWN	Ti0.33Al0.67	Al0.7Cr0.226B0.067W0.007
9	TiAlN	AlCrBWN	Ti0.5Al0.5	Al0.7Cr0.226B0.067W0.007

A performance das ferramentas de acordo com esta segunda série foi investigada com o mesmo teste de corte que foi aplicado para as ferramentas do exemplo 1. Os resultados são listados na tabela 4.

- 5 Assim, a camada interna IL₁ do espécime número 9 apresenta uma estequiometria que está bem dentro da faixa de

$$0,4 \leq d \leq 0,6$$

$$0,4 < e \leq 0,6$$

- de (Ti_dAl_e) N da camada interna IL₁, ao passo que a camada interna como aplicada no exemplo número 8 logo fora da faixa de estequiometria endereçada.

Tabela 4

número	comprimento de corte (m)	quantidade de desgaste em V _{bmax} (mm)
7 _{com}	87,6	0,4
8	267,8	0,18
9	438	0,15

- 15 Quando aplicando uma camada interna IL₁ para a camada do tipo HL proporcionada de acordo com a invenção, especialmente construída como a camada do tipo HL₁ com X = N, a provisão de tal camada interna de forma mais significativa aperfeiçoa a resistência ao desgaste e ainda mais se as faixas de estequiometria endereçadas para os compostos de alumínio e de titânio forem atendidas.

Exemplo 3

- 20 Uma série adicional de peças de trabalho, a saber, ferramentas com um sistema de revestimento duro, de acordo com a presente invenção, consistindo em duas camadas, foi preparada, a saber, consistindo em uma camada interna de TiAlN, IL₁ diretamente entre o corpo de uma ferramenta

como já utilizado nos exemplos 1 e 2, e uma camada do tipo HL₁ com X = N como já proporcionado nos espécimes 8 e 9 da Tabela 3. Desse modo, a temperatura de uma superfície sendo revestida foi variada entre 450°C e 600°C pela variação do tempo e/ou da potência de aquecimento.

- 5 Para os espécimes 10, 11 e 12, como seguem aos mesmos alvos para a camada interna, bem como para a camada mais externa, foram utilizados como especificado para o espécime Número 9.

A Tabela 5 apresenta em um lado as camadas endereçadas do sistema de revestimento, e no outro lado, as temperaturas de deposição

10 Tabela 5

número	revestimento duro		temperatura de deposição (°C)
	camada interna	camada externa	
10	TiAlN	AlCrBWN	450
11	TiAlN	AlCrBWN	550
12	TiAlN	AlCrBWN	600

A performance dos espécimes foi investigada com as mesmas condições de corte do exemplo 1. Os resultados são listados na tabela 6 seguinte.

número	comprimento de corte (m)	quantidade de desgaste V _{bmax} (mm)
10	223	0,55
11	350,4	0,5
12	438	0,15

- Os resultados apresentam, por um lado, que o espécime número 12, o qual foi revestido de forma idêntica ao espécime número 9 do exemplo 2, exibe igual resistência ao desgaste comparada com o espécime endereçado 9. Adicionalmente, o espécime 10 revela que mesmo em temperaturas inferiores a 450⁰ C, o sistema de revestimento de acordo com a presente invenção é de forma significativa superior a um sistema de revestimento com duas camadas comparável revestido em 600⁰ C como do espécime número 7.

- Adicionalmente, é evidente a partir da comparação dos espécimes 10 até 12, que a resistência a desgaste aumente de forma significativa com a temperatura de deposição crescente, e alcance melhor performance, como do espécime número 12, e uma temperatura máxima de deposição de

600°C como investigado, ou maior.

Exemplo 4

5 Uma quarta série de sistemas de revestimento duro com camada dupla com uma camada interna IL₁ e uma camada do tipo HL₁ da concretização específica com X = N, foi preparada.

Como espécimes de comparação, os sistemas de camada única da técnica anterior de TiAlN e AlCrN foram selecionados. A Tabela 7 seguinte lista o respectivo material de revestimento e a composição-alvo.

Tabela 7

número	revestimento duro		Composição-alvo	
13 _{com}	TiAlN		TiO, 5AlO, 5	
14 _{com}	AlCrN		AlO, 7CrO, 3	
	camada interna	camada externa	camada interna	camada externa
15	TiAlN	AlCrBWN	TiO, 5AlO, 5	AlO, 7CrO, 226B0, 067W0, 007

10 A performance das ferramentas resultantes foi avaliada em termos de resistência ao desgaste na aplicação de corte de metal. A quantidade de desgaste na face do flanco V_{bmax} foi medida em função do comprimento do corte. Os testes de corte foram executados sob as condições de operação de fresagem de semiacabamento em um laço ferramental tratado por calor. As condições de corte foram as seguintes:

