



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

(11) BR 112014014484-2 B1



(22) Data do Depósito: 14/12/2012

(45) Data de Concessão: 19/01/2021

(54) Título: FERRAMENTA DE CORTE REVESTIDA E MÉTODO PARA PRODUZIR A MESMA

(51) Int.Cl.: C23C 16/36.

(30) Prioridade Unionista: 14/12/2011 EP 11009859.7.

(73) Titular(es): SANDVIK INTELLECTUAL PROPERTY AB.

(72) Inventor(es): CARL BJÖRMANDER.

(86) Pedido PCT: PCT EP2012075569 de 14/12/2012

(87) Publicação PCT: WO 2013/087848 de 20/06/2013

(85) Data do Início da Fase Nacional: 13/06/2014

(57) Resumo: FERRAMENTA DE CORTE REVESTIDA E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DA MESMA. A presente invenção está correlacionada à provisão de uma ferramenta de corte revestida, compreendendo um substrato e um revestimento de superfície, em que o dito revestimento compreende uma camada de Ti (C,N,O), compreendendo pelo menos uma camada colunar de T (C, N) finamente granulada, depositada pela técnica de deposição química a vapor em temperatura moderada - Chemical Vapor Deposition in Moderate Temperature (MTCVD), com uma largura média de grão de 0,05-0,4(μm) e uma proporção atômica de carbono para a soma de carbono e nitrogênio (C/ C+N)) contida na dita camada de Ti (C,N), depositada pela técnica de MTCVD, de valor médio de 0,50-0,65. A invenção também proporciona um método para fabricação da dita ferramenta de corte revestida, depositando a camada de Ti (C,N) pela técnica de MTCVD.

**"FERRAMENTA DE CORTE REVESTIDA E MÉTODO PARA
PRODUZIR A MESMA"**

Campo Técnico

[001] A presente invenção está correlacionada a uma ferramenta de corte revestida para usinagem de metais com formação de cavacos, compreendendo um substrato tendo uma superfície revestida com um revestimento produzido por deposição química a vapor (CVD) e a um método de fabricação da mesma. Especificamente, a presente invenção se refere a uma ferramenta de corte revestida tendo um revestimento produzido por CVD, compreendendo pelo menos uma camada de carbonitreto de titânio finamente granulada.

Descrição do estado da técnica

[002] As ferramentas de corte para usinagem de metais com formação de cavacos, tais como, ferramentas redondas, isto é, fresas de topo, perfuradoras, etc., e pastilhas, feitas de materiais duráveis, por exemplo, metal duro, cermet, boronitreto cúbico ou aço de alta velocidade, normalmente, apresentam um revestimento resistente ao desgaste para prolongar a vida útil da ferramenta de corte. Os revestimentos resistentes ao desgaste são normalmente revestidos usando a técnica de deposição química a vapor (CVD), uma vez que essa técnica apresenta diversas vantagens. Assim, ela possibilita uma grande produtividade no processo de produção de ferramentas de corte, um revestimento conformado com geometrias complexas, e pode ser facilmente usada para depositar camadas de revestimento isolante, como, por exemplo, alumina.

[003] Em particular, ferramentas de corte de metal duro para procedimentos de torneamento são normalmente revestidas com revestimentos produzidos por CVD, compreendendo uma estrutura em camada de diferentes materiais para prover suficiente resistência ao desgaste, onde a composição, microestrutura, textura, etc., das camadas individuais são escolhidas para melhorar determinadas propriedades do revestimento para uma aplicação específica. O revestimento predominante usado atualmente compreende uma camada à base de Ti, daqui em diante referida como uma camada de Ti(C,N,O), compreendendo uma ou mais camadas selecionadas de carbeto de titânio, nitreto de titânio, carbonitreto de titânio, oxicarbeto de titânio, e oxicarbonitreto de titânio, doravante referidas por camadas de (TiC, TiN, Ti(C,N), Ti(C,O), Ti(C,N,O) respectivamente, depositadas sobre uma superfície do substrato e uma camada de alumina, doravante referida como camada de Al₂O₃, depositada sobre a camada de Ti(C,N,O). Os processos de deposição química a vapor (CVD) em temperatura moderada (MTCVD) têm sido comprovados como vantajosos para deposição de camadas de Ti(C,N), se comparado aos processos de deposição química a vapor (CVD) sob altas temperaturas (HTCVD).

[004] Larsson e Ruppi, "Thin Solid Films", 402 (2002), 203-210, divulgam um estudo sobre a microestrutura e propriedades dos revestimentos de Ti(C,N) depositados em substratos de ferramenta de corte usando a técnica de MTCVD, se comparado com os revestimentos de Ti(C,N)

depositados usando a técnica de HTCVD. O revestimento de Ti(C,N) depositado por HTCVD exhibe grãos de eixos iguais, sem direção de crescimento preferida e com um tamanho médio de grão inferior a 0,2 μm . Ao contrário, os revestimentos de Ti(C,N) depositados por [MTCVD] exibem um valor de TC (422) relativamente grande na medição de difração de raios X, doravante referido como uma textura (422), e grãos colunares tendo uma largura de cerca de 0,5 μm . A diferença na microestrutura é atribuída à temperatura mais baixa e aos precursores agressivos, como, por exemplo, a acetonitrila (CH_3CN). O revestimento de Ti(C,N) depositado por [MTCVD] apresenta uma melhor resistência à formação de cavacos proveniente da borda, mas, uma pior resistência ao desgaste por cratera, se comparado ao revestimento de Ti(C,N) depositado por [HTCVD]. Entretanto, a resistência à formação de lascas ainda é crítica para os revestimentos de Ti(C,N) depositados por [MTCVD], especificamente, em aplicações de determinado grau de exigência, tais como, torneamento em ferro fundido nodular compreendendo operações de corte intermitentes.

[005] O documento de patente EP 1 187 970 A1 divulga uma camada colunar de Ti(C,N), com uma textura (422), depositado mediante uso de um processo de MTCVD com precursores compreendendo acetonitrila, tetracloreto de titânio, nitrogênio e hidrogênio, como no processo acima de MTCVD, e, além disso, um hidrocarboneto, tal como C_2H_4 ou C_3H_6 , que é divulgado para proporcionar uma alta proporção atômica de carbono para a soma de carbono e nitrogênio (C/C+N) contida na camada colunar de

Ti(C,N), isto é, pelo menos 0,70, desse modo, proporcionando uma alta dureza e aperfeiçoada resistência ao desgaste, se comparado com um processo padrão com uso de acetonitrila. A camada colunar de Ti(C,N) formada mediante uso desses precursores é finamente granulada, com uma largura média de grão de 0,05 a 0,5 μm e apresenta uma alta resistência à fratura. Embora apresentando uma aperfeiçoada dureza, a resistência à oxidação dessa camada colunar de Ti(C,N) pode ser insuficiente, especificamente, para operações de corte que geram grande quantidade de calor no revestimento.

Sumário da Invenção

[006] Constitui um objetivo da presente invenção proporcionar uma ferramenta de corte revestida com aperfeiçoadas propriedades em operações de corte. Um adicional objetivo da invenção é de prover uma ferramenta de corte revestida com aperfeiçoada resistência ao desgaste, por exemplo, uma maior resistência à formação de lascas. Outro objetivo da invenção é de prover uma ferramenta de corte de alto desempenho no torneamento de ferro fundido nodular e com corte de alta velocidade.

[007] Esses objetivos são alcançados mediante uma ferramenta de corte, e um método para produzir uma ferramenta de corte.

