(11) Número de Publicação: **PT 1192050 E**

(51) Classificação Internacional:
***B44C 1/22*** (2009.01) ***C23C 14/02*** (2009.01)
***B05D 3/04*** (2009.01)

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: **1999.06.16**

(30) Prioridade(s):

(43) Data de publicação do pedido: **2002.04.03**

(45) Data e BPI da concessão: **2010.12.29**
**030/2011**

(73) Titular(es):
**TDY INDUSTRIES, INC.**
**1000 SIX PPG PLACE PITTSBURGH, PA 15222** **US**

(72) Inventor(es):
**ROY V. LEVERENZ** **US**
**JOHN BOST** **US**

(74) Mandatário:
**ANTÓNIO JOÃO COIMBRA DA CUNHA FERREIRA**
**RUA DAS FLORES, Nº 74, 4º AND 1249-235 LISBOA** **PT**

(54) Epígrafe: **MÉTODO DE TRATAMENTO DE SUBSTRATOS**

(57) Resumo:
MÉTODO PARA REMOÇÃO DE UMA PORÇÃO DA FASE DE AGLUTINANTE DA SUPERFÍCIE DE UM SUBSTRATO QUE É COMPOSTO POR PARTÍCULAS DE, PELO MENOS, UMA PRIMEIRA FASE UNIDA ENTRE SI PELA FASE DE AGLUTINANTE, E EM QUE A SUPERFÍCIE É ERODIDA PELO CONTACTO DA MESMA COM UM DÉBITO DE GASES QUE CONSISTE NUM GÁS DE EROSÃO E NUM SEGUNDO GÁS. O SEGUNDO GÁS CONSISTE NUM OU MAIS GASES QUE NÃO IRÃO REAGIR COM O SUBSTRATO OU COM A FASE DE AGLUTINANTE REMOVIDA E NÃO IRÁ ALTERAR O ESTADO DE OXIDAÇÃO DO SUBSTRATO DURANTE A EROSÃO.

RESUMO

**"Método de tratamento de substratos"**

Método para remoção de uma porção da fase de aglutinante da superfície de um substrato que é composto por partículas de, pelo menos, uma primeira fase unida entre si pela fase de aglutinante, e em que a superfície é erodida pelo contacto da mesma com um débito de gases que consiste num gás de erosão e num segundo gás. O segundo gás consiste num ou mais gases que não irão reagir com o substrato ou com a fase de aglutinante removida e não irá alterar o estado de oxidação do substrato durante a erosão.

DESCRIÇÃO

# "Método de tratamento de substratos"

## CAMPO TÉCNICO E APLICAÇÃO INDUSTRIAL DO INVENTO

O presente invento refere-se a um método para erosão de substratos de materiais compósitos e outros substratos, e é também dirigido a um método para aplicação de revestimentos resistentes ao desgaste e outros a substratos de materiais compósitos e a outros substratos. O presente invento tem aplicação em qualquer campo, em que é vantajoso para melhorar a adesão de um revestimento do tipo resistente ao desgaste e outros a substratos. Os exemplos de campos de aplicação do presente invento incluem o fabrico e tratamento de matrizes utilizadas na estampagem, no punçoamento, na roscagem, e no corte de metais, e ao fabrico e tratamento de pastilhas de corte de metais utilizadas na fresagem, no torneamento, na brocagem, na perfuração e noutras operações de remoção de metal.

## ANTECEDENTES DO INVENTO

Os materiais compósitos, compostos por partículas de uma fase constituinte dura e uma ligação de fase de aglutinante das partículas em conjunto, são comuns e são referidos a seguir como "materiais compósitos" ou "substratos compósitos". Tais materiais podem ser também referidos como materiais compósitos "cimentados" e incluem, por exemplo, cerâmicas, materiais compósitos de metais e matérias cerâmicas, e carbonetos cimentados. Os carbonetos cimentados incluem, por exemplo, materiais compostos por um material duro em partículas, tais como, por exemplo, partículas de um ou mais de carboneto de tungsténio (WC), carboneto de titânio (TiC), carbonitretos de titânio (TiCN), carboneto de tântalo (TaC), o nitreto de tântalo (TAN), carboneto de nióbio (NbC), nitreto de nióbio (NBN), carboneto de zircónio (ZrC), nitreto de zircónio (ZrN), carboneto de háfnio (HFC) e de nitreto de háfnio (HFN) cimentados em conjunto por uma fase de aglutinante, que é composta predominantemente por um ou mais de cobalto, níquel e ferro.

As pastilhas de metal fabricadas com materiais compósitos são comummente utilizadas na maquinagem de corte de aparas de metal na indústria de maquinagem de metais. As pastilhas de corte de metais são, em geral, fabricadas a partir de partículas de carbonetos metálicos, em geral, de tungsténio, com a adição de carbonetos de outros metais, como, por exemplo, de nióbio, titânio, tântalo, e um aglutinante metálico de cobalto ou níquel. Os materiais de carboneto proporcionam elevada resistência, mas podem ainda ser desgastados rapidamente, quando utilizados, por exemplo, em fresagem e noutras operações de maquinagem de metais. Pelo depósito de uma camada fina de material resistente ao desgaste nas superfícies de trabalho de pastilhas de corte de carboneto cimentado, é possível aumentar a resistência ao desgaste das pastilhas sem afectar adversamente a tenacidade. Os revestimentos de pastilhas de carboneto cimentado resistentes ao desgaste comummente utilizados incluem, por exemplo, TiC, TiN, TiCN e $Al_2O_3$. Tais revestimentos resistentes ao desgaste reduzem a erosão e corrosão do material aglutinante das pastilhas.

A utilidade dos materiais compósitos revestidos, tais como carbonetos cimentados e revestidos é limitada pela força da adesão do revestimento resistente ao desgaste do material compósito. A ausência de adesão forte entre os revestimentos resistentes ao desgaste e as pastilhas de corte de metais faz com que a delaminação dos revestimentos a partir das pastilhas, diminuindo a vida útil das pastilhas. A presença de cobalto em superfícies das pastilhas aumenta também a tendência dos revestimentos e substratos a experimentarem a delaminação durante a utilização. Por conseguinte, seria vantajoso proporcionar um novo método para o aumento da adesão dos revestimentos resistentes ao desgaste a materiais compósitos. De modo mais amplo, seria vantajoso melhorar a adesão dos revestimentos resistentes ao desgaste e outros tipos de revestimentos a materiais compósitos e a outros tipos de substratos.

## RESUMO DO INVENTO

O presente invento proporciona um método de acordo com a reivindicação 1 das reivindicações anexas. O presente método

inclui o passo de erosão de, pelo menos, uma porção de uma superfície do substrato através do contacto da superfície com um escoamento de gás substancialmente isento de hidrogénio gasoso, que é composto por, pelo menos, um gás de erosão e um segundo gás durante um período de tempo que irá permitir a remoção da quantidade desejada da fase de aglutinante. O segundo gás compreende um ou mais gases que não irão reagir com o substrato ou o material aglutinante removido e que não irá alterar o estado de oxidação do substrato durante o passo de erosão. De preferência, o segundo gás consiste num ou mais gases que não irão reagir com o substrato ou com a porção removida do material aglutinante para formar depósitos de uma fase de $W_xCo_yC$ (onde x = y = 3-9 e 2-6), também referida aqui como uma fase η (eta), sobre o substrato.

O gás de erosão utilizado no presente método pode ser qualquer gás ou combinação de gases que irão remover de modo adequado a porção desejada da fase de aglutinante do substrato durante o passo de erosão. Os gases de erosão possíveis incluem o cloreto de hidrogénio gasoso, $H_2F_2$ gasoso e formas gasosas de qualquer dos elementos do Grupo VIIA. Outros gases de erosão possíveis e úteis no presente método serão evidentes para os especialistas na matéria uma vez que tenham tido em consideração o presente invento. O segundo gás pode ser, por exemplo, um ou mais gases seleccionados a partir do azoto gasoso, do hélio gasoso, do árgon gasoso e do néon gasoso. De preferência, o débito do gás é aplicado ao substrato durante o passo de erosão através da introdução de um débito de gás de erosão de modo co-corrente com um escoamento de gás numa segunda câmara que contém o substrato a uma pressão e temperatura, e por um tempo, que irá resultar na remoção da porção desejada da fase de aglutinante. Numa aplicação específica do presente método, o débito de gás é constituído por débitos simultâneos de cloreto de hidrogénio gasoso e azoto gasoso.

De preferência, durante o passo de erosão a fase de aglutinante é removida de uma superfície do substrato a uma profundidade de entre cerca de 3 mícron a cerca de 15 mícron, e mais, de preferência, a uma profundidade de entre cerca de 4 mícron a cerca de 6 mícron.

O método do presente invento é aplicado a substratos compósitos por um material compósito que compreende partículas de um componente de material duro e unidas entre si por um material aglutinante. Os exemplos de tais materiais compósitos incluem carbonetos cimentados e materiais compósitos de metais e materiais cerâmicos. O material aglutinante de tais materiais compósitos inclui o cobalto.