15 Ferramenta de corte: fresa de topo com três estrias, diâmetro de 8 mm, tipo carboneto com microgrão.

Peça de trabalho: 1.2344 36 HRC

Velocidade de rotação do fuso: 4775 ver/min

20 Profundidade axial do corte: 10 mm

Profundidade radial do corte: 0,5 mm

Taxa de alimentação: 0,05 mm/dente

Velocidade de corte: 120 m/min

Alimentação: 716 mm/min

25 Refrigerante: emulsão baseada em 6% de óleo mineral, resfriamento externo

Direção de fresagem: fresagem para baixo

Comprimento de 1 passo: 10 m

Fim da vida útil da ferramenta: $V_{bmax} > 0,15$ mm no fim de um passo

A Tabela 8 revela os resultados do teste de corte

Tabela 8

Número	Comprimento do corte (m)	Quantidade de desgaste V_{bmax} (mm)
13 _{com}	30	0,17
14 _{com}	80	0,17
15	100	0,18

5 Exemplo 5

Uma série de ferramentas com sistema de revestimento de camada dupla, a saber, consistindo em uma camada interna de IL_1 e uma camada tipo HL_1 com X com $X = N$ foi preparada. Elas foram comparadas com as respectivas ferramentas revestidas com o sistema de revestimento de camada dupla da técnica, a saber, de TiN como a camada interna, e TiAlN como a camada mais externa ou revestida com AlCrN como a camada interna e uma TiSiN como a camada mais externa.

A Tabela 9 apresenta o respectivo material da camada e as composições de material alvo

15 Tabela 9

Nº	revestimento duro		composição-alvo	
	múltiplas camadas			
16 _{com}	TiN-TiAlN		Ti – TiO, 5AlO,5	
17 _{com}	AlCrN-TiSiN		AlO, 7CrO,3 – TiO,85SiO15	
	camada dupla			
	camada interna	camada externa	camada interna	camada externa
18	TiAlN	AlCrBWN	TiO, 5AlO,5	AlO, 7CrO, 226B0, 067W0,007

A performance das respectivas ferramentas revestidas foi verificada na operação de perfuração no aço tratado com calor. A quantidade de desgaste na face do flanco da borda de corte principal V_{bmax} foi utilizada para verificar a qualidade de proteção contra desgaste. As condições de teste foram como a seguir:

Ferramenta de corte: perfuradora com duas estrias, 6,8 mm de diâmetro, tipo de carboneto com grão fino

- Peça de trabalho: 1,7225, $R_m = 1000 \text{ N/mm}^2$, recozida até uma dureza de Brinell de 240 HB
- Velocidade de rotação do fuso: 4684 ver/min
- Velocidade máxima de corte: 100 m/min
- 5 Taxa de alimentação: 0,18 mm/rev
- Alimentação: 843 mm/min
- Profundidade do furo: 34 mm
- Refrigerante: emulsão baseada em 6% de óleo mineral, resfriamento externo
- 10 Fim da vida útil da ferramenta: $V_{b\max} > 0,2 \text{ mm}$.

A tabela 10 seguinte exhibe os resultados da perfuração:

Tabela 10

número	número de furos	quantidade de desgaste $V_{b\max}$ (mm)
16 _{com}	2128	0,2
17 _{com}	2432	0,18
18	912	0,25

- Este exemplo torna claro que as ferramentas de acordo com a presente invenção podem não ser a melhor escolha para uso em aços altamente recozidos e para materiais macios.
- 15

- Nos exemplos seguintes, Número 6 até Número 8, os sistemas de revestimento duro foram depositados novamente como já endereçados para os exemplos anteriores, mas a pressão de trabalho total N_2 foi reduzida de 5,5 Pa para 3,5 Pa, e a tensão de polarização do substrato em relação ao terra foi aumentada de - 85 V para - 100 V para a deposição da camada mais externa de AlCrBWN, de acordo com HL₁ com X = N.
- 20

Exemplo 6

- Uma sexta série de ferramentas foi preparada para estabelecer o efeito de uma camada de AlCrN IL₂ ao invés de uma camada interna TiAlN IL₁.
- 25

A Tabela 11 apresenta os respectivos materiais de camada e as composições-alvo.

Tabela 11

número	revestimento duro		Composição-alvo	
	camada dupla			
	camada interna	camada externa	camada interna	camada externa
19	TiAlN	AlCrBWN	TiO, 5AlO, 5	AlO, 7CrO, 226B0, 067W0, 007
20	AlCrN	AlCrBWN	TiO, 5AlO, 5	AlO, 7CrO, 226B0, 067W0, 007

Utilizando ferramentas revestidas como endereçadas, um teste de corte com os seguintes parâmetros foi aplicado:

- Ferramenta de corte: fresa de topo de nariz esférico com duas estrias, raio esférico de 5 mm, material do tipo carboneto com microgrão.
- Peça de trabalho: 1,2379 60 HRC
- Velocidade de rotação do fuso: 6370 rev / min
- Profundidade axial do corte: 0,3 mm
- Profundidade radial do corte: 0,5 mm
- 10 Taxa de alimentação: 0,15 mm/dente
- Velocidade de corte: 200 m/min
- Alimentação: 1911 mm/min
- Refrigerante: ar
- Direção de fresagem: fresagem para baixo
- 15 Comprimento de 1 passo: 30 m
- Fim da vida útil da ferramenta: $V_{bmax} > 0,10$ mm no fim de um passo.