[008] A presente invenção se refere a uma ferramenta de corte revestida compreendendo um substrato e um revestimento, em que o dito revestimento compreende uma camada de Ti(C,N,O), compreendendo pelo menos uma camada colunar de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD, com uma

largura média de grão de 0,05-0,4 μm , preferivelmente, 0,05-0,25 μm , mais preferivelmente, 0,1-0,2 μm , medida em uma seção transversal, com uma superfície normal perpendicular a uma superfície normal do substrato, sobre uma face inclinada da ferramenta de corte revestida, ao longo de uma linha reta, numa direção paralela a uma superfície do substrato, em uma posição centralizada entre uma interface mais inferior e uma interface mais superior da dita camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD. A proporção atômica de carbono para a soma de carbono e nitrogênio ($C/(C+N)$) contida na dita camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD é de 0,50-0,65, preferivelmente, de 0,55-0,62, mais preferivelmente, de 0,56-0,60, ainda mais preferivelmente, de 0,57-0,59, quando medida por análise de microsonda eletrônica, usando uma microsonda eletrônica em 10 posições, espaçada de 50 μm ao longo da dita linha.

[009] Em uma modalidade da invenção, uma espessura média da dita camada colunar de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD é de 5-15 μm .

[010] Uma vantagem da camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD finamente granulada da presente invenção é que a mesma possibilita uma superfície lisa, se comparado com uma camada convencional depositada por MTCVD. Preferivelmente, a camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD da presente invenção pode apresentar um efeito de lisura, isto é, a superfície externa da camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD apresenta uma aspereza de

superfície (R_z) mais baixa que da superfície do substrato.

[011] Em uma modalidade da presente invenção o revestimento compreende ainda uma camada externa, tal como, uma camada de Al_2O_3 ou outras camadas adequadas para obtenção de alta resistência ao desgaste em operações de corte, depositada sobre a camada de $Ti(C,N,O)$, opcionalmente, com uma ou mais adicionais camadas dispostas entre ou sobre a referida camada de $Ti(C,N,O)$, como, por exemplo, uma camada colorida depositada como a camada mais externa.

[012] Em uma modalidade da invenção, a camada de $Ti(C,N,O)$ compreende ainda adicionais camadas, tais como, por exemplo, uma camada de TiN que serve de barreira de difusão depositada sobre o substrato antes da dita camada de $Ti(C,N)$ depositada pela técnica de MTCVD. Outro exemplo de uma adicional camada inclui uma ou mais camadas depositadas sobre a dita camada de $Ti(C,N)$ depositada pela técnica de MTCVD, antes da deposição de uma camada externa, tal como, a dita camada de Al_2O_3 . Essas camadas podem, por exemplo, prover uma aperfeiçoada aderência da camada externa por fixação mecânica.

[013] Em uma modalidade da invenção, a camada de $Ti(C,N,O)$ compreende uma camada mais interna de TiN com uma espessura suficiente para proporcionar uma barreira de difusão, preferivelmente, uma espessura de 0,3 a 0,6 μm .

[014] Em uma modalidade da invenção, a camada de $Ti(C,N,O)$ compreende uma camada mais externa de $Ti(C,O)$, para proporcionar uma grande

área de superfície para crescimento de uma camada de Al_2O_3 .

[015] Em uma modalidade da invenção, a camada de $\text{Ti}(\text{C}, \text{N}, \text{O})$ compreende uma camada de $\text{Ti}(\text{C}, \text{N})$ depositada por [HTCVD], disposta sobre a camada de $\text{Ti}(\text{C}, \text{N})$ depositada pela técnica de MTCVD.

[016] Em uma modalidade da invenção, o revestimento compreende uma camada de $\text{Ti}(\text{C}, \text{N}, \text{O})$, consistindo de uma sequência de camadas, em conformidade com as camadas de $\text{TiN}/\text{Ti}(\text{C}, \text{N})$ [MTCVD]/ $\text{Ti}(\text{C}, \text{O})$ depositadas sobre o substrato. Opcionalmente, existe uma camada de $\text{Ti}(\text{C}, \text{N})$ depositada por [HTCVD] disposta entre a camada de $\text{Ti}(\text{C}, \text{N})$ depositada pela técnica de MTCVD e a camada de $\text{Ti}(\text{C}, \text{O})$. Preferivelmente, a espessura da camada de TiN é de $0,3 \mu\text{m}$ a $0,6 \mu\text{m}$. Preferivelmente, a espessura da camada de $\text{Ti}(\text{C}, \text{N})$ depositada pela técnica de MTCVD é de $5\text{-}15 \mu\text{m}$, mais preferivelmente, de $8 \mu\text{m}$ a $12 \mu\text{m}$, para prover uma suficiente resistência ao desgaste abrasivo de flancos. Preferivelmente, a espessura da camada de $\text{Ti}(\text{C}, \text{N})$ depositada por [HTCVD] é de $0,2 \mu\text{m}$ a $0,4 \mu\text{m}$. Preferivelmente, a espessura da camada de $\text{Ti}(\text{C}, \text{O})$ é de $0,3 \mu\text{m}$ a $0,8 \mu\text{m}$. Preferivelmente, o revestimento compreende ainda uma camada de Al_2O_3 depositada sobre a camada de $\text{Ti}(\text{C}, \text{O})$. Dependendo da aplicação, a camada de Al_2O_3 pode ser de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ou $\kappa\text{-Al}_2\text{O}_3$, ou uma mistura das mesmas. Assim, por exemplo, no caso de uso em uma aplicação de torneamento de ferro fundido nodular, a camada de Al_2O_3 é preferivelmente de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$.

[017] Em uma modalidade da invenção, o revestimento compreende uma camada de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ com

uma espessura de 2-6 μm , preferivelmente, de 3-5 μm .

[018] Em uma modalidade da invenção, o revestimento compreende uma camada de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ com um valor de TC(012) relativamente grande em uma medição de difração de raios X, doravante referida como textura (012), tal como, a camada de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ depositada de acordo com descrição da Patente US 7.163.735 B2, e uma espessura de 2-6 μm , preferivelmente, de 3-5 μm , adequada para uso no torneamento de ferro nodular. Nessa aplicação, a camada de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ é principalmente usada como uma barreira térmica e a resistência ao desgaste é essencialmente provida pela camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD. Se a espessura da camada de Al_2O_3 for ainda mais aumentada, a resistência à formação de lascas será diminuída, isso podendo proporcionar uma superfície de topo mais áspera, que resulta em forças mais adesivas sobre o revestimento durante o corte, o que pode aumentar o desgaste devido à formação de lascas.

[019] Em outra modalidade da presente invenção, a dita camada de Al_2O_3 é uma camada de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ com um valor de TC(006) relativamente grande em uma medição de difração de raios X, doravante referida como textura (001), uma vez que a normal (eixo C) do plano (0001) dos cristais da camada de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ são alinhados na direção da normal da superfície do substrato, tal como, uma camada de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ depositada de acordo com a descrição da Patente US 7.993.742 B2, e uma espessura de 2-6 μm , preferivelmente, de 3-5 μm . A resistência ao desgaste da camada de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (001) é aperfeiçoada

pelo aumento da espessura, porém, uma espessura demasiadamente grande da camada de Al_2O_3 diminui a resistência à formação de lascas.