O presente invento está também dirigido para um método para aplicação de um revestimento a, pelo menos, uma porção da superfície de um substrato, de preferência, um substrato compósito, que inclui partículas constituintes de material duro unidas por um aglutinante. O método é realizado através da remoção de uma porção do aglutinante de uma superfície do substrato através do contacto da superfície com um débito de gás, que inclui um gás de erosão e um segundo gás, durante um período de tempo que irá remover a porção desejada de aglutinante. O efeito de erosão de superfície do gás de erosão proporciona uma superfície erodida no substrato e a superfície erodida irá incluir os vazios produzidos, à medida que o aglutinante é erodido para fora de entre as partículas constituintes duras. O segundo gás consiste num ou mais gases que não irão reagir com o substrato ou com a porção de aglutinante removida do substrato, e que não irá alterar o estado de oxidação do substrato durante o processo de corrosão. De preferência, o segundo gás não irá reagir durante o processo de corrosão para formar fase eta no interior dos vazios erodido na superfície do substrato. Num passo subsequente do método, é aplicado um revestimento, pelo menos, a uma porção da superfície erodida. Pelo menos, uma porção do revestimento é depositada no interior de, pelo menos, uma porção dos vazios na superfície erodida criada pela remoção.

Assim, o passo de erosão do presente invento pode ser precedido ou seguido por um ou mais passos adicionais, que incluem, por exemplo, o passo de depósito de um revestimento na superfície erodida do substrato produzido pelo passo de erosão. Devido ao revestimento se infiltrar nos vazios da superfície erodida do substrato, que foram produzidos pela remoção do material aglutinante durante o passo de erosão, é melhorada a adesão do revestimento ao substrato. De

preferência, o revestimento é o que aumenta a resistência ao desgaste do substrato, mas pode ser também seleccionado a partir de qualquer outro revestimento convencional de substratos. Os possíveis revestimentos resistentes ao desgaste, que podem ser aplicados no passo de revestimento do presente método, incluem os compostos de, por exemplo, um ou mais de TiC, TiN, TiCN, diamante, $Al_2O_3$, revestimento de fresagem MT (descrito em pormenor abaixo), TiAlN, HfN, HfCN, HfC, ZrN, ZrC, ZrCN, BC, $Ti_2B$, MoS, $Cr_3C_2$, CrN, CrCN, e CN.

Os substratos que foram produzidas pelo método do presente invento, podem ter, por exemplo, uma superfície erodida, produzida pelo passo de erosão anterior, e também pode ter um revestimento resistente ao desgaste ou de outro modo, o qual, pelo menos, se infiltra parcialmente nos vazios produzidos na superfície do substrato pelo passo de erosão do invento. O substrato inclui uma porção de superfície erodida que tem os vazios produzidos pela remoção de uma porção do material aglutinante da mesma, pelo contacto da porção de superfície com os débitos em co-corrente de, pelo menos, um gás de erosão adequado e um segundo gás. O segundo gás deve ser incapaz de reagir com o substrato ou com o material aglutinante removido ou alterar o estado de oxidação do substrato durante a erosão do material aglutinante. Um revestimento pode ser feito aderir a, pelo menos, uma porção da porção de superfície erodida do substrato e, pelo menos, uma porção do revestimento é depositada no interior de, pelo menos, uma porção dos vazios proporcionados na porção de superfície erodida.

Os exemplos das aplicações do método do presente invento incluem o fabrico e o tratamento de pastilhas de corte, matrizes, punções, e outros elementos resistentes ao desgaste utilizados em aplicações tais como: estampagem, punçoamento, roscagem, corte, fresagem, torneamento, brocagem, perfuração de metais e outras operações de remoção de metal; a mineração e a perfuração de petróleo, incluindo o fabrico ou o tratamento de brocas de mineração e perfuração utilizadas em paredes longas e por mineiros em perfurações de carvão, brocas de perfuração de tricone, percussão e topo (rooftop), para aplicações alisamento de estradas e outras semelhantes; aplicações de trabalhos em madeira, incluindo o fabrico ou o

tratamento de brocas e lâminas utilizadas em serragem, aplainamento, conformação e outras aplicações de trabalhos em madeira; estiramento, recalcamento e extrusão por impulso traseiro, incluindo o fabrico e tratamento de punções e matrizes, utilizados tais aplicações; rolos de laminação de barras; e ambientes de altamente corrosivos. Um exemplo de uma aplicação específica do presente invento é o fabrico e tratamento de artigos feitos a partir de ligas à base de tungsténio, contendo ferro, níquel, cobre e/ou cobalto. Tais artigos incluem, por exemplo, cargas para aeronaves, pontos de contacto eléctricos e eléctrodos.

O leitor irá apreciar os detalhes e vantagens anteriores do presente invento, bem como outros, tendo em consideração a descrição detalhada do invento que se segue. O leitor pode também compreender tais informações e vantagens adicionais do presente invento ao pôr em prática o invento.

## DESCRIÇÃO SUMÁRIA DOS DESENHOS

As características e vantagens do presente invento pode ser bem entendidas por referência às figuras anexas, nas quais:

a FIG. 1 é uma microfotografia de uma secção preparada de uma pastilha de corte de metais composta por material SD-5 revestido com o revestimento de fresagem MT (para fresagem e torneamento a temperaturas moderadas) resistente ao desgaste pelo método do presente invento;

as FIGS. 2a a 2c e 3a a 3c são microfotografias que mostram a condição de uma superfície de bordo de cada uma das três pastilhas de corte de metais, compostas por material SD-5 e revestidas com um revestimento de fresagem MT, após 10 e 18 passagens de fresagem, respectivamente;

as FIGS. 4a a 4c e 5a a 5c são microfotografias que mostram a condição de uma superfície de bordo de cada uma das três pastilhas de corte de metais não revestidas, compostas por material SD-5, após 10 e 18 passagens de fresagem, respectivamente;

as FIGS. 6a a 6c são microfotografias que mostram a condição de uma superfície de bordo de três pastilhas de corte de metais, compostas por material T-14 e revestidas por um revestimento de fresagem MT, pelo método do invento, após 4 passagens de fresagem;

as FIGS. 7a a 7c são microfotografias que mostram a condição de uma superfície de bordo das três pastilhas de corte de metais, compostas por material T-14, cada uma das pastilhas não erodida e não revestida, após quatro passagens de fresagem;

a FIG. 8 é uma microfotografia de uma pastilha de corte de metal composta por material H-91, revestido com um revestimento de fresagem MT, pelo método do presente invento;

a FIG. 9 é uma microfotografia que mostra a condição de uma pastilha de corte de metal, composta por material H-91 e revestida com um revestimento de fresagem MT, pelo método do invento, após uma passagem de fresagem;

a FIG. 10 é uma microfotografia que mostra a condição de uma pastilha de corte de metal, composta por material H-91 e revestida com um revestimento de fresagem MT em camadas de TiN/TiCN/TiN, totalizando cerca de 5 mícron (aplicado por DCV), após uma passagem de fresagem; e

as FIGS. 11a a 11d são microfotografias de uma secção preparada de uma parte de metal pesada, que contém partículas metálicas de tungsténio (cerca de 90 por cento em peso do peso total da parte) suspenso num aglutinante ferro/níquel (cerca de 10 por cento em peso do peso total da parte), que foi erodida e revestida com um revestimento de fresagem MT.

## DESCRIÇÃO PORMENORIZADA DO INVENTO

O substrato de material compósito a ser erodido, de acordo com o invento, inclui uma fase de um componente duro e inclui também uma fase de aglutinante que inclui cobalto. Os presentes inventores verificaram que o método do invento

aumenta a aderência do revestimento depositado subsequentemente no substrato de material compósito e inibe a delaminação do revestimento.

Acredita-se que, em relação aos métodos de revestimento de substratos de materiais compósitos conhecidos, o presente método melhora a adesão entre os substratos de materiais compósitos e os revestimentos resistentes ao desgaste, através da permissão de que os revestimentos se infiltrem na superfície do substrato. Para conseguir isto, uma porção da fase de aglutinante de uma região da superfície do substrato de material compósito é removida por um novo procedimento de erosão, de preferência, a uma profundidade na gama de cerca de 3 a cerca de 15 mícron (inclusive), deixando o as partículas duras constituintes na região de superfície substancialmente intactas. Os revestimentos resistentes ao desgaste aplicados sobre os substratos de materiais compósitos, que foram erodidos pelo presente método, infiltram-se nos vazios na região de superfície, criados pela remoção do aglutinante. Crê-se que a infiltração do revestimento aumenta a força adesiva entre o revestimento e o substrato de material compósito. Verificou-se que a adesão aumentada entre os revestimentos e os substratos de materiais compósitos obtidos pelo presente método, reduz as diferenças na expansão térmica entre os substratos e os revestimentos, melhora a resistência dos revestimentos à deformação, aumenta a resistência ao desgaste do revestimento e reduz a ocorrência de fissuração térmica.