Os resultados são apresentados na Tabela 12

Tabela 12

número	comprimento do corte (m)	quantidade de desgaste V_{bmax} (mm)
19	270	0,11
20	240	0,12

- A partir destes resultados, pode ser visto que proporcionar uma IL₁ ou uma camada interna IL₂ substancialmente leva aos mesmos bons resultados.

Exemplo 7

Pela sétima série de espécime, o objetivo foi estabelecer o efeito de um conteúdo B e W diferente em uma camada do tipo HL₁ com X = N. A

tabela 13 seguinte lista o material da camada interna bem como da camada externa, e as respectivas composições dos materiais-alvos.

Tabela 13

número	revestimento duro		Composição-alvo	
	camada dupla			
	camada interna	camada externa	camada interna	camada externa
21 _{com}	TiAlN	AlCrN	TiO, 5AlO, 5	AlO, 7CrO, 3
22	TiAlN	AlCrBWN	TiO, 5AlO, 5	AlO, 7CrO, 226B0, 067W0, 007
23 _{com}	TiAlN	AlCrWN	TiO, 5AlO, 5	AlO, 7CrO, 28W0, 02

- Utilizando tais ferramentas, um teste de corte com os mesmos parâmetros que no exemplo 6 foi aplicado.

Os resultados são apresentados na Tabela 14

Tabela 14

número	comprimento do corte (m)	quantidade de desgaste V_{bmax} (mm)
21 _{com}	120	0,11
22	240	0,10
23 _{com}	150	0,11

Exemplo 8

- Na oitava série de espécimes, os quais foram revestidos com um sistema de revestimento com camada dupla, como endereçado na Tabela 15, antes dos testes de corte, um tratamento de escovação foi aplicado utilizando uma máquina de escovação de acordo com a DE GM 20 2006 000 654.1, de modo a ajustar um estado comparável com o desgaste inicial homogêneo, o que garante após isto um progresso homogêneo do desgaste durante a aplicação de corte.

- O tratamento da ferramenta revestida foi conduzido com escovas rotativas de acordo com o documento endereçado. A figura 2 e a respectiva descrição na página 5, último parágrafo, até a página 6, término do primeiro parágrafo, deste modelo German Utility N° 20 2006 000 654.1 são especificamente incluídas e referidas por referência na presente descrição com respeito à técnica de escovação endereçada. o ângulo da escova era cerca de 30° com referência ao eixo geométrico da ferramenta, a velocidade de rotação selecionada para 650 voltas/minuto. O material de escovação foi

náilon impregnado com SiC, o tamanho do grão SiC de 400 malhas, diâmetro dos pêlos de 0,45 mm, comprimento dos pêlos de 35 mm. A rotação do satélite da ferramenta foi 9 voltas/min, a rotação da mesa suportando os satélites foi cerca de 0,3 volta/min. Um efeito similar para dissecar uma tira com alguns micrômetros do material da peça de trabalho ao longo da borda de corte poderia ter sido alcançado pela utilização de escovas impregnadas com Al_2O_3 . Contudo, para esta última escovação, o tempo tem que ser triplicado se os mesmos parâmetros mencionados acima forem utilizados. Isto pode ser realizado, por exemplo, pela rotação da mesa de suporte em 0,1 volta/min.

Alternativamente, ou mesmo adicionalmente, um tratamento de brunimento similar por operações de escova, jateamento, esmerilhagem, ou coisa parecida, pode ser aplicado antes do processo de revestimento como um pré-tratamento.

Com a ferramenta revestida de acordo com a tabela 15

Tabela 15

número	revestimento duro		Composição-alvo	
	camada dupla			
	camada interna	camada externa	camada interna	camada externa
24	TiAlN	AlCrBWN	TiO, 5AlO, 5	AlO, 7CrO, 226B0, 067W0, 007

os testes de corte foram executados com os seguintes parâmetros de corte:

Ferramenta de corte:	fresa de topo de nariz esférico com duas estrias, raio esférico de 5 mm, material do tipo carboneto com microgrão.
Peça de trabalho:	1,2379 62 HRC
Velocidade de rotação do fuso:	6000 ver/min
Profundidade axial do corte:	0,4 mm
Profundidade radial do corte:	0,05 mm
Taxa de alimentação:	0,10 mm/dente
Velocidade de corte:	184 m/min
Alimentação:	600 mm/min
Refrigerante:	ar

Direção de fresagem: técnica de fresagem para baixo para alojamento (56 mm x 26 mm)

Comprimento de um único passo: 1 alojamento

Fim da vida útil da ferramenta: $V_{bmax} > 0,10$ mm no fim de um alojamento.