[020] Os grãos colunares da camada de $\text{Ti}(\text{C},\text{N})$ depositada pela técnica de MTCVD são alongados em relação ao comprimento e à largura e com um eixo longitudinal ao longo de uma direção de crescimento da camada de $\text{Ti}(\text{C},\text{N})$ depositada pela técnica de MTCVD sendo perpendicular a uma superfície do substrato. A largura do grão não é de único eixo, podendo diferir em diferentes direções. Além disso, os grãos não são perfeitamente alinhados com a direção de crescimento. Consequentemente, a largura do grão não é facilmente medida. Para a finalidade da presente aplicação, a largura dos grãos colunares é considerada para se estender numa direção paralela à superfície do substrato, que se dispõe numa direção perpendicular à direção de crescimento da camada de $\text{Ti}(\text{C},\text{N})$ depositada pela técnica de MTCVD, e que é medida em um micrografo de microscopia eletrônica de varredura (SEM), de uma seção transversal polida da camada de $\text{Ti}(\text{C},\text{N})$ depositada pela técnica de MTCVD, com uma ampliação de 15.000 vezes. As fronteiras dos grãos são identificadas pelas diferenças de contraste entre os grãos adjacentes, e a largura dos grãos é medida como a distância entre as fronteiras de grãos adjacentes, ao longo de uma linha reta, conforme será explicado adiante.

[021] Em uma modalidade da ferramenta de corte de acordo com a presente invenção, a camada de $\text{Ti}(\text{C},\text{N})$ depositada pela técnica de MTCVD exhibe

um padrão de difração de raios X, em que os coeficientes de textura $TC(hkl)$ são definidos por:

$$TC(hkl) = \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \left[\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1}$$

onde:

$I(hkl)$ = intensidade medida da reflexão (hkl) ;

$I_0(hkl)$ = intensidade padrão de acordo com cartão PDF, No. 42-1489 do ICDD;

n = número de reflexões usadas no cálculo;

e as reflexões (hkl) usadas no cálculo são: (111) , (200) , (220) , (311) , (331) , (420) , (422) e (511) , e em que uma soma de $TC(422)$ e $TC(311)$ é $> 5,5$, isto é, $TC(422) + TC(311) > 5,5$. A soma de $TC(422)$ e $TC(311)$ é preferivelmente maior que 6. Além disso, preferivelmente, $TC(422) > TC(311)$.

[022] Em uma modalidade da presente invenção, a camada de $Ti(C,N)$ depositada pela técnica de MTCVD exibe um padrão de difração de raios X tendo a reflexão (422) em uma posição 2θ de 123.15-123.25. A posição 2θ da reflexão (422) se refere ao teor de carbono no revestimento, de modo que um mais alto teor de carbono se correlaciona a uma posição 2θ inferior da reflexão (422) .

[023] Em uma modalidade da presente invenção, um valor de largura total na máxima metade (FWHM) do pico atribuído à reflexão (422) da camada de $Ti(C,N)$ depositada pela técnica de MTCVD é de 0,4-0,5, preferivelmente, de 0,42-0,46. A FWHM é correlacionada ao tamanho do grão, de modo que um

valor mais alto de FWHM se correlaciona aos grãos menores.

[024] Em uma modalidade da presente invenção, a espessura média da camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD é de 5-15 μm , preferivelmente, de 7-12 μm para pastilhas de torneamento.

[025] Em uma modalidade da presente invenção, a espessura média da camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD é de 3-7 μm para ferramentas de fresagem e perfuração.

[026] Graças à aperfeiçoada resistência ao desgaste da camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD, a aspereza do substrato pode ser aumentada em caso de aumento da dureza. Em uma modalidade da presente invenção, o substrato é feito de metal duro compreendendo grãos de WC em uma fase aglutinante compreendendo Co. Preferivelmente, o teor de Co é de 5,6 até 6,4% em peso.

[027] Embora as modalidades da presente invenção tenham sido descritas com Ti como único elemento metálico na camada de Ti(C,N,O), a camada de Ti(C,N,O) ou camadas individuais da mesma, além do Ti, podem compreender elementos selecionados de um ou mais de Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W e Al, numa quantidade que não altere significativamente a largura do grão ou a proporção de C(C+N) da camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD. Também, além de um ou mais dos elementos de C, O e N, a camada de Ti(C,N,O) ou uma mais das camadas individuais podem também compreender o elemento boro (B). Além disso, a dita camada de Ti(C,N)

depositada pela técnica de MTCVD pode compreender pequenas quantidades de oxigênio, sem afetar de modo significativo as propriedades da camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD. Em uma modalidade da invenção, a camada de Ti(C,N,O) compreende um ou mais desses elementos adicionais.

[028] Em uma modalidade da invenção, a dita outra camada adequada para alta resistência ao desgaste em operações de corte depositada na dita camada de Ti(C,N,O) compreende um composto selecionado de um carbeto, um nitreto e um óxido e boreto de um elemento pertencente ao Grupo 4a (Ti, Zr, Hf), 5a (V, Nb, Ta), ou 6a (Cr, Mo, W) da Tabela Periódica ou Al ou uma solução mutuamente sólida do mesmo.

[029] Embora a camada de Al₂O₃ acima seja descrita como uma camada binária, deve ser observado que em modalidades alternativas da invenção, a camada de Al₂O₃ pode compreender um ou mais elementos, tais como, por exemplo, Zr para formar um composto ternário ou múltiplo, tal como, (Al,Zr)O. A camada de Al₂O₃ pode também consistir em duas ou mais fases, de diferente composição e microestrutura.

[030] A presente invenção também se refere a um método para produzir uma ferramenta de corte revestida, compreendendo a utilização de um processo de deposição química a vapor (CVD), em que o dito processo compreende as etapas de:

- prover um substrato em uma câmara de vácuo;
- prover a adição de precursores à dita câmara de vácuo;

- depositar uma camada de $\text{Ti}(\text{C},\text{N},\text{O})$ compreendendo pelo menos uma camada colunar de $\text{Ti}(\text{C},\text{N})$ depositada pela técnica de MTCVD sobre o dito substrato, em que a camada colunar de $\text{Ti}(\text{C},\text{N})$ depositada pela técnica de MTCVD é depositada a uma temperatura na faixa de $700\text{-}910^\circ\text{C}$, preferivelmente, $800\text{-}850^\circ\text{C}$, mais preferivelmente, $820\text{-}840^\circ\text{C}$, e usando agentes precursores compreendendo pelo menos TiCl_4 , CH_3CN ou outra nitrila, e H_2 , e com uma proporção de Ti/CN , baseada em um percentual em volume de TiCl_4 e CH_3CN ou outra nitrila provido à câmara de vácuo, de 4-10, preferivelmente, de 5-8, mais preferivelmente, de 6-7.

[031] O substrato pode incluir um revestimento de superfície como uma camada intermediária, depositada antes da deposição da camada de $\text{Ti}(\text{C},\text{N},\text{O})$.

[032] A proporção de Ti/CN é usada dentro do intervalo acima para eficientemente controlar o tamanho de grão da camada colunar de $\text{Ti}(\text{C},\text{N})$ depositada pela técnica de MTCVD.

[033] Em uma modalidade da presente invenção, a camada de $\text{Ti}(\text{C},\text{N})$ depositada pela técnica de MTCVD é depositada com TiCl_4 , uma nitrila e H_2 como o único gás durante a deposição. Preferivelmente, a nitrila é CH_3CN .

[034] Em uma modalidade da invenção, o fluxo de TiCl_4 é de 2-4% em volume de um fluxo total de gás precursor, quando do depósito da camada de $\text{Ti}(\text{C},\text{N})$ depositada pela técnica de MTCVD.

[035] Em uma modalidade da invenção, um fluxo gasoso da dita CH_3CN ou outra nitrila é inferior a 0,5% em volume, preferivelmente, de 0,2

a 0,5% em volume, mais preferivelmente, de 0,4 a 0,5% em volume.