Como aqui utilizado, a expressão “material compósito” refere-se a um material, com qualquer forma, que inclui, pelo menos, partículas de uma fase de um material constituinte duro, incluindo o tungsténio e o carbono, e uma fase de um material aglutinante, que inclui cobalto, que une entre si as partículas constituintes duras. O material compósito pode ser constituído, por exemplo, por carbonetos cimentados e materiais compósitos de metais e materiais cerâmicos. O material aglutinante do presente material compósito pode ainda incluir adicionalmente um de ou uma combinação de mais do que um de níquel, cobre e ferro. Para além do cobalto, do níquel, do cobre, e/ou do ferro, o material aglutinante pode incluir outros elementos e compostos como são conhecidas na

técnica. Tais outros elementos incluem, por exemplo, os pertencentes ao Grupo VIII da tabela periódica (elementos com números atómicos de 26 a 28, de 44 a 46 e de 76 a 78), zinco, tungsténio e rénio. As partículas do constituinte duro podem ser, por exemplo, partículas compostas por:

- um ou mais materiais de carboneto seleccionados a partir de carboneto de tungsténio (WC), carboneto de titânio (TiC), carboneto de tântalo (TaC), carbureto de nióbio (NbC), carboneto de vanádio (VC), carboneto de crómio ($Cr_3C_2$), carboneto de molibdénio (MOC) e carboneto de ferro (FeC);

- um ou mais carbonitretos e/ou nitretos de um ou mais dos metais refractários, incluindo carbonitretos de um ou mais de W, Ti, Ta, Nb, V, Cr, Mo e Fe;

- um ou mais óxidos e/ou boretos de um ou mais de alumínio, zircónio e magnésio, e

- um ou mais materiais de tungsténio com base em molibdénio, e materiais com base em tungsténio.

Como usado aqui, o termo “metais refractários” refere-se aos metais com um ponto de fusão extremamente alto, por exemplo, W, Mo, Ta, Nb, Cr, V, Re, Ti, Pt e Zr.

Para além de melhorar a adesão dos revestimentos resistentes ao desgaste dos materiais compósitos anteriores, acredita-se que o método do presente invento pode ser também utilizado para aumentar a adesão de revestimentos resistentes ao desgaste e de outros tipos para outros tipos de materiais, incluindo, por exemplo, metais pesados, ligas cerâmicas, $Si_3N_4$ e materiais cerâmicos compósitos, que têm uma fase que pode ser erodida pelo presente método. As identidades desses outros materiais podem ser facilmente determinadas por os especialistas comuns nas técnicas de revestimento de substratos. Para além disso, embora os exemplos que se seguem estejam direccionadas para a aplicação de revestimentos resistentes ao desgaste a material compósito e a outros substratos, será entendido que o presente método pode ser também utilizado para proporcionar melhor adesão a outros

tipos de revestimentos para tais substratos. Tais outros revestimentos incluem revestimentos que conferem propriedades desejáveis à superfície do substrato, tais como, por exemplo, revestimentos que aumentam a resistência do substrato à corrosão, incluindo a oxidação, ou que proporcionam uma aparência de superfície particular ao substrato. As identidades dos outros revestimentos que podem ser aplicados, utilizando o método do presente invento, serão prontamente evidentes aos especialistas comuns nas técnicas de revestimento de substratos, uma vez que tenham tido em consideração o invento.

O método em geral inclui, pelo menos, os seguintes passos:

1. Colocação de um substrato de material compósito a ser revestido numa câmara de um forno de deposição vapores químicos.

2. Erosão da totalidade ou de uma porção da fase de aglutinante numa região de superfície do substrato de material compósito a uma profundidade de cerca de 3 mícron a cerca de 15 mícron pelo contacto da região de superfície com uma mistura que compreende um gás de erosão e um gás inerte, tal como o azoto gasoso. (O gás de erosão pode ser seleccionado a partir, por exemplo, de cloreto de hidrogénio gasoso, de $H_2F_2$ gasoso, ou da forma gasosa de qualquer dos elementos do Grupo VIIA. Outros gases de erosão adequados serão evidentes para os especialistas comuns na técnica, ou podem ser determinados por tais especialistas sem experimentação indevida, e será entendido que a identidade de tais gases de erosão alternativos adequados dependerá da composição específica do material a ser erodido. A mistura gasosa é aplicada na superfície do material a ser erodido em condições e por um tempo adequado para remover a quantidade desejada de fase de aglutinante a partir do material. Tais condições e tempos podem ser facilmente verificados, sem experimentação significativa, pelos especialistas comuns nas técnicas de revestimento de substratos).

3. Purga da câmara com um débito de um gás inerte (“inerte” significa que o mesmo não vai reagir com o material aglutinante), como, por exemplo, azoto, árgon ou hélio gasosos.

4. Revestimento da região erodida do substrato de material compósito com, pelo menos, uma camada de um material resistente ao desgaste, pela introdução de uma forma gasosa reactiva do material resistente ao desgaste na câmara em condições que vão resultar na deposição do material resistente ao desgaste na região erodida. (Tais condições, as quais incluem em geral parâmetros tais como os débitos do gás reactivo, a pressão de gás nas câmaras, a temperatura da câmara e/ou do substrato, e o tempo da reacção podem ser facilmente verificada pelos especialistas comuns nas técnicas de revestimento de substratos, uma vez que tenham tido em consideração o presente invento.

Embora o método do invento tenha sido descrito anteriormente como sendo realizado numa câmara de forno de deposição de vapores químicos (CVD), deverá ser entendido que o passo de erosão pode ser realizado em qualquer câmara que seja selada em relação ao ambiente e dentro da qual possa ser introduzido um débito de gases. Uma vantagem da realização do processo num forno CVD é que os passos de erosão, de remoção e de revestimento podem ser realizados sequencialmente na câmara do forno, sem a necessidade de mover os materiais compósitos de uma câmara para outra durante o processo. Assim, o método do invento pode ser programado como parte de um ciclo completo no forno CVD e conseguido numa passagem. Este aspecto do invento proporciona uma vantagem distinta em relação os procedimentos, nos quais é utilizada uma solução de erosão líquida para remover o material de fase de aglutinante devido a tais soluções líquidas não poderem ser introduzidas na mesma câmara, utilizada para revestir o substrato por um processo CVD ou PVD. Verificou-se também que o substrato pode ser mantido limpo e a profundidade da erosão pode ser melhor controlada quando se utiliza um material de erosão gasoso em vez de um material de erosão líquido.

O passo de erosão da fase de aglutinante do substrato de material compósito deve remover, de preferência, o material aglutinante a uma profundidade de cerca de 3 a cerca de 15 mícron e, mais de preferência, de cerca de 4 a cerca de 6 mícron, na superfície do substrato. Se uma profundidade de erosão for demasiado rasa a erosão não proporciona uma melhoria significativa da adesão do revestimento. Se a profundidade da erosão for demasiadamente grande é enfraquecida a superfície do substrato. O tempo de erosão pode variar de modo a ter em conta as diferenças na susceptibilidade da fase de aglutinante particular a ser removida pelos gases de erosão. Os especialistas comuns nas técnicas de revestimento de substratos podem determinar facilmente o tempo de erosão necessário para proporcionar uma profundidade de erosão desejada para um substrato particular. A temperatura do substrato, à qual deve ser realizado o passo de erosão para remover a quantidade desejada de material aglutinante irá também depender do carácter do aglutinante, mas pode ser facilmente determinado.

Os depósitos de uma fase de $W_xCo_yC$ (em que x = 3 a 9 e y = 2 a 6), também conhecida como fase η (eta), podem formar-se na superfície dos substratos de materiais compósitos. A fase eta é uma fase dura e frágil com défice de carbono que pode ser facilmente fracturada e pode ser produzida quando da erosão de substratos que incluem tungsténio, carvão, cobalto e manganês. A presença da fase eta degrada significativamente as propriedades dos substratos de materiais compósitos utilizados nas aplicações de remoção de material (isto é, o corte, a brocagem, a roscagem, a perfuração, etc.), e, portanto, a geração da fase eta deve ser, de preferência, evitada durante a erosão e o revestimento dos substratos de materiais compósitos e outros substratos pelo ajustamento apropriado das condições de erosão e de revestimento. Por exemplo, em relação aos substratos de materiais compósitos que incluem o aglutinante de níquel, os substratos de materiais compósitos que têm aglutinante de cobalto devem ser erodidos a temperaturas mais baixas do substrato, a fim de inibir a formação da fase eta na superfície do substrato. Os inventores determinaram também que se o hidrogénio gasoso estiver presente durante um passo de erosão, que emprega um material de erosão gasoso, o hidrogénio pode combinar-se com

qualquer carbono presente como WC e qualquer cobalto no interior do material de substrato e irá, desse modo, tornar o WC deficiente em carbono, o que resulta na formação de uma fase eta. Uma reacção possível representativa da formação de uma fase eta é como se segue:

$$3\ WC_{(s)} + 4H_{2(g)} + 3\ Co_{(s)} \rightarrow 2CH_{4(g)} + W_3Co_3C_{(s)}$$

A fase eta não converte o $CoCl_2$, como é requerido para os elementos precursores da fase eta para deixar a superfície do substrato como um gás. Os inventores concluíram que a formação da fase eta é significativamente inibida quando se utiliza azoto ou certos outros gases em substituição do hidrogénio gasoso, utilizado em conjunto com o gás de erosão durante o passo de erosão. Uma representação de uma reacção possível que ocorre durante a erosão de um material compósito que contém cobalto por meio de um cloreto de hidrogénio gasoso de erosão, e em que o gás de erosão não é aplicado ao material em combinação com o hidrogénio gasoso, acredita-se ser como se segue:

$$Co_{(s)} + HCl_{(g)} \rightarrow CoCl_{2(g)} + H_{2(g)}$$

O $CoCl_2$ é um produto gasoso que é arrastado para fora do forno de revestimento durante o passo de purga.