5 Tabela 16

número	tratamento de escovação (sim/não)	número de alojamentos (N)
24a	não	4
24b	sim	10

A partir dos exemplos apresentados acima, se torna claro que as ferramentas onde os sistemas de revestimento duro compreendem a camada HL₀ na forma específica de HL₁ com X = N, como em um sistema de camada única ou, e especialmente em conexão com a camada interna IL₁ e/ou IL₂ endereçada, proporciona um aumento espantoso de resistência ao desgaste comparado com os sistemas de revestimento do estado da técnica, por exemplo, com os sistemas de revestimento mais externo de TiAlN ou AlCrN.

Independente do fato de que o revestimento endereçado HL₁ com X = N é aplicado através de todos os exemplos como a camada mais externa do sistema de revestimento, é evidente para os versados na técnica que para algumas aplicações, camadas adicionais podem ser proporcionadas sobre a camada endereçada, como, por exemplo, uma camada de lubrificação.

Adicionalmente, por todos os exemplos, a camada HL₁ endereçada é considerada em direção ao corpo da ferramenta, aplicada diretamente no corpo da ferramenta ou separada do mesmo por uma camada interna IL₁ ou IL₂.

Entretanto, para algumas aplicações, é evidente para os versados na técnica que tais sistemas com múltiplas camadas com as camadas do tipo HL e do tipo IL propostas pela invenção podem ser concebidas em uma considerável variedade, dependendo das necessidades específicas.

Além disso, os exemplos acima foram conduzidos especificamente nas camadas HL₁, onde X = N. Entretanto, é perfeitamente claro para

os versados na técnica que substituir N por C, CN, NO, CO, ou CNO, irá levar as camadas HL₁ com qualidades similares de resistência ao desgaste.

O mesmo é válido se na camada do tipo HL₁, o elemento W for substituído por Mo, Ta, Cb, (Nb).

5 Além disso, as ferramentas, em relação as quais os exemplos foram executados, possuem um corpo de ferramenta de carboneto de tungstênio.

Entretanto, com respeito ao material do corpo da ferramenta ou de forma mais genérica do corpo da peça de trabalho, é perfeitamente claro
10 para os versados na técnica que o aumento almejado de resistência ao desgaste pelo sistema de revestimento de acordo com a presente invenção também será alcançado em corpos de peça de trabalho de aço rápido, de carboneto fortificado ou de nitreto de boro cúbico, ou de um material do tipo amálgama, ou de um material cerâmico. O aperfeiçoamento endereçado da
15 resistência ao desgaste pode ser altamente desejável não somente para ferramentas tal como ferramentas de corte tal como para fresas de topo, brocas, insertos de corte, ferramentas de fresagem de engrenagem, mas também para outras peças de trabalho diferentes de ferramentas.

Pelo método de fabricação de um dispositivo que é pelo menos
20 em parte de um material duro, desse modo especialmente com uma dureza de pelo menos HRC 52, compreendendo um processo de corte do material duro endereçado utilizando a ferramenta de corte de acordo com a presente invenção, a fabricação do dispositivo se torna mais rápida, desse modo o rendimento é maior e os custos de fabricação são diminuídos.

25 Na figura 6, é apresentada uma seção transversal SEM de um revestimento AlCrN. Isto está de acordo com uma micrografia de elétron de varredura (SEM) de uma seção transversal de um sistema de revestimento duro de camada única de acordo com o espécime 3 do exemplo N^o 1. O revestimento duro exibe uma estrutura de desenvolvimento colunar muito fina
30 com colunas possuindo uma largura na ordem de 200 nm.

A figura 7 apresenta tal micrografia de elétron de varredura de uma seção transversal do sistema de revestimento duro de camada única de

AlCrBWN de acordo com o espécime N° 4 do exemplo 1. Este revestimento duro não exibe estrutura de desenvolvimento colunar. O forte processo de renucleação durante a deposição leva a uma estrutura de revestimento nanocristalina que aparece vidrada como na seção transversal SEM sob uma

5 magnificação de 25'000.

A figura 8 apresenta uma micrografia de elétron de varredura (SEM) de uma seção transversal de um sistema de revestimento duro de camada dupla de TiAlN / AlCrBWN, de acordo com o espécime 9 do exemplo 2. A camada interna IL₁ exibe uma estrutura de desenvolvimento colunar,

10 com as colunas possuindo uma largura na ordem de 400 nm.

A camada externa do tipo HL₁ exibe a mesma estrutura de desenvolvimento do tipo vidrada que o espécime N° 4 do exemplo 1 (veja a figura 7). A estrutura de desenvolvimento colunar é claramente interrompida na interface entre a camada interna e a camada externa.

15 A figura 9 apresenta o espectro XRD de um sistema de revestimento duro de camada única de AlCrN, de acordo com o espécime N° 3 do exemplo N° 1 e de um sistema de revestimento duro de camada única do tipo HL₁ de AlCrBWN de acordo com o espécime número 4 do exemplo 1. Os espectros foram gravados com um equipamento Bruker AXS utilizando

20 um feixe incidente Cu_{Kα} ($\lambda = 1,5406$ nm) e um ângulo de incidência de 2°, o qual distribui uma qualidade apreciável para os espectros de revestimentos nanocristalinos. Esta configuração permite medir até mesmo películas finas sem-influência de perturbação pelo substrato e/ou por uma camada interna. O espectro XRD do AlCrN exibe picos ao redor de 37,5°, 43,7°, e 63,7°, os

25 quais são designados para os planos <111>, <200>, e <220> de uma estrutura de cristal AlCrN fcc (cúbica centrada na face).