[036] Ao dispor de uma proporção de Ti/CN comparativamente alta e nenhum hidrocarboneto adicional, a formação de fuligem no processo de deposição pode ser evitada. Com alto teor de carbono proporcionado pelo uso de hidrocarbonetos, tais como, C_2H_4 e C_3H_6 nos gases precursores, a fuligem pode ser um problema.

[037] Em uma modalidade da presente invenção, o método compreende ainda N_2 como agente precursor. Isso é vantajoso, devido ao fato de que a adesão pode ser melhorada e em que a pequena largura do grão e o baixo teor de carbono são preservados. Além disso, o revestimento depositado com agentes precursores contendo N_2 mostra uma tendência de diminuir as variações de espessura na câmara. Uma vantagem de não se usar N_2 como agente precursor, mas usar somente CH_3CN ou outra nitrila é que a velocidade de deposição é potencialmente mais alta.

[038] Em uma modalidade da invenção, o fluxo de gás N_2 é inferior a 40% em volume, com relação ao fluxo total de gás precursor.

[039] Em uma modalidade da invenção, o fluxo de gás N_2 é inferior a 10% em volume, preferivelmente, inferior a 5% em volume, com relação ao fluxo total de gás precursor.

[040] Outro possível agente precursor que pode ser usado junto com o agente anteriormente citado é o HCl . O HCl é vantajoso devido a sua capacidade de diminuir as variações de espessura na câmara. Uma desvantagem do HCl é a reduzida

velocidade de deposição, como, também, a tendência de aumentar a largura do grão dos grãos de $Ti(C,N)$. Ao realizar a deposição da camada de $Ti(C,N)$ depositada pela técnica de [MTCVD] conforme a invenção, sob uma temperatura comparativamente baixa de 800-850°C, preferivelmente, de 820-840°C, as variações de espessura são menores e o HCl pode ser evitado, desse modo, evitando o aumento do tamanho de grão seguinte à adição de HCl.

[041] Em uma modalidade da invenção, a camada colunar de $Ti(C,N)$ depositada pela técnica de [MTCVD] é depositada a uma temperatura de 800-850°C, preferivelmente, de 820-840°C, usando fluxo de gases precursores consistindo de: 2 a 4% em volume de $TiCl_4$; de 0,2 a 0,5% em volume, preferivelmente, de 0,4 a 0,5% em volume de nitrila, preferivelmente, CH_3CN ; e balanço de H_2 ; com uma proporção de Ti/CN , baseada em um percentual em volume de $TiCl_4$ e nitrila, providos na câmara de vácuo, de 6-7.

[042] Em uma modalidade da invenção, a camada colunar de $Ti(C,N)$ depositada pela técnica de MTCVD é depositada a uma temperatura de 800-850°C, preferivelmente, de 820-840°C, usando fluxo de gases precursores de: 2 a 4% em volume de $TiCl_4$; de 0,2 a 0,5% em volume, preferivelmente, de 0,4 a 0,5% em volume de nitrila, preferivelmente, CH_3CN ; menos de 10% em volume de N_2 e balanço de H_2 ; com uma proporção de Ti/CN , baseada em um percentual em volume de $TiCl_4$ e nitrila, providos na câmara de vácuo, de 6-7.

[043] Uma vantagem da invenção é que uma largura pequena de grão na camada de $Ti(C,N)$

depositada pela técnica de MTCVD pode ser proporcionada, sem que se tenha uma excessiva quantidade de carbono no processo ou nas camadas de revestimento formadas.

[044] Outros objetivos, vantagens e características da invenção se tornarão evidentes a partir da seguinte descrição detalhada da invenção, quando considerada em conjunto com os desenhos.

Breve Descrição dos Desenhos

[045] As modalidades da invenção serão agora descritas fazendo-se referência aos desenhos anexos, nos quais:

- a figura 1a é uma vista em seção transversal de um revestimento de acordo com uma modalidade da invenção;

- a figura 1b é uma parte ampliada da figura 1a, ilustrando esquematicamente a medição de largura de grão na camada de revestimento de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD;

- a figura 2 é um histograma representando a distribuição de largura de grão na camada de revestimento de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD, mostrada na figura 1a;

- a figura 3 é uma vista em seção transversal de um revestimento, de acordo com uma modalidade da invenção, em que a ferramenta de corte revestida foi submetida a um tratamento térmico, para difundir os elementos pesados do substrato dentro do revestimento; e

- a figura 4 é uma vista em seção transversal de um revestimento de acordo com o estado da técnica.

Descrição Detalhada da Invenção

Exemplo 1

[046] Ferramentas de corte revestidas, de acordo com uma modalidade da invenção foram fabricadas. Primeiramente, substratos de metal duro CNMG120412-KM, com uma composição de 6,0% em peso de Co e balanço de WC, um valor de Hc de 17,52 kA/m (usando um dispositivo Foerster Koerzimat CS1.096, de acordo com a Norma DIN IEC 60404-7) e uma dureza de HV3 = 1,6 GPa foram fabricados mediante prensagem de pó e sinterização dos corpos prensados. Antes da deposição do revestimento, os substratos tiveram as bordas arredondadas para cerca de 35 μm , mediante jateamento a úmido. Um revestimento consistindo de uma camada de Ti(C,N,O) com uma espessura total de cerca de 10,3 μm , que consiste da sequência de camadas de TiN de 0,4 μm , Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD de 9.1 μm , Ti(C,N) depositada pela técnica de HTCVD de 0,2 μm e Ti(C,O) de 0,6 μm , uma camada de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ com uma textura (012) e uma espessura de cerca de 3,8 μm e uma camada colorida de TiC/TiN de 0.7 μm , foi depositado pela técnica de CVD sobre os substratos. O revestimento foi depositado em um reator de deposição química a vapor (CVD), tendo fluxo de gás radial, usando condições de deposição para crescimento das camadas de Ti(C,N) depositadas pela técnica de MTCVD e da camada de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, conforme descrito na Tabela 1. As etapas de oxidação e nucleação foram realizadas antes do crescimento da camada de α -alumina. Após a deposição, as ferramentas de corte revestidas foram submetidas a um procedimento de jateamento a úmido para remoção da camada colorida sobre as faces inclinadas.

[047] A figura 1a mostra uma imagem de microscopia eletrônica de varredura (SEM) em seção transversal do revestimento e da parte mais externa do substrato sobre a face inclinada de uma das ferramentas de corte revestidas, com uma ampliação de 15.000 vezes. A camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD apresenta uma estrutura colunar com finos grãos colunares. A fim de avaliar o tamanho de grão da camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD, a largura do grão foi medida na imagem proporcionada pelo procedimento SEM, conforme esquematicamente mostrado na figura 1b e posteriormente explicado a seguir. A largura mínima de grão foi de 26 nm, a largura máxima de grão foi de 474 nm, a largura média de grão foi de 140 nm e a largura mediana do grão foi de 118 nm. Com referência à figura 2, um histograma representando a distribuição de largura de grão da camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD foi feito baseado nessa medição. As larguras dos grãos medidas são distribuídas em discretos intervalos com uma largura de 40 nm, no intervalo de 30 a 470 nm, e de 20 nm, no intervalo de 470 a 570 nm. A frequência máxima das larguras de grãos medidas se encontra dentro do intervalo de 70 to 110 nm.