Por conseguinte, os inventores verificaram que o passo de erosão de um substrato, que inclui tungsténio, carbono, e uma fase de aglutinante que inclui cobalto, não será conseguido satisfatoriamente se a mistura de erosão gasosa incluir o hidrogénio gasoso. Por exemplo, quando da erosão da fase de aglutinante de uma pastilha de corte de material compósito composta por partículas de carboneto de tungsténio num aglutinante composto predominantemente por cobalto, utilizando uma mistura de erosão gasosa de cloreto de hidrogénio e hidrogénio gasosos, o resíduo de cobalto permanece nos vazios erodidos entre as partículas de carboneto de tungsténio e a fase eta indesejável pode ser formada, reduzindo significativamente a tenacidade do substrato. Os inventores verificaram que o azoto gasoso pode ser vantajosamente substituído por hidrogénio gasoso para evitar a formação da fase eta. De modo mais abrangente, para

assegurar melhor a remoção do material aglutinante erodido, de modo a evitar a formação da fase eta sobre as superfícies de substrato, os gases que pode substituir o hidrogénio gasoso na mistura gasosa utilizada no passo de erosão do substrato, incluem os seleccionados de um ou mais do azoto gasoso e de outros gases que não reagem com o substrato ou com aglutinante removido e que não alteram o estado de oxidação do substrato. Acredita-se que esses outros gases incluem, por exemplo, hélio, árgon e néon gasosos.

As representações anteriores das reacções que podem ocorrer durante o processo de erosão são proporcionadas apenas para ilustrar melhor os mecanismos de reacção possíveis, e não devem ser consideradas como limitando de qualquer maneira o âmbito do invento.

Como explicado acima, o gás de erosão, que pode ser utilizado no passo de erosão do método do presente invento, pode ser qualquer gás que irá remover adequadamente até à profundidade desejada a fase de aglutinante numa região de superfície do substrato de material compósito que deve ser erodida. Os gases de erosão incluem, por exemplo, o HCl gasoso, o $F_2H_2$, e a forma gasosa de qualquer um dos elementos do grupo VIIA da tabela periódica de elementos.

O passo de purga, que ocorre após o passo de erosão, é necessário para retirar quaisquer produtos da reacção de erosão e qualquer material de erosão remanescente na câmara, e reduzir qualquer risco de explosão. Qualquer gás ou combinação de gases que removam adequadamente os produtos reagentes e os gases de erosão remanescentes e que não irão reagir com o aglutinante ou as partículas duras constituintes do material compósito pode ser utilizado como gás de purga. Os gases de purga adequados incluem, por exemplo, um ou mais de azoto, hélio e árgon gasosos.

Uma vez erodido, o substrato pode ser então revestido com um material resistente ao desgaste ou outro revestimento por qualquer processo convencional de revestimento de substratos compósitos. Tais processos incluem, por exemplo, os processos CVD, PVD, de arco de plasma e de super retículo. Ainda outros procedimentos de revestimento de materiais

compósitos irão ser prontamente evidentes aos especialistas comuns nas técnicas de revestimento de substratos. Todos esses outros processos de revestimento adequados podem ser utilizados no presente método, subsequentes ao procedimento de erosão de gás. Qualquer processo de revestimento utilizado para depositar o material resistente ao desgaste sobre um substrato de material compósito erodido pelo procedimento do presente método é realizado sob condições pelas quais o material resistente ao desgaste pode, pelo menos parcialmente, infiltrar-se nos espaços vazios no material compósito, criados pela remoção do material aglutinante. Um especialista normal pode facilmente determinar tais condições, sem experimentação indevida.

Num nível básico, o presente invento é dirigido a um método para a remoção de material aglutinante de uma região de um material compósito, e o método do invento não necessita de incluir o passo revestimento subsequente. Um substrato compósito, que tem uma superfície rugosa, pode ser produzido por um tal método. Os substratos compósitos podem ser utilizados numa variedade de aplicações conhecidas, que incluem, por exemplo, as esferas das canetas esferográficas, em que uma superfície rugosa proporciona um aumento da tracção. Além disso, os substratos podem ser erodidos pelo método presente e depois revestidos em algum momento posterior e/ou instalação diferente, em vez de um procedimento único em que os passos de erosão e de revestimento são combinados. Um exemplo de um revestimento que pode ser aplicado num processo retirado no tempo do processo de erosão e/ou numa outra instalação é um revestimento de diamante.

São apresentados a seguir exemplos reais, que ilustram as concretizações do método do presente invento. Os seguintes exemplos são apenas exemplos ilustrativos, e não devem ser de qualquer maneira considerados como limitativos do âmbito do presente invento.

**Exemplo 1**

Um forno de revestimento CVD Bernex 250 foi preparado através da introdução no interior da câmara de revestimento

do forno de um débito de 10 l/min de hidrogénio gasoso (litros/minuto), para estabelecer uma pressão de hidrogénio gasoso de 200 mbar no interior da câmara. A câmara foi então aquecida a 850°C. Um substrato compósito de carboneto cimentado composto por material da qualidade H-91 disponível a partir Stellram, LaVergne, Tennessee, foi colocado na câmara de forno preparada e a atmosfera da câmara foi aquecida a 850°C. O material de qualidade H-91 é composto por 88,5 por cento em peso de carboneto de tungsténio, 11,0 por cento em peso cobalto e 0,5 por cento em peso de uma mistura de TiC, TaC e NbC. O material apresenta uma dureza de 89,7 HRA, uma massa volúmica de 14,40 g/cm$^3$ e uma resistência transversal à ruptura de cerca de 389 000 psi.

Foi, então, parado o débito de hidrogénio gasoso, e um débito em co-corrente de 20 l/min de azoto gasoso e 1 l/min de cloreto de hidrogénio gasoso foi introduzido na câmara para proporcionar uma pressão na câmara de 800 mbar. O aglutinante foi erodido até uma profundidade de cerca de 5 mícron na superfície do substrato pela passagem do débito de gás $N_2$/HCl em co-corrente na câmara durante 25 minutos, e depois a interrupção do débito de HCl gasoso. Mantendo ao mesmo tempo a atmosfera da câmara a 850°C, a câmara foi então purgada durante 15 minutos, prosseguindo o débito de 20 l/min de $N_2$ gasoso, estabelecendo ao mesmo tempo uma pressão de câmara de 60 mbar.

Após a purga da câmara, e sem a remoção do substrato erodido da câmara, o substrato erodido foi revestido com um revestimento de fresagem e torneamento de temperatura moderada (aqui referida como “revestimento de fresagem MT”), o qual é um revestimento de pastilhas de camadas múltiplas que consiste de duas camadas de TiN de cerca de 1 mícron com uma camada de TiCN de cerca de 3 mícron disposta entre as duas camadas de TiN. O revestimento de fresagem MT foi depositado sobre o substrato através da introdução na câmara do forno de débitos de gases que irão produzir revestimentos de TiN, TiCN e TiN em seguida, nesta ordem, como se segue.

Antes do procedimento de revestimento começar, a atmosfera da câmara foi aquecida a 920°C e a pressão na câmara foi reposta a 160 mbar. Depois dessa pressão ter sido

estabelecida, foi proporcionada uma primeira camada de TiN sobre o substrato, pela iniciação de um débito de 9 l/min de azoto gasoso, aumentando o débito do hidrogénio gasoso para 14 l/min, e a iniciação de um débito de 2,1 ml/min de gás $TiCl_4$. Foram permitidos que os débitos em co-corrente dos três gases prosseguissem durante 60 minutos, tendo sido a pressão da câmara mantida a cerca de 160 milibares. Durante o período de 60 minutos, a temperatura do forno foi sendo reduzida de 5 a 10°C a cada quinze minutos, de modo a ser de aproximadamente 895°C no final do período.