Como esperado para um revestimento duro de Al_xCr_{1-x}N, possuindo um $x \leq 0,7$, não existe fase hexagonal AlN em tal revestimento duro. O revestimento duro AlCrBWN exibe picos de difração que são designados

30 para os planos <111>, <200>, e <220> de AlCrN como bons. Entretanto, os revestimentos duros de Al_xCrBWN, possuindo o mesmo X de 0,7, apresentam uma contribuição notável de AlN hcp (pacote fechado hexagonal). Os

picos ao redor de $33,1^\circ$, $49,5^\circ$, e $58,9^\circ$ salientam sinais atribuídos para esta fase. Os picos ao redor de $31,5^\circ$, $35,7^\circ$, $48,3^\circ$, $64,1^\circ$, e $65,9^\circ$ derivam a partir do corpo WC - Co do substrato de carboneto.

A figura 10 apresenta espectros XRD de revestimentos AlCrBWN compreendendo uma interna de TiAlN. A medição foi executada utilizando a configuração descrita no contexto da figura 9. O espectro superior se refere aos revestimentos de AlCrBWN depositados sob condições de deposição dos exemplos 6 até 8. Diminuir a polaridade do substrato de - 100 para - 85 V em relação ao potencial terra como apresentado no espectro inferior da figura 10, fornece uma alteração notável com respeito ao valor Q, entretanto, obviamente, induz a uma ampliação do pico. O último pode ser referido como um refinamento de grão adicional.

REIVINDICAÇÕES

1. Peça de trabalho possuindo um corpo e um sistema de revestimento duro resistente ao desgaste em pelo menos uma parte da superfície do dito corpo, o dito sistema compreendendo pelo menos uma camada da
5 seguinte composição

$(Al_{1-a-b-c} Cr_a B_b Z_c) X$ em que

X é pelo menos um dentre: N, C, CN, NO, CO, CNO;

Z é pelo menos um dentre: W, Mo, Ta, Cb (Nb);

em que é válido

10 $0,2 \leq a \leq 0,5;$

$0,01 < b \leq 0,2;$

$0,001 \leq c \leq 0,04.$

2. Peça de trabalho, de acordo com a reivindicação 1, em que o dito sistema de camada compreende pelo menos uma camada com a se-
15 guinte composição:

$(Al_{1-a-b-c} Cr_a B_b W_c) X$

em que é válido

$0,01 \leq b \leq 0,1;$

$0,001 \leq c \leq 0,01.$

20 3. Peça de trabalho, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que a dita pelo menos uma camada é a camada mais externa do dito sistema.

4. Peça de trabalho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, em que a dita pelo menos uma camada reside diretamente na
25 dita superfície.

5. Peça de trabalho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, em que o dito sistema compreende pelo menos uma camada interna de $(Ti_d Al_e) N$.

6. Peça de trabalho, de acordo com a reivindicação 5, em que a
30 dita camada interna é interposta entre a dita superfície e a dita pelo menos uma camada.

7. Peça de trabalho, de acordo com a reivindicação 5 ou 6, em

que a dita camada interna reside diretamente sobre pelo menos uma dentre a dita superfície e a dita pelo menos uma camada.

8. Peça de trabalho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 7, em que é válido:

$$5 \quad 0,4 \leq d \leq 0,6 \text{ e} \\ 0,4 < e \leq 0,6.$$

9. Peça de trabalho, de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 8, em que o dito sistema compreende pelo menos uma camada interna de $(\text{Al}_f\text{Cr}_g)\text{N}$.

10. Peça de trabalho, de acordo com a reivindicação 9, em que a dita camada interna é interposta entre a dita superfície e a dita pelo menos uma camada.

11. Peça de trabalho, de acordo com a reivindicação 9 ou 10, em que a dita camada interna reside diretamente sobre pelo menos uma dentre a dita superfície e a dita pelo menos uma camada.

12. Peça de trabalho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 11, em que é válido:

$$0,4 \leq f \leq 0,7 \text{ e} \\ 0,3 < g \leq 0,6.$$

13. Peça de trabalho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, em que a dita pelo menos uma camada exibe uma estrutura de desenvolvimento do tipo vidrado, na seção transversal SEM.

14. Peça de trabalho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, em que a dita pelo menos uma camada compreende AlN hexagonal.

15. Peça de trabalho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, em que a dita pelo menos uma camada possui um coeficiente de textura $Q = I(200)/I(111)$ na faixa de $0,1 \leq Q \leq 1$.

16. Peça de trabalho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 15, em que a dita camada interna de TiAlN ou de AlCrN respectivamente exibe uma estrutura de desenvolvimento colunar.