[048] Com referência à figura 3, a ferramenta de corte revestida usada para a determinação da largura de grão foi submetida a um tratamento térmico em um fluxo gasoso de H₂ a 55 mbar e temperatura de 1100°C durante 1,5 horas, a fim de difundir os elementos pesados do substrato, isto é, W e/ou Co, dentro das interfaces dos grãos da camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de

MTCVD, para proporcionar contraste numa imagem de SEM. Com uma ampliação de 30000 vezes, a difusão interna pode ser observada na forma de linhas brilhantes entre os grãos, e a largura do grão é determinada como a distância entre essas linhas brilhantes (ver a figura 3). A largura do grão foi medida ao longo de uma linha de 10 μm , paralela a um substrato em uma posição de 4-5 μm , a partir da superfície do substrato. A largura mínima de grão foi de 73 nm, a largura máxima foi de 390 nm, a largura média de grão foi de 162 nm e a largura mediana do grão foi de 146 nm. A frequência máxima das larguras de grãos medidas se encontra dentro do intervalo de 110 a 150 nm.

[049] Os coeficientes de textura $TC(hkl)$ indicam direções de crescimento preferenciais dos grãos colunares da camada de $Ti(C,N)$ depositada pela técnica de MTCVD (ver a Tabela 2), e a camada de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ foi determinada por meio de difração de raios X sobre as ferramentas de corte revestidas, fabricadas de acordo com o Exemplo 1, conforme explicado a seguir. A camada de $Ti(C,N)$ depositada pela técnica de MTCVD apresenta uma forte textura (422) com grande valor também para (311). A camada de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ apresenta uma textura (012).

[050] A camada de $Ti(C,N)$ depositada pela técnica de MTCVD exibe um padrão de difração de raios X tendo o pico da reflexão (422) em $2\theta = 123,22^\circ$, que foi determinado conforme explanação a seguir. Essa posição de pico corresponde a uma proporção $C/(C+N)$ na camada de $Ti(C,N)$ depositada pela técnica de MTCVD de 0,57. Um segundo método usado para determinar o teor de carbono por

difração de raios X é mediante uso do refinamento de Rietveld. O resultado dessa aproximação é o mesmo que resulta da posição de pico. A FWHM do pico da reflexão (422) é de $0,44^\circ$. Uma análise elementar foi também executada na ferramenta de corte revestida usada para determinação da largura de grão mediante análise de microsonda eletrônica, conforme explicado a seguir, que demonstrou uma proporção de C/(C+N) na camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD de 0,58.

Exemplo 2

[051] Uma ferramenta de corte revestida foi fabricada de acordo com o estado da técnica, de modo a servir de referência quando da realização do teste da ferramenta de corte revestida apresentada no Exemplo 1. Primeiramente, substratos de metal duro CNMG120412-KM, com uma composição de 5,2% em peso de Co, 0,23% em peso de carbeto de Cr e balanço de WC, com um valor de Hc de 22,91 kA/m (usando um dispositivo Foerster Koerzimat CS1.096, de acordo com a Norma DIN IEC 60404-7) e uma dureza de HV3 = 1,8 GPa foram fabricados mediante prensagem de pó e sinterização dos corpos prensados. Antes da deposição do revestimento, os substratos tiveram as bordas arredondadas para cerca de 35 μm , mediante jateamento a úmido. Um revestimento consistindo de uma camada de Ti(C,N,O), que consiste da sequência de camadas de TiN de 0,4 μm , Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD de 9,8 μm , Ti(C,N) depositada pela técnica de HTCVD de 0,2 μm e Ti(C,O) de 0,6 μm , com uma espessura total de 10,3 μm , uma camada de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ com uma textura (012) e uma espessura de cerca de

4,0 μm e uma camada colorida de TiN/TiC de 1.2 μm , foi depositado pela técnica de CVD sobre os substratos. As condições de deposição para crescimento da camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD são descritas na Tabela 1. Após a deposição, as ferramentas de corte revestidas foram submetidas a um procedimento de jateamento a úmido para remoção da camada colorida sobre as faces inclinadas.

[052] Os coeficientes de textura TC (hkl) indicam direções preferenciais de crescimento dos grãos colunares da camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD (ver a Tabela 2) e a camada de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ foi determinada conforme explicado a seguir. A camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD apresenta uma forte textura (422), com grande valor também para (311). A camada de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ apresenta uma textura (012). A camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD exibe um padrão de difração de raios X tendo o pico da reflexão (422) em $2\theta = 123,47^\circ$, que foi determinado conforme explanação a seguir. Essa posição de pico corresponde a uma proporção C/(C+N) na camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD de 0,52. A FWHM do pico da reflexão (422) é de $0,27^\circ$. Uma análise elementar foi também executada mediante análise de microsonda eletrônica, conforme explicado a seguir, que demonstrou uma proporção de C/(C+N) na camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD de 0,56.

[053] A figura 4 mostra uma imagem feita pelo procedimento SEM em seção transversal do revestimento de referência e a parte mais externa

do substrato sobre a face inclinada da ferramenta de corte revestida. A camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD apresenta uma estrutura colunar com grãos colunares grossos que se estendem através da dita camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD.

Exemplo 3

[054] Ferramentas de corte revestidas foram fabricadas de acordo com o Exemplo 1, com a mesma camada de Ti(C,N,O), mas, com uma diferente camada de α -Al₂O₃, com uma espessura de camada de 4,2 mm e usando um diferente processo de produção da camada de α -Al₂O₃, proporcionando uma maior TC (006) do que na camada de α -Al₂O₃ do Exemplo 1, conforme medido por difração de raios X.

Exemplo 4

[055] Ferramentas de corte revestidas foram fabricadas de acordo com o Exemplo 1, com a mesma camada de Ti(C,N,O) e camada de α -Al₂O₃ conforme o Exemplo 3, porém, onde a camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD foi depositada a uma temperatura de 870°C, ao invés de 830°C. A temperatura de deposição mais alta resultou em uma camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD com uma granulometria muito mais fina que do Exemplo 1 e Exemplo 3, conforme observado em imagens de procedimento SEM em seção transversal.

Tabela 1

TiN	MTCVD	MTCVD	HTCVD	Ti(C,O)	α -Al ₂ O ₃	TiN/TiC/TiN/	
	Ti(C,N)	Ti(C,N)	Ti(C,N)			TiC/TiN	
	Ex. 1	Ex. 2				TiN	TiC

Precusores	Vol-%	Vol-%	Vol-%	Vol-%	Vol-%	Vol-%	Vol-%	Vol-%
H ₂	60,2	96,6	82,25	76,9	90,9	83,0	49,1	93,3
N ₂	38,3	-	7,83	15,4	-	-	49,1	-
CH ₄	-	-	-	5,1	-	-	-	-
HCl	-	-	7,83	-	-	5,5	-	-
CO	-	-	-	-	6,1	-	-	-
TiCl ₄	1,5	2,95	1,44	2,6	3,0	-	1,7	2,5
CH ₃ CN	-	0,45	0,65	-	-	-	-	-
CO ₂	-	-	-	-	-	8,8	-	-
H ₂ S	-	-	-	-	-	0,55	-	-
AlCl ₃	-	-	-	-	-	2,2	-	-
Fluxo total de gás (l/h)	3655	5600	7660	1950	3300	9100	7020	4770
Temperatura (°C)	930	830	885	1010	1010	1010	1010	1010
Pressão (mbar)	160	80	55	55	55	55	atm	atm
ProporçãoTi/CN	-	6,6	2,2	-	-	-	-	-
Espessura da camada (µm)							0,3	0,15
	0,4	9,1	9,8	0,2	0,6	3,8	1,2	

Tabela 2

MTCVD	TC(111)	TC(200)	TC(220)	TC(311)	TC(331)	TC(420)	TC(422)	TC(511)
Ti(C,N)								
Exemplo 1	0,22	0,42	0,18	1,47	0,41	0,10	4,62	0,58
Exemplo 2	0,37	1,07	0,35	2,61	1,10	0,24	1,94	0,32

Exemplo 5

[056] Ferramentas de corte revestidas, de acordo com os Exemplos 1 e 2, foram testadas no torneamento de ferro fundido nodular 09.2 GGG60, sem agente de resfriamento, incluindo operações de

corte intermitentes externas axiais e operações de corte tipo faceamento, sob as seguintes condições:

- velocidade de corte (V_c): 350 m/min;
- alimentação (F_n): 0,3 mm/volta
- profundidade do corte (a_p): 4 mm;
- tempo/componente (T_c): 1,25 min/peça.