O revestimento de TiCN interposto foi produzido através da redução do débito do azoto gasoso para 8 l/min, e depois a reposição da pressão na câmara a 60 mbar. O débito de $TiCl_4$ gasoso foi então elevado para 2,4 ml/min. Logo que todos os débitos estavam constantes, foi iniciado um débito de $CH_3CN$ gasoso, gerado pela vaporização um débito de 0,3 a 0,4 ml/min do débito de $CH_3CN$ líquido. Os débitos gasosos em co-corrente continuaram durante 2 horas, durante a primeira hora dos quais a temperatura do forno foi reduzida para 870°C. No final do período de duas horas, os débitos de gases $CH_3CN$ e $TiCl_4$ foram descontinuados.

Para preparar para a deposição da segunda camada de TiN, foi descontinuado o débito de azoto gasoso, foi estabelecida a pressão de 500 mbar na câmara, o débito de hidrogénio gasoso foi reposto em 12 l/min e a temperatura do forno foi estabelecida em 940°C. Quando essa temperatura foi atingida, a pressão foi ajustada para 60 mbar, o débito de hidrogénio gasoso foi reposto em 10,5 l/min, o débito de azoto gasoso foi reposto em 4,5 l/min, e o débito de $TiCl_4$ gasoso foi reposto em 1,4 ml/min. Ao ser atingido débito de $TiCl_4$ gasoso alvo de 1,4 l/min de, os débitos continuaram à temperatura durante 30 minutos, momento em que a pressão foi reposta em 800 mbar e os débitos de gás continuaram ainda por 30 minutos. O forno foi então purgado pelo corte do débito de $TiCl_4$, repondo a pressão da câmara em 600 mbar, elevando o débito de hidrogénio gasoso para 12 l/min e baixando o débito de azoto gasoso para 3,5 l/min. Os débitos de gás repostos continuaram durante quinze minutos. O forno foi então sujeito a um procedimento de arrefecimento.

Foi observado que o revestimento de fresagem MT se infiltrou, pelo menos, numa porção dos vazios erodidos na superfície do substrato.

**Exemplo 2**

O forno CVD Bernex 250 utilizado no Exemplo 1 foi preparado, utilizando o procedimento descrito nesse exemplo. Um substrato materiais compósitos de metais e matérias cerâmicas composto por material SD-5, (um material fora do âmbito da matéria reivindicada), mas que tem o mesmo tamanho e forma do substrato do Exemplo 1, foi colocado dentro do forno de revestimento e a atmosfera do forno foi aquecida a 920°C. O material SD-5 é um material da qualidade dos materiais compósitos de metais e matérias cerâmicas disponível a partir Stellram, LaVergne, no Tennessee, e é composto por partículas de TiCN e $Mo_2C$ num aglutinante Co/Ni. O material SD-5 tem a composição elementar aproximada de 45,2 Ti, 22,6 Mo, 10,9 C, 2,3 N, 19,0 Ni e apresenta as seguintes propriedades mecânicas aproximadas: 91,8 de dureza HRA, 6,30 $g/cm^3$ de massa volúmica e uma resistência transversal à ruptura de 300 000 psi. Após o aquecimento da atmosfera do forno a 920°C, o aglutinante de Co/Ni foi então erodido até uma profundidade de 5 mícron da superfície do substrato com base nos débitos simultâneos de cloreto de hidrogénio e de azoto gasosos com os débitos, a pressão e o tempo de reacção utilizados no Exemplo 1 acima. A câmara do forno foi então purgada utilizando um débito de 20 1/min de $N_2$ gasoso durante 15 minutos a uma pressão de câmara de 60 milibares. O compósito erodido foi então revestido com um revestimento de fresagem MT, utilizando o procedimento do Exemplo 1. O revestimento de fresagem MT infiltrou-se na vazios erodidos a uma profundidade de cerca de 5 mícron ± aproximadamente 1 mícron, e com aproximadamente 1 mícron de revestimento disposto por cima da superfície do substrato.

**Exemplo 3**

Três pastilhas de corte Stellram do tipo SEKN-42-AF4B compostas por material SD-5 (como descrito no Exemplo 2 e fora do âmbito do invento reivindicado) foram primeiro

erodidas e depois revestidas com o revestimento de fresagem MT pelo procedimento seguinte.

A câmara do forno CVD foi preparada utilizando o procedimento descrito no Exemplo 1. O pastilhas de corte SD-5 foram então inseridas na câmara do forno e foi erodidas utilizando o procedimento do Exemplo 2. Uma vez erodidas, as pastilhas foram revestidas com revestimento de fresagem MT pelo procedimento do Exemplo 1. O revestimento de fresagem MT produzido sobre as pastilhas erodidas pelo procedimento anterior foi de aproximadamente 5 mícron de espessura e a superfície da camada de TiN infiltrou os vazios erodidos nas superfícies das pastilhas. O revestimento prolongou-se aproximadamente 5 mícron acima das superfícies das pastilhas. A FIG. 1 é uma microfotografia (2040X) de um secção transversal preparada através da superfície de uma das pastilhas SD-5 erodida e revestida. A microfotografia mostra a infiltração do revestimento de fresagem MT nos vazios erodidos na superfície da patilha. A infiltração do revestimento no interior dos vazios aumentou a aderência do revestimento à pastilha e melhorou a resistência do revestimento aos choques térmicos.

Três pastilhas SD-5 erodidas e revestidas e três pastilhas do mesmo tipo que não foram erodidas e sem revestimento foram inseridas ao mesmo tempo numa ferramenta de corte Teledyne (Lavergne, Tennessee) HSM-3E4-45 EZ de seis pastilhas, que foi então instalada numa máquina de fresagem Bridgeport de 2 HP e testadas nas seguintes condições de fresagem:

aço 8620 com a dureza Rockwell C 20-25
800 pé por minuto superficial
0,050 polegada de profundidade de corte
0,004 a 0,005 polegada por dente (velocidade de alimentação)
16,5 polegada de comprimento de corte
2,5 polegada de largura de corte

As pastilhas SD-5 foram retiradas e inspeccionada após cada duas passagens de fresagem de 16,5 polegada. Após as duas primeiras passagens, uma pastilha SD-5 não revestida

tinha um início de fissura térmica e as cinco pastilhas SD-5 remanescentes não apresentavam fissuras térmicas. Após dez passagens, todas as três pastilhas SD-5 não erodidas/não revestidas exibiram uma ou mais fissuras térmicas, enquanto apenas uma pastilha SD-5 erodida e revestida exibia uma única fissura térmica. Os testes de fresagem foram concluídos após 18 passagens, altura em que cada pastilha não erodida/não revestida exibia 2 a 4 fissuras térmicas nos seus bordos utilizados, enquanto apenas uma fissura térmica existia numa pastilha erodida e revestida. As condições de uma superfície de bordo de cada uma das três pastilhas SD-5 erodidas/revestidas após 10 e 18 passagens são mostradas nas FIGS. 2a-c e 3a-c, respectivamente. As condições de bordo utilizadas das três pastilhas SD-5 não erodidas/não revestidos após 10 e 18 passagens estão mostradas nas FIGS. 4a-c e 5a-c, respectivamente.

**Exemplo 4**

Três pastilhas de corte Stellram SEKN-42-AF4B compostas por material T-14 foram erodidas e depois revestidas com um revestimento de fresagem MT pelo método utilizado no Exemplo 3. O material T-14 é um material de qualidade de fresagem disponível a partir Stellram (LaVergne, Tennessee), que tem uma composição nominal composta por 70 por cento em peso de carboneto de tungsténio e 20 por cento em peso de uma combinação de carboneto de tântalo, nióbio e carboneto de titânio. As partículas do material anterior são unidas entre si por um aglutinante de cobalto, que constitui 10 por cento em peso do peso total do material. O material T-14 apresenta tipicamente uma dureza de 91,20 HRA, uma massa volúmica de 12,43 g/cm3, e com uma resistência transversal média à ruptura de 296 000 psi.