17. Peça de trabalho, de acordo com qualquer uma das reivindicações

cações 1 a 16, em que o dito sistema compreende múltiplas camadas de camadas alternadas de pelo menos uma dentre $(Ti_dAl_e) N$ e de $(Al_fCr_g) N$ e da dita pelo menos uma camada, de preferência, de $(Al_{1-a-b} Cr_a B_b W_c) X$.

5 18. Peça de trabalho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 17, o dito corpo sendo de um dentre um aço rápido, aço temperado, carboneto fortificado e de nitreto de boro cúbico.

19. Peça de trabalho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 18, o dito corpo sendo de um dentre um tipo de amálgama e de um material cerâmico.

10 20. Peça de trabalho, de acordo com a reivindicação 18 ou 19, sendo uma ferramenta de corte.

21. Peça de trabalho, de acordo com a reivindicação 20, sendo uma dentre uma fresa de topo, uma broca, um inserto de corte, e uma ferramenta de fresagem de engrenagem.

15 22. Processo para fabricar uma peça de trabalho, como definida em uma das reivindicações 1 a 21, compreendendo:

a - proporcionar o dito corpo da peça de trabalho em uma câmara a vácuo de revestimento por plasma;

20 b - aplicar o dito sistema ao dito corpo por um processo físico de deposição por vapor durante um tempo de processamento;

c - estabelecer uma temperatura de pelo menos $550^{\circ}C$ para a superfície do corpo revestido durante pelo menos uma parte predominante do dito tempo de processamento.

25 23. Processo, de acordo com a reivindicação 22, compreendendo selecionar a dita temperatura para ser pelo menos $600^{\circ}C$.

24. Método para fabricar um dispositivo pelo menos em parte de um material duro compreendendo um processo de corte do dito material duro utilizando a ferramenta de corte como definida na reivindicação 20.

30 25. Método, de acordo com a reivindicação 24, o dito material duro possuindo uma dureza de Rockwell de pelo menos HRC 52.