[057] O critério de vida útil para as ferramentas testadas foi desviado das tolerâncias dimensionais da peça de trabalho. A ferramenta de corte revestida do Exemplo 2 representou o estado da técnica, sendo adaptada para cortar 12 peças. A ferramenta de corte revestida do Exemplo 1 representou um exemplo de uma modalidade da presente invenção, adaptada para cortar 18 peças. O corte a seco intermitente do ferro fundido nodular é uma operação de corte de alto nível de exigência, pelo que a escamação e outros mecanismos de desgaste descontínuos, assim como, insuficiente resistência à oxidação, normalmente, limitam a vida útil da ferramenta. Nesse teste, ambas as variantes da ferramenta exibem uma satisfatória resistência à oxidação, mas, a ferramenta do Exemplo 1 supera a ferramenta do Exemplo 2, devido a uma superior resistência à formação de lascas ou escamas. As ferramentas de corte revestidas do Exemplo 3, que diferem das ferramentas de corte revestidas, essencialmente, apenas com relação à textura da camada de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, exibiram o mesmo desempenho vantajoso das ferramentas de corte revestidas do Exemplo 1, no presente teste de desempenho.

Exemplo 6

[058] As ferramentas de corte revestidas dos Exemplos 1 e 2 foram testadas em um

procedimento de torneamento de ferro fundido nodular (09.2 GS500 HB220), com um agente de resfriamento, incluindo operações de corte contínuo, de aspereza axial interna, sob as seguintes condições:

- velocidade de corte (V_c): 160 m/min;
- alimentação (F_n): 0,35 mm/volta
- profundidade do corte (a_p): 3 mm;
- tempo/componente (T_c): 1,5 min/peça

[059] O critério de vida útil para as ferramentas testadas foi desviado das tolerâncias dimensionais da peça de trabalho. A ferramenta de corte revestida do Exemplo 2 representou o estado da técnica, sendo adaptada para cortar 15 peças. A ferramenta de corte revestida do Exemplo 1 representou um exemplo de uma modalidade da presente invenção, adaptada para cortar 22 peças. Ao contrário do mecanismo de desgaste do Exemplo 3, a vida útil nesse teste é limitada pela resistência ao desgaste de flancos, que é superior na ferramenta de corte revestida do Exemplo 1. As ferramentas de corte revestidas do Exemplo 3, que diferem das ferramentas de corte revestidas, essencialmente, apenas com relação à textura da camada de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, exibiram o mesmo desempenho vantajoso das ferramentas de corte revestidas do Exemplo 1, no presente teste de desempenho.

Exemplo 7

[060] As ferramentas de corte revestidas dos Exemplos 3 e 4 foram testadas em torneamento longitudinal de ferro fundido nodular, SS0717,

incluindo operações de corte intermitentes com agente de resfriamento, sob as seguintes condições:

- velocidade de corte (V_c): 250 m/min;
- alimentação (F_n): 0,2 mm/volta
- profundidade do corte (a_p): 2,5-2,0 mm;

[061] A ferramenta de corte do Exemplo 3 foi superior à ferramenta de corte do Exemplo 4, com relação à resistência à formação de lascas ou escamas.

[062] Para a finalidade de presente aplicação, e em particular para os exemplos acima, os métodos de determinação das propriedades do revestimento são definidos a seguir.

[063] A fim de avaliar a espessura e o tamanho de grão das camadas individuais do revestimento, a ferramenta de corte revestida é cortada, esmerilhada e polida, de modo a se obter uma seção transversal polida, com uma superfície normal perpendicular a uma superfície normal do substrato, sobre a face inclinada da ferramenta de corte revestida.

[064] As espessuras da camada são medidas usando um microscópio ótico.

[065] A fim de possibilitar a medição de largura de grão é necessário se obter uma superfície lisa que forneça suficiente contraste entre os grãos de diferente orientação, na camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD, mediante formação de canais de elétrons. Assim, para fins de medição de largura de grão, o polimento da seção transversal compreende as etapas de:

- polimento grosseiro sobre papel, usando uma suspensão de diamante à base de óleo (da Microdiamant AG), com um tamanho médio de partícula de diamante de 9 μm , e 0,7 g de partículas de diamante por 2 dl de óleo (Mobil Velocite no. 3);

- polimento fino sobre papel, usando uma suspensão de diamante à base de óleo (da Microdiamant AG), com um tamanho médio de partícula de diamante de 1 μm , e 0,7 g de partículas de diamante por 2 dl de óleo (Mobil Velocite no. 3); e

- polimento de óxido usando um pano macio e sob imersão, em uma suspensão compreendendo uma mistura de partículas de SiO_2 (10-30%) e Al_2O_3 (1-20%), com tamanho médio de partícula de 0,06 μm (Masterpolish 2, Buehler), a 150 rpm e pressão de 35N durante 220 s.

[066] A largura de grão é medida com um micrografo de microscópio de varredura eletrônica (SEM), de uma seção transversal polida com uma ampliação de 15.000 vezes no procedimento de SEM, obtida em uma voltagem de 5,0 kV e com uma distância de processamento de 5 mm, conforme esquematicamente mostrado na figura 1b. As fronteiras dos grãos são identificadas pelas diferenças de contraste entre grãos adjacentes e as larguras de grãos são medidas como a distância entre as fronteiras de grãos adjacentes identificadas, ao longo de uma linha reta de 10 μm , numa direção paralela a uma superfície do substrato, numa posição centralizada entre uma superfície interfacial mais inferior e superfície interfacial mais superior da camada de $\text{Ti}(\text{C},\text{N})$ depositada pela técnica de MTCVD. As larguras de

grãos menos que 20 nm não são facilmente identificadas pela imagem do processo SEM e não são consideradas.

[067] A camada colunar de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD compreende grãos colunares duplos e pode compreender ainda outros defeitos ou deslocamentos inter-granulares, que não são idealizados de serem contados como fronteiras de grãos no presente método. As fronteiras duplas podem ser identificadas e excluídas, uma vez que a simetria e orientação dos grãos duplos pode não gerar nenhuma substancial diferença no contraste, quando da passagem pelas fronteiras duplas. Consequentemente, o grão colunar duplo é idealizado de ser tratado como um grão, quando da determinação da largura do grão. Entretanto, algumas vezes, pode ser difícil verificar isso e a contagem de uma fronteira dupla como uma fronteira inter-granular irá diminuir o valor médio de largura do grão. Para superar essa dificuldade na medição da largura do grão, pode ser usado um método compreendendo a difusão de elementos pesados do substrato dentro das fronteiras do grão, mediante exemplo de acordo com o método usado no Exemplo 1. Isso é vantajoso, pelo fato de que os elementos pesados não podem se difundir dentro dos defeitos ou deslocamentos acima mencionados. A fim de preparar a seção transversal para visualização do aglutinante internamente difundido, as seções transversais são submetidas somente à etapa de polimento grosseiro e etapa de polimento fino, omitindo-se a etapa de polimento com óxido. Isso proporciona uma aspereza de maior superfície que a obtida pelo polimento com óxido,

pelo que, o contraste será completamente diferente e um modo de composição de contraste de retrodifusão é usado para visualizar as fronteiras dos grãos com elementos mais pesados difundidos internamente.