As três pastilhas T-14 erodidas e revestidas e as três pastilhas T-14 não erodidas e não revestidas do mesmo tipo foram inseridas ao mesmo tempo num dispositivo de corte para corte HSM-3E4-45 EZ de seis pastilhas, instalado num máquina de fresagem Bridgeport de 2 HP, e testados sob as seguintes condições de fresagem:

aço 4140 com dureza Rockwell C de 40-45
500 pé por minuto superficiais
0,050 polegada de profundidade de corte
0,004 a 0,005 polegada por dente (velocidade de alimentação)
14 polegada de comprimento de corte
2,5 polegada de largura de corte

Após quatro passagens nas condições acima, as regiões de profundidade de corte das pastilhas T-14 erodidas e revestidas não mostraram qualquer evidência de fissuração térmica ou deformação, quando analisadas num microscópio de 40x. Após quatro passagens todas as pastilhas T-14 não erodidas e não revestidas exibiram numerosas fissuras térmicas com uma pastilha na fase de ruptura por fissura térmica. Como utilizado aqui, a expressão "ruptura por fissura térmica" é o ponto, no qual duas ou mais fissuras térmicas se ligam e imediatamente antes das fracturas da superfície da pastilha. As microfotografias que mostram a condição da região de corte em profundidade das três pastilhas T-14 erodidas e revestidas e das três pastilhas T-14 não erodidas e não revestidas são mostradas nas FIGS. 6a-c e 7a-c, respectivamente. O teste demonstrou que utilizando o método do presente invento para erodir os substratos compósitos com o aglutinante de cobalto a uma profundidade de 10 mícron e, depois revestir o substrato proporciona uma pastilha revestida que mostra uma resistência de bordo significativa e resistência melhorada em relação à delaminação do revestimento/bordo, à lascagem do revestimento e à fractura de bordo. Resultados semelhantes aos testes de fresagem das pastilhas SD-5 do Exemplo 3 foram conseguidos na medida em que os substratos T-14 erodidos e revestidos pelo método do presente invento proporcionaram uma resistência aumentada à fissuração térmica do material à base de cobalto.

**Exemplo 5**

Foram obtidas pastilhas de corte Stellram tipo SEKN-42-AF4B compostas por material de qualidade H-91. Metade das pastilhas de H-91 foram revestidas com o revestimento de fresagem MT num forno Bernex 325, utilizando um procedimento automático substancialmente semelhante ao procedimento de

revestimento de fresagem MT descrito acima, de modo a proporcionar um revestimento em camadas sobre as pastilhas compostas por aproximadamente 1 mícron de TiN, aproximadamente 3 mícron de TiCN, e depois 1 mícron de TiN, sendo todas essas espessuras aproximadas. As pastilhas de qualidade H-91 remanescentes foram erodidas num forno CVD Bernex 250, utilizando o procedimento do Exemplo 1 e as pastilhas erodidas foram, então, revestidas com o revestimento de fresagem MT no forno pelo procedimento descrito no Exemplo 3. As espessuras efectivas do revestimento total de fresagem MT foram determinadas como sendo 6,2 mícron para as pastilhas não erodidas/revestidas e 5,4 mícron para as pastilhas erodidas/revestidas. Uma microfotografia da superfície revestida de uma das pastilhas de H-91 erodida e revestida é mostrada na FIG. 8. A figura demonstra a infiltração do revestimento no interior das superfícies das pastilhas erodidas.

Pastilhas H-91 simples erodidas/revestidas ou não erodidas/revestidas foram instaladas num dispositivo de corte para corte Teledyne HSM-5E4-45 de 5 polegada de diâmetro EZ, instalado numa máquina de fresagem Kearney-Trecker de 25 HP, e testadas nas seguintes condições de fresagem:

ferro fundido nodular ASTM A536 (UNS unificado F-33100),
875 pé por minuto superficial
0,125 polegada de profundidade de corte
0,008 pé por dente
20 polegada de comprimento de corte
4 polegada de largura do corte

Cada pastilha foi retirada após uma passagem e examinada. Após uma passagem, cada uma das pastilhas testadas não erodida/revestida exibiram 6 a 7 fissuras térmicas, enquanto as pastilhas que tinham sido erodidas e revestidas pelo método do presente invento apresentaram apenas uma única fissura térmica. As microfotografias de 30X de uma pastilha H-91 erodida/revestida após uma passagem de fresagem e uma pastilha não erodida/revestida após uma passagem de fresagem são proporcionadas como as FIGS. 9 e 10, respectivamente.

Este exemplo 5, comparou pastilhas compostas por materiais de base idênticos e revestimentos idênticos, sendo a única diferença significativa que as amostras de teste de um conjunto foram em primeiro lugar erodidas pelo método presente e o revestimento de fresagem MT infiltrou-se nos interstícios resultantes nas superfícies das pastilhas. As pastilhas erodidas e infiltradas exibiram resistência significativamente aumentada à fissuração térmica em relativa às pastilhas não erodidas revestidas.

**Exemplo 6**

Uma parte de metal pesada contendo 90 por cento em peso de partículas metálicas de tungsténio suspensas em 10 por cento em peso de aglutinante de ferro/níquel (um material fora do âmbito da matéria reivindicada), foi erodida e revestida com um revestimento de fresagem MT, utilizando os procedimentos como descrito em geral nos exemplos anteriores, que envolvem a pastilha composta por material SD-5. São mostradas microfotografias de 21X das secções da parte de metal erodida e revestida, tiradas através da superfície revestida nas FIGS. 11a-11d. As microfotografias mostraram a infiltração do revestimento nos vazios erodidos do aglutinante de ferro-níquel da parte de metal.

Em cada um dos exemplos 1, 4 e 5 anteriores, os substratos de material compósito que foram erodidos, utilizando o método do presente invento não conseguiram evidenciar a formação de uma fase eta.

Lisboa, 2011-02-04

# REIVINDICAÇÕES

1 - Método que compreende:

o fornecimento de um substrato que compreende um material compósito que compreende partículas de um material constituinte duro, que inclui tungsténio e carbono, unidos entre si por uma fase de aglutinante que inclui cobalto; e

a erosão de uma superfície do referido substrato, em que o referido passo de erosão compreende o contacto da referida superfície com um escoamento de gás substancialmente livre de hidrogénio gasoso e que compreende um gás de erosão e um segundo gás, durante um período de tempo que irá remover uma porção da referida fase de aglutinante, compreendendo o referido o segundo gás um ou mais gases que não reagem com o referido substrato ou com a referida porção e que não irão alterar o estado de oxidação do referido substrato, durante o referido passo de erosão.

2 - Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o referido segundo gás não reagir com o referido substrato durante o referido passo de erosão para formar uma fase eta sobre a referida superfície.

3 - Método de acordo com a reivindicação 1 ou a reivindicação 2, caracterizado por o referido segundo gás ser seleccionado a partir de um ou mais de azoto gasoso, hélio gasoso, árgon gasoso e néon gasoso.

4 - Método de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizado por o referido gás de erosão ser seleccionado a partir de um ou mais de cloreto de hidrogénio gasoso, $H_2F_2$ gasoso, $F_2$ gasoso, $Cl_2$ gasoso, $Br_2$ gasoso e $I_2$ gasoso.

5 - Método de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizado por o referido débito de gás incluir cloreto de hidrogénio gasoso e azoto gasoso.

6 – Método de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizada por no referido passo de erosão a referida fase de aglutinante ser removida da referida superfície de uma profundidade de entre cerca de 3 mícron a cerca de 15 mícron.

7 – Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por no referido passo de erosão a referida fase de aglutinante ser removida da referida superfície de uma profundidade de entre cerca de 4 mícron a cerca de 6 mícron.

8 – Método de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizado por o referido material compósito ser seleccionado a partir de carbonetos cimentados e de materiais compósitos de metais e matérias cerâmicas.

9 – Método de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 7, caracterizado por o referido material constituinte duro compreender um ou mais materiais seleccionados do grupo que consiste em:

um material de carboneto seleccionado do grupo que consiste em carboneto de tungsténio, carboneto de titânio, carboneto de tântalo, carboneto de nióbio, carboneto de vanádio, carboneto de crómio, carboneto de molibdénio e carboneto de ferro;

um carbonitreto de um metal refractário;

um nitreto de um metal refratário;

um carbonitreto de um elemento seleccionado do grupo que consiste em W, Ti, Ta, Nb, V, Cr, Mo e Fe;

um óxido de um elemento seleccionado do grupo que consiste em alumínio, zircónio e magnésio;

um boreto de um elemento seleccionado do grupo que consiste em alumínio, zircónio e magnésio, e

um material seleccionado do grupo que consiste em tungsténio, um material que contem molibdénio e um material que contem tungsténio.

10 - Método de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizado por a referida fase de aglutinante compreender um ou mais materiais seleccionados do grupo que consiste em cobalto, níquel, ferro, elementos dentro do Grupo VIII da tabela periódica, cobre, tungsténio, zinco e rénio.

11 - Método de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizado por o referido material constituinte duro compreender carboneto de tungsténio e em que a referida fase de aglutinante compreende cobalto.

12 - Método de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizado por o referido passo de erosão ocorrer dentro de uma câmara, no interior da qual é introduzido o referido débito de gás.

13 - Método de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, que compreende ainda a aplicação de um revestimento a, pelo menos, uma porção da referida superfície erodida, compreendendo a referida superfície erodida vazios, produzidos pela remoção da referida porção da referida fase de aglutinante, sendo, pelo menos, uma porção do referido revestimento depositada no interior de, pelo menos, uma porção dos referidos vazios na referida superfície erodida.

14 - Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado por o referido revestimento aumentar a resistência ao desgaste do referido substrato.