26. Método, de acordo com a reivindicação 24 ou 25, em que o material duro é aço temperado.

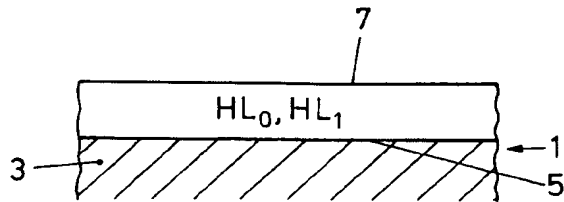


FIG. 1

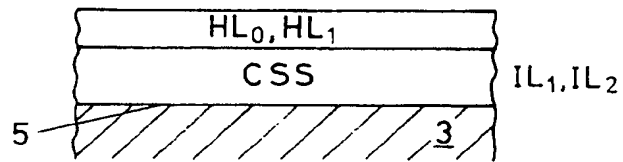


FIG. 2

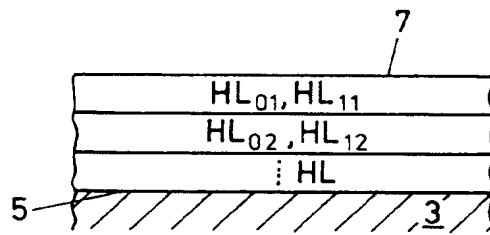


FIG. 3

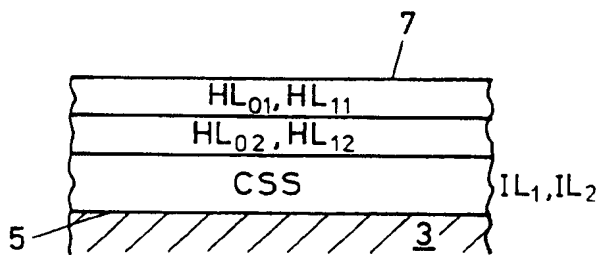


FIG. 4

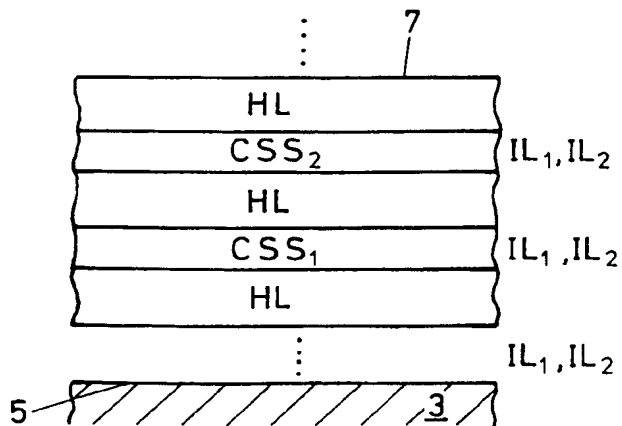


FIG. 5

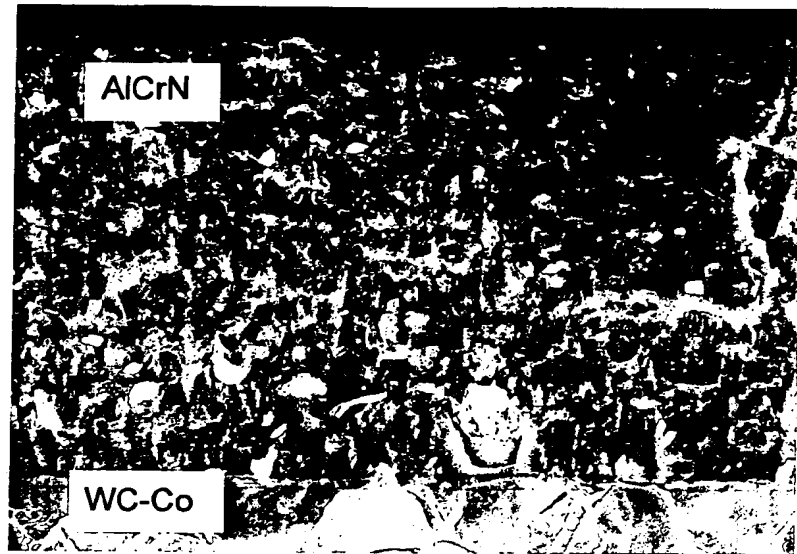


Fig. 6

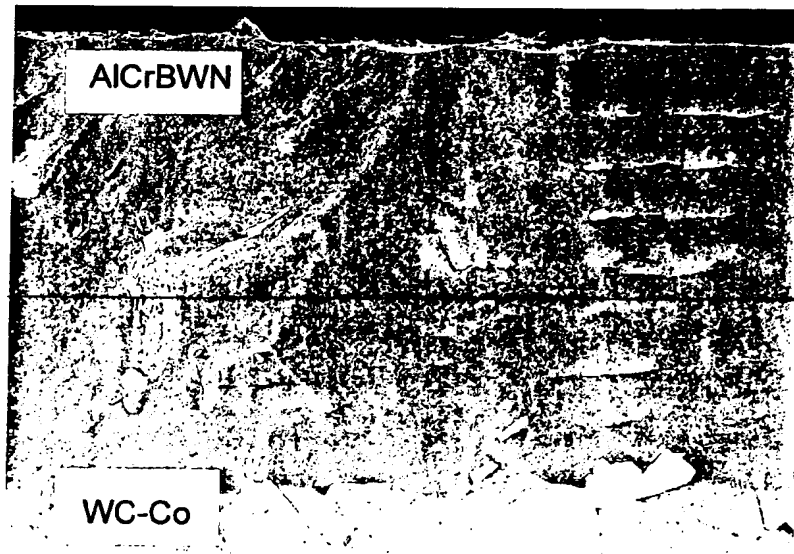


Fig. 7

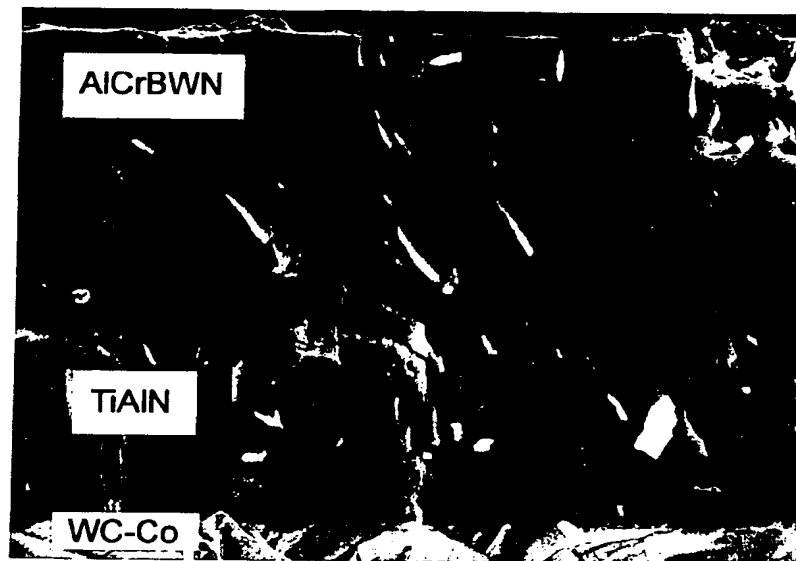
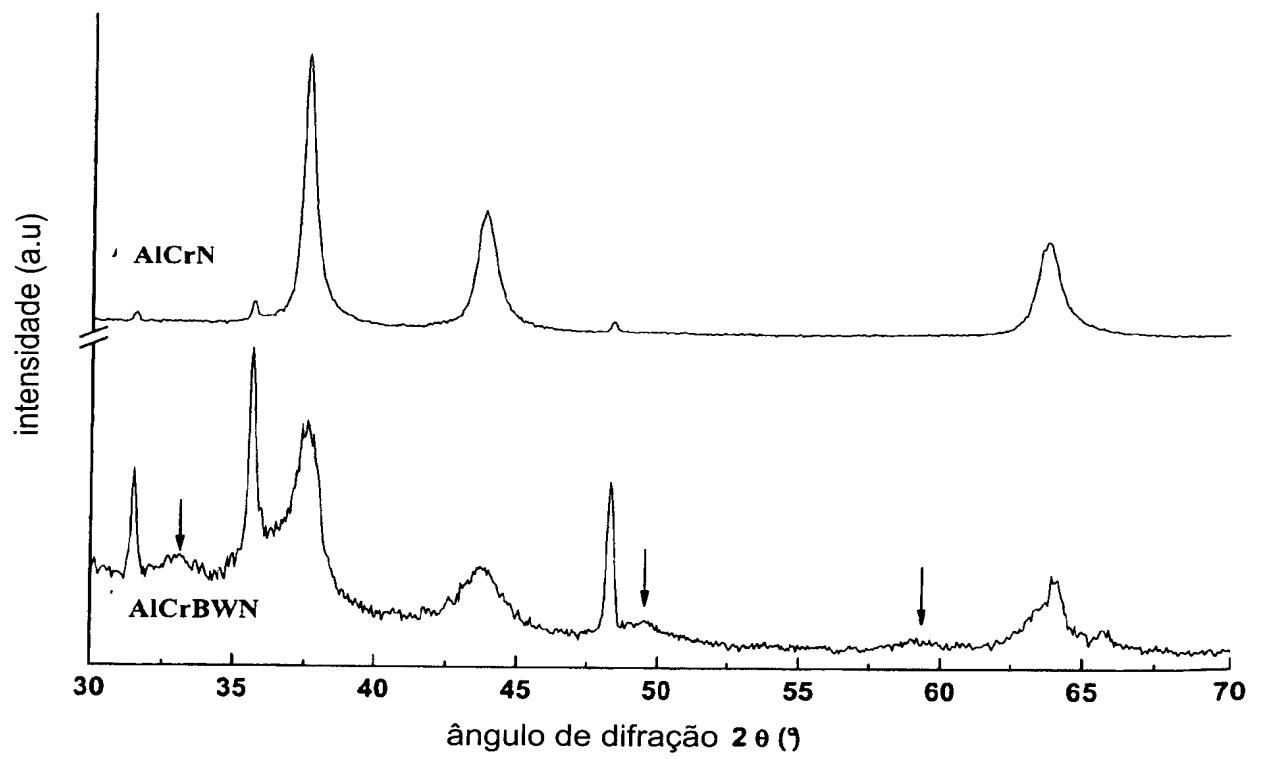