[068] A fim de pesquisar a textura da camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD, uma difração por raios X é conduzida sobre a face de flanco, usando um difratômetro PANalytical CubiX³, equipado com um detector PIXcel. As ferramentas de corte revestidas são montadas em dispositivos sustentadores de amostra, que garantem que a superfície de flanco das amostras será paralela à superfície de referência do dito dispositivo sustentador de amostra, e ainda que a face de flanco tenha uma apropriada altura. Raios X de Cu-K_α são usados para as medições, com uma voltagem de 45 kV e uma corrente de 40 mA. Anti-difusores e fendas de ½ grau e fendas de divergência de ½ grau são ainda utilizados. A intensidade difratada da ferramenta de corte revestida é medida em torno de ângulos 2θ, onde ocorrem os picos de TiCN, variando de aproximadamente 20° para 140°, isto é, sobre um ângulo incidente θ variando de 10 a 70°.

[069] A análise de dados, incluindo subtração de fatores antecedentes e extração de Cu-K_α é executada usando um programa PANalytical's X'Pert HighScore, e as áreas de pico integradas que se originam deste uso são utilizadas para calcular os coeficientes de textura TC (hkl) da camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD, usando o programa X'Pert Industry, mediante comparação da

proporção dos dados de intensidade medidos com os dados de intensidade padrão, de acordo com a equação:

$$TC(hkl) = \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \left[\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1}$$

onde:

$I(hkl)$ = intensidade da área medida da reflexão (hkl) ;

$I_0(hkl)$ = intensidade padrão de acordo com cartão PDF, No. 42-1489 do ICDD;

n = número de reflexões usadas no cálculo;

e as reflexões (hkl) usadas no cálculo são: (111) , (200) , (220) , (311) , (331) , (420) , (422) e (511) .

[070] Uma vez que a camada de $Ti(C,N)$ depositada pela técnica de MTCVD é um filme finitamente espesso, as intensidades relativas de um par de pico do mesmo composto são diferentes daquele provido para amostras volumosas, devido às diferenças na extensão do percurso através da camada de $Ti(C,N)$. Portanto, uma correção de filme fino é aplicada às intensidades integradas de áreas de pico, também levando em consideração o coeficiente de absorção linear de $Ti(C,N)$, quando do cálculo dos valores de TC. Uma vez que os substratos usados nos exemplos foram de WC, uma posterior correção é aplicada para corrigir a sobreposição do pico de $TiCN$ (311) pelo pico de WC (111). Isso é feito mediante dedução de 25% da intensidade da área de outro pico de WC,

notadamente, WC(101), da intensidade da área de TiCN (311). Uma vez que possíveis camadas acima da camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD possam afetar as intensidades de raios X que entram na camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD e que saem de todo o revestimento, correções precisam também ser feitas para estas, levando em consideração o coeficiente de absorção linear para o respectivo composto em uma camada.

[071] A fim de estimar o teor de carbono, o ângulo de difração 2θ da reflexão (422) no padrão de difração de raios X obtido usando radiação de $\text{CuK}\alpha$ é determinado. A posição da reflexão (422) se refere ao teor de carbono no revestimento, de modo que um teor de carbono mais alto se correlaciona a um ângulo inferior da reflexão (422). A proporção de C/N no intervalo de TiC_0N_1 para TiC_1N_0 , mostra uma dependência linear para o ângulo de difração 2θ , possibilitando extrair informação sobre a proporção de C/N mediante medição da posição da reflexão (422).

[072] Um segundo método para determinação do teor de carbono é através do uso do refinamento de Rietveld, para o complete padrão de difração coletado, conforme discutido acima. A partir deste refino, é possível extrair dados dos parâmetros da estrutura de treliça para a fase de TiCN. O parâmetro da estrutura de treliça também varia linearmente com a proporção de C/N, conforme discutido acima. O resultado dessa aproximação se correlaciona também com os resultados em que o ângulo de difração foi o parâmetro usado para realizar a sondagem do teor de carbono.

[073] A reflexão (422) é também usada para estimar a largura do grão. Isso é conseguido mediante determinação da FWHM do pico no difractograma. A FWHM é correlacionada ao tamanho de grão, de modo que um maior valor da largura se correlaciona com grãos menores.

[074] A análise elementar é realizada mediante análise eletrônica por microsonda, usando uma microsonda eletrônica JEOL, JXA-8900R, equipada com espectrômetros de comprimento de onda dispersivos (WDS), a fim de determinar a proporção de C/(C+N) da camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD. A análise de composição média da camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD é conduzida em uma seção transversal polida da face de flanco, dentro da camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD, em 10 pontos com espaçamento de 50 μm ao longo de uma linha reta, numa direção paralela a uma superfície do substrato, numa posição centralizada entre uma superfície interfacial mais inferior e uma superfície interfacial mais superior da camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD, usando 10 kV, 29 nA, um TiCN padrão, e com correções para o número atômico, absorção e fluorescência. No exemplo 1, os pontos foram colocados dentro do revestimento de Ti(C,N) depositado pela técnica de MTCVD, a uma distância de 4-6 μm da interface entre o substrato e a camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD.

[075] Embora a invenção tenha sido descrita em conexão com diversas modalidades exemplificativas, deverá ser entendido que a

invenção não deve ser limitada às modalidades exemplificativas divulgadas, ao contrário, a invenção é idealizada para cobrir diversas modificações e disposições equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Ferramenta de corte revestida, tendo um revestimento de deposição por vapor químico (CVD), a ferramenta compreendendo um substrato e um revestimento de superfície, em que o revestimento compreende uma camada de Ti(C, N, O), a camada de Ti(C, N, O) consiste de uma sequência de camadas de acordo com TiN/MTCVD Ti(C, N)/Ti(C, O), opcionalmente é provida uma camada HTCVD Ti(C, N) depositada entre as camadas MTCVD Ti(C, N) e Ti(C, O), a camada MTCVD Ti(C, N) é um ou mais de C, N e O, compreendendo pelo menos uma camada colunar de Ti(C, N) depositada pela técnica de deposição química a vapor em temperatura moderada (MTCVD), com uma largura média de grão de 0,05-0,4 μm sobre uma face inclinada da ferramenta de corte revestida, ao longo de uma linha reta em uma direção paralela a uma superfície do substrato, em uma posição centralizada entre uma interface mais inferior e uma interface mais superior, caracterizada pelo fato de que, em uma seção transversal com uma superfície normal perpendicular a uma superfície normal do substrato, uma proporção atômica de carbono para a soma de carbono e nitrogênio ($C/(C+N)$) contida na camada de Ti(C, N) depositada pela técnica de MTCVD é, em média, de 0,50-0,65, medida por análise de microsonda eletrônica em 10 posições espaçadas de 50 μm ao longo da linha reta, uma espessura média da camada colunar de Ti(C, N) depositada pela técnica de MTCVD sendo de 5-15 μm .

2. Ferramenta de corte revestida, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo

fato de que a largura média de grão é de 0,1-0,2 µm.

3. Ferramenta de corte revestida, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que a proporção de C/(C+N) é de 0,56-0,60.