15 - Método de acordo com a reivindicação 13 ou a reivindicação 14, caracterizado por o referido revestimento ser composto por um ou mais materiais seleccionados do grupo que consiste em TiC, TiN, TiCN, diamante, $Al_6O_3$, TiAIN, HfM, HfCN, HfC, ZrN, ZrC, ZrCN, BC, $Ti_2B$, MOS, $Cr_3C_2$, CrCN, CrN e CN.

16 – Método de acordo com qualquer das reivindicações 13 a 15, caracterizado por o referido revestimento ser um revestimento de fresagem MT.

17 – Método de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizado por o referido substrato ser seleccionado do grupo constituído por pastilhas de corte de metais, matrizes, punções, cunhos, dispositivos de roscagem, dispositivos de corte, dispositivos de fresagem, dispositivos de torneamento, dispositivos de brocagem, dispositivos de perfuração, brocas de mineração, pontas brocagem, brocas de tricones, brocas de percussão, dispositivos de alisamento de estradas, brocas para trabalhos em madeira, lâminas para trabalhos em madeira, dispositivos de estiramento, dispositivos de recalcamento, dispositivos extrusão por impulso traseiro, dispositivos rolos de laminagem de barras, e partes de desgaste utilizadas em ambientes corrosivos.

18 – Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado por o referido revestimento ser um revestimento de camadas múltiplas resistente ao desgaste, em que o referido revestimento de camadas múltiplas resistente ao desgaste compreende duas camadas de TiN de aproximadamente 1 mícron com uma camada de TiCN de aproximadamente 3 mícron, disposta entre as duas camadas de TiN.