Fig. 8

**Fig.9**

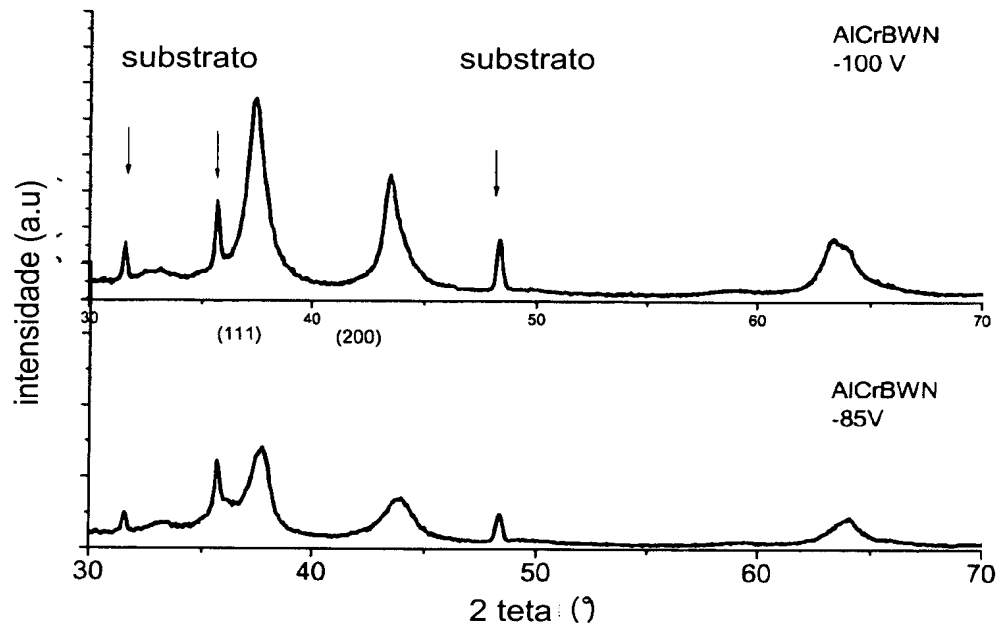


Fig 10

RESUMO

Patente de Invenção: **"PEÇA DE TRABALHO COM REVESTIMENTO DURO"**.

5 A presente invenção refere-se a uma peça de trabalho que possui um corpo (3) e a um sistema de revestimento duro resistente ao desgaste (HL_0), sistema este que compreende uma camada com a seguinte composição: $(Al_{1-a-b-c} Cr_a B_b Z_c) X$, em que X é pelo menos um dentre: N, C, CN, NO, CO, CNO; Z é pelo menos um dentre: W, Mo, Ta, Cb (Nb). Para a, b e c, faixas específicas de valores são válidas.