4. Ferramenta de corte revestida, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizada pelo fato de que a camada de Ti(C,N) depositada pela técnica de MTCVD exhibe um padrão de difração de raios X, medido através do uso de radiação Cu-Kα, em que os coeficientes de textura (TC(hkl)) são definidos por:

$$TC(hkl) = \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \left[\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1}$$

onde:

I(hkl) = intensidade medida da reflexão (hkl);

I₀(hkl) = intensidade padrão de acordo com cartão PDF No. 42-1489 do ICDD;

n = número de reflexões usadas no cálculo;

as reflexões (hkl) usadas no cálculo sendo: (111), (200), (220), (311), (331), (420), (422) e (511), e uma soma de TC(422) e TC(311) sendo > 5,5.

5. Ferramenta de corte revestida, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizada pelo fato de compreender adicionalmente uma camada de Al₂O₃.

6. Ferramenta de corte revestida, de acordo com a reivindicação 5, caracterizada pelo fato de que a camada de Al_2O_3 é uma camada de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ com uma espessura média de 2-6 μm .

7. Método para produzir uma ferramenta de corte revestida, do tipo definido na reivindicação 1, o método sendo caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

- prover um substrato em uma câmara de vácuo;
- prover precursores à câmara de vácuo;
- depositar uma camada de $\text{Ti}(\text{C}, \text{N}, \text{O})$ compreendendo pelo menos uma camada colunar de $\text{Ti}(\text{C}, \text{N})$ depositada pela técnica de deposição química a vapor em temperatura moderada (MTCVD) sobre o substrato,

em que a camada colunar de $\text{Ti}(\text{C}, \text{N})$ depositada pela técnica de MTCVD é depositada a uma temperatura na faixa de 800-850°C, usando precursores consistindo de TiCl_4 , CH_3CN ou outra nitrila, e H_2 , e com uma proporção de Ti/CN , de 4-10 refletindo um percentual em volume de TiCl_4 e CH_3CN ou outra nitrila provida à câmara de vácuo.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a proporção de Ti/CN é de 6-7.

9. Método, de acordo com a reivindicação 7 ou 8, caracterizado pelo fato de que os precursores consistem de TiCl_4 , CH_3CN e H_2 .

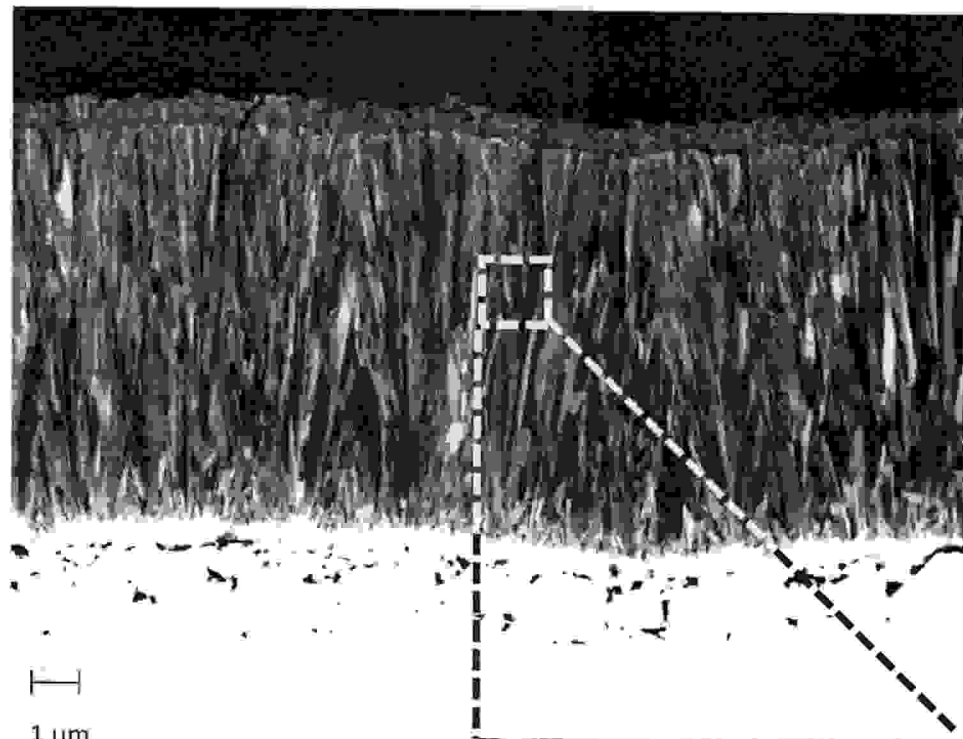
10. Método, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que um fluxo gasoso de TiCl_4 é de 2-4% em volume de um

fluxo gasoso total de precursores durante a deposição da camada de Ti(C, N) depositada pela técnica de MTCVD.

11. Método, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que um fluxo gasoso das uma ou mais nitrilas é de 0,2 a 0,5% em volume de um fluxo gasoso total de precursores durante a deposição da camada de Ti(C, N) depositada pela técnica de MTCVD.

12. Método, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de depositar uma camada compreendendo Ti(C, N, O), a partir de um substrato de TiN, Ti(C, N) depositado por MTVCD, Ti(C, N) depositado por HTCVD e Ti(C, O).

13. Método, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente depositar uma camada de α -Al₂O₃.



1 μm

FIG. 1a

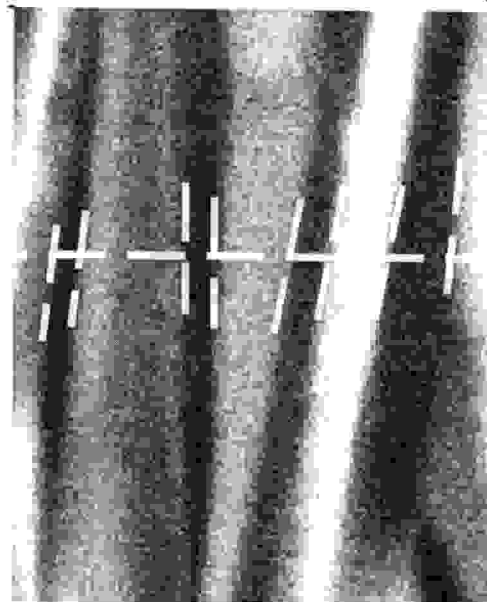


FIG. 1b

2/3

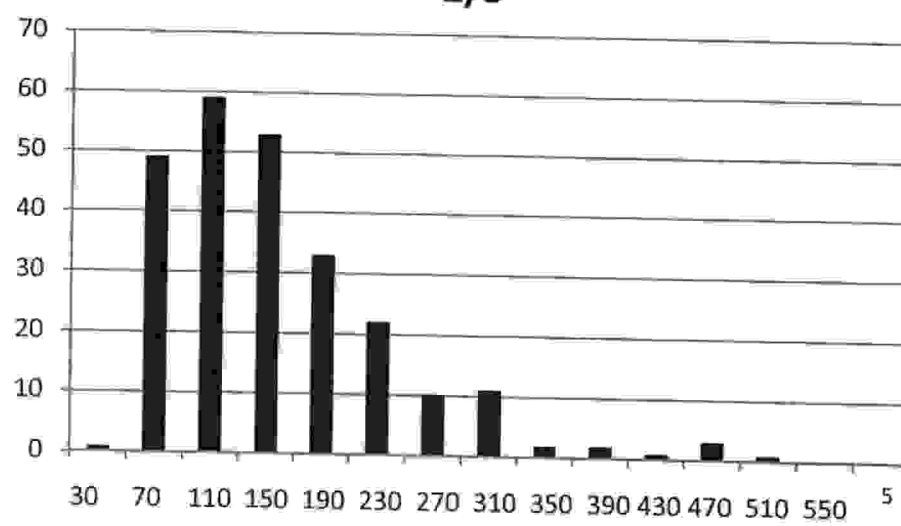


FIG. 2



1 μm

FIG. 3

3/3



1 μm

FIG. 4