Lisboa, 2011-02-04

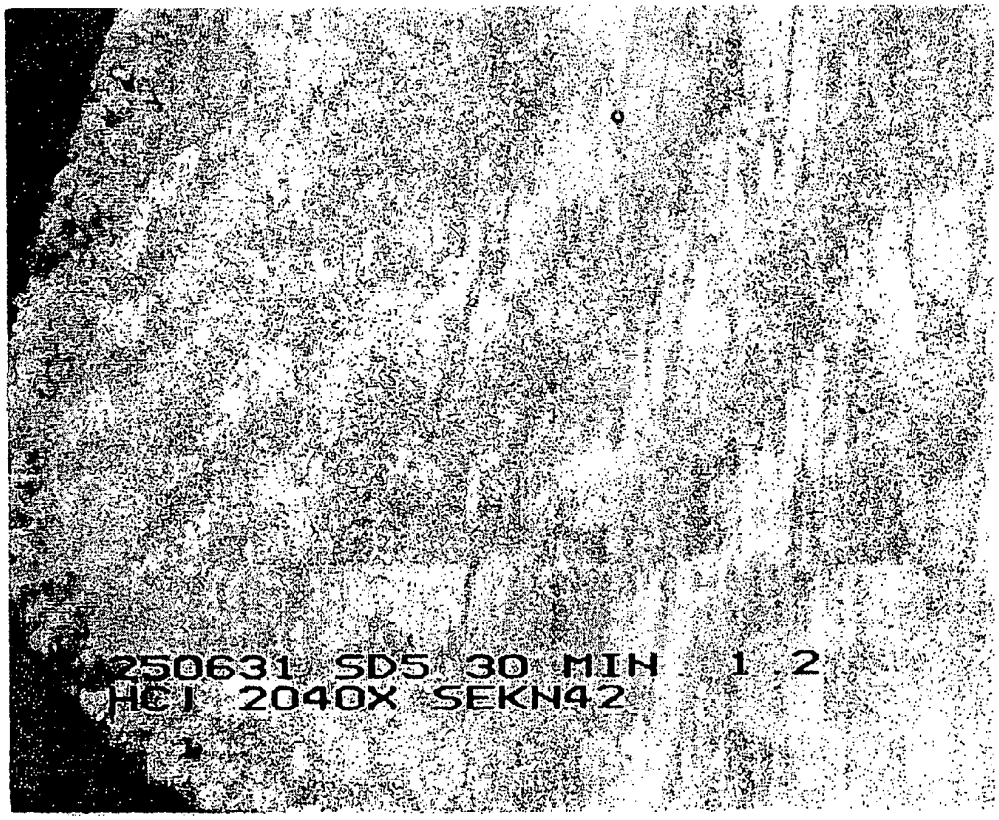


**FIGURA 1**

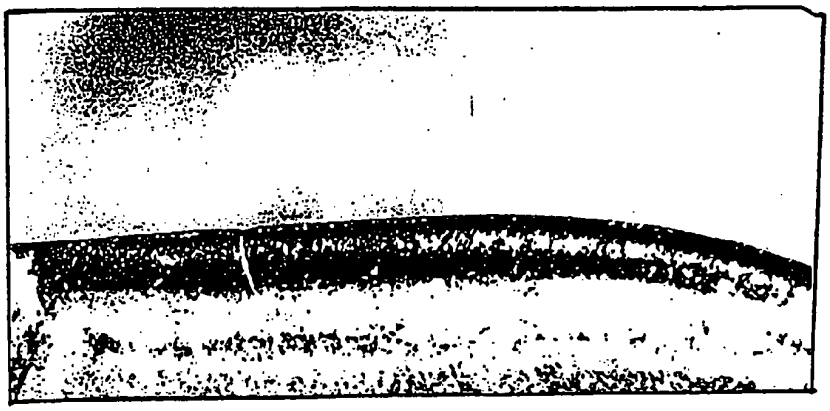

FIG. 2a

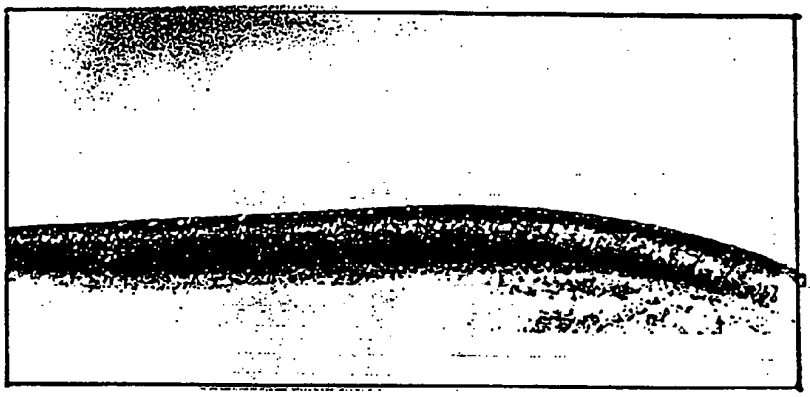

FIG. 2b

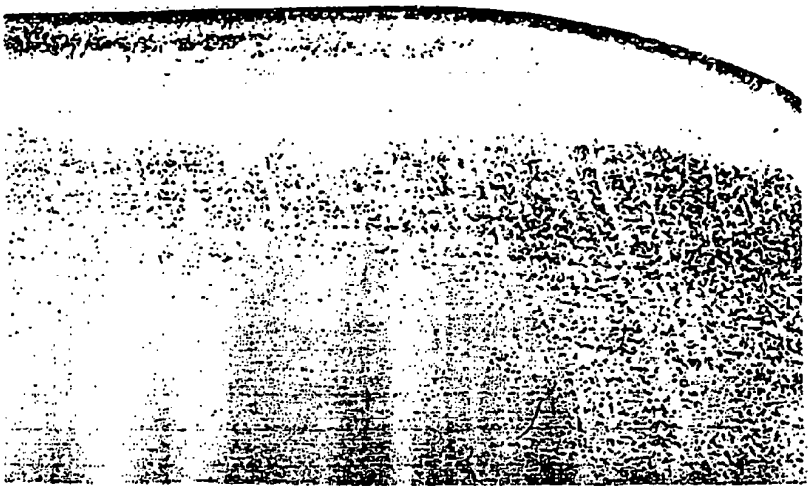

FIG 2c

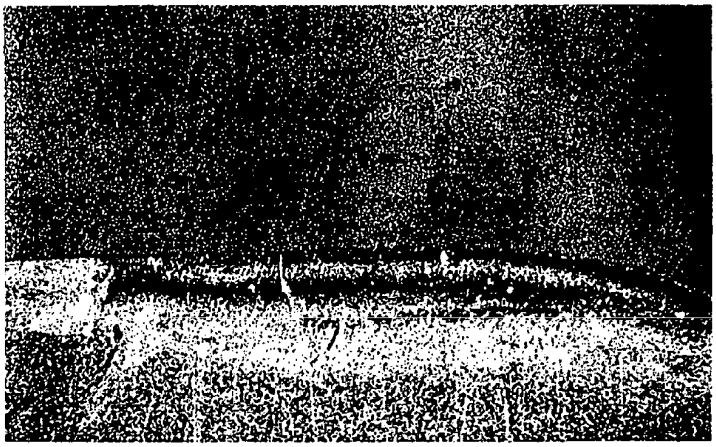

FIG. 3A

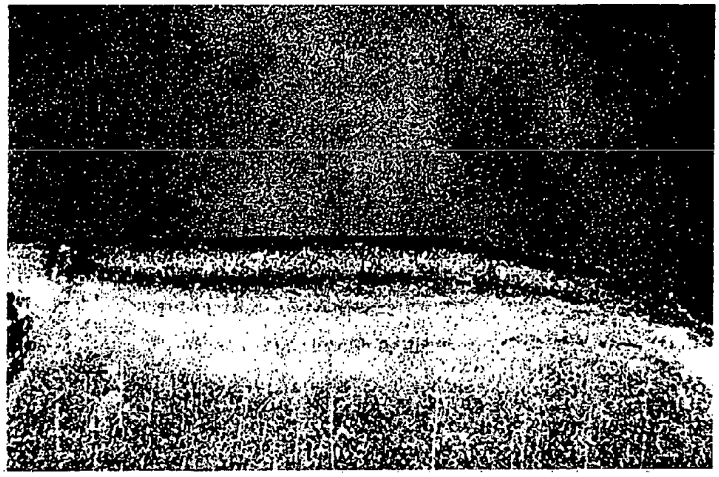

FIG. 3B

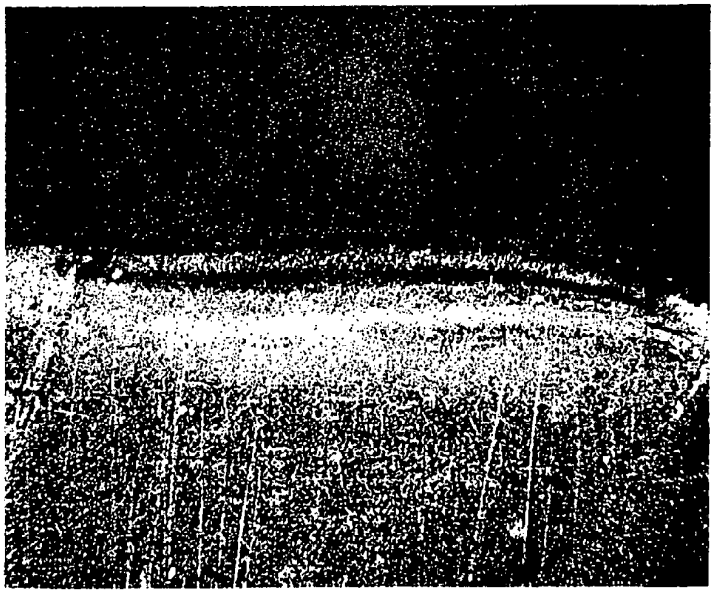

FIG. 3C

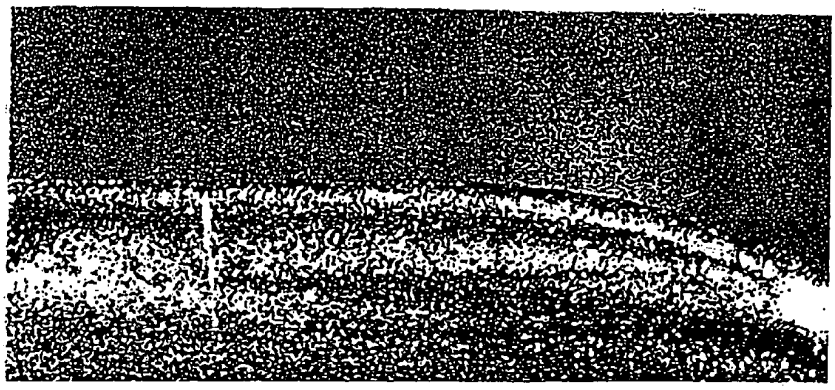

FIG. 4a

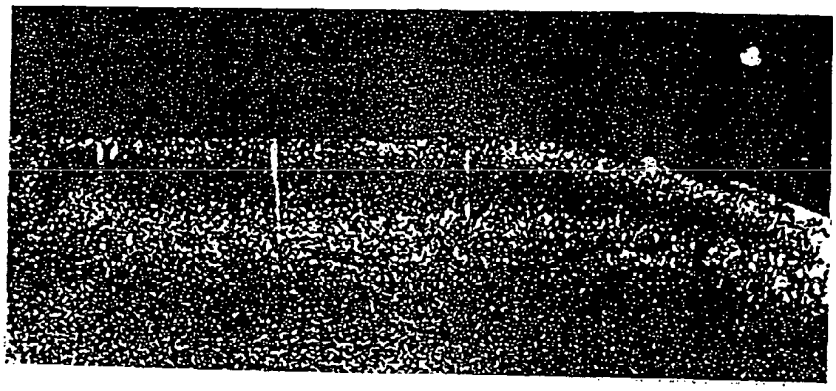

FIG. 4b

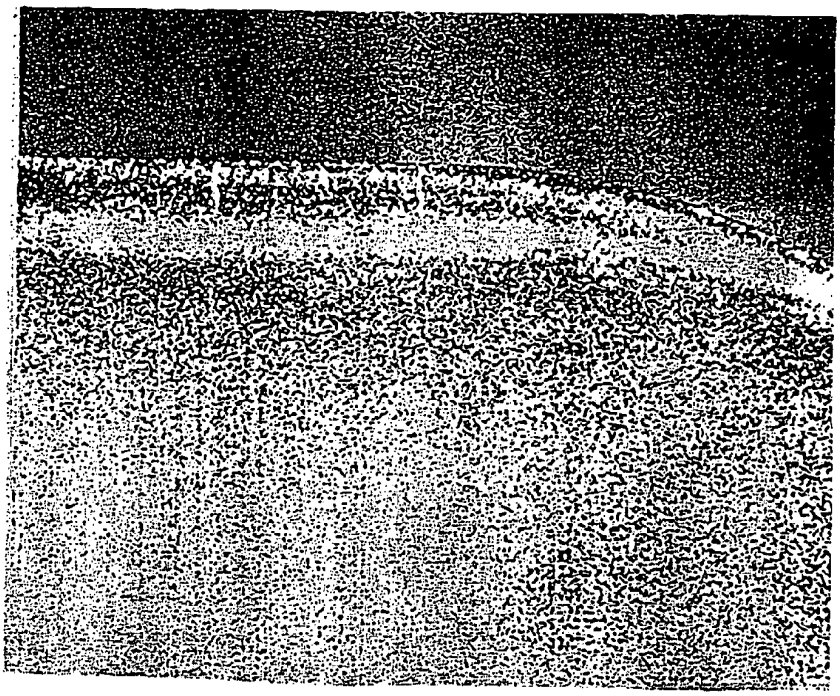

FIG 4c

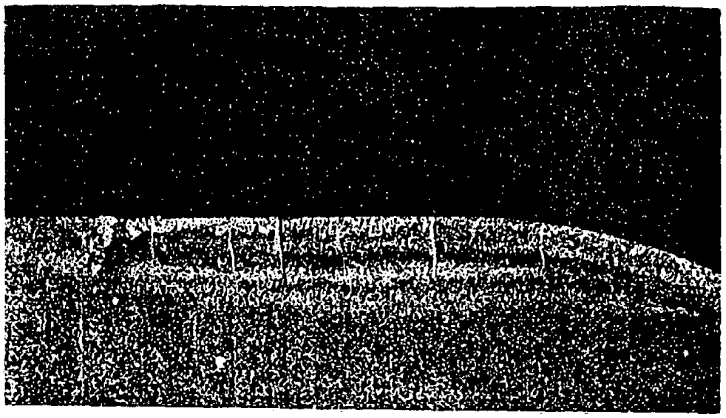

FIG. 5A

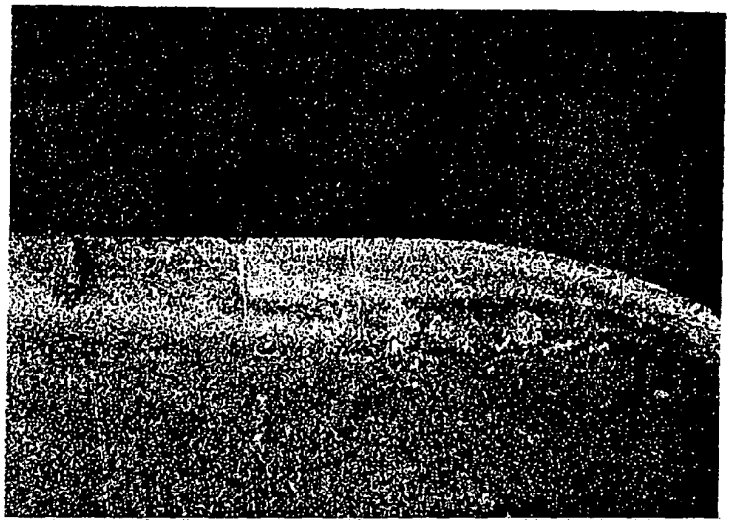

FIG. 5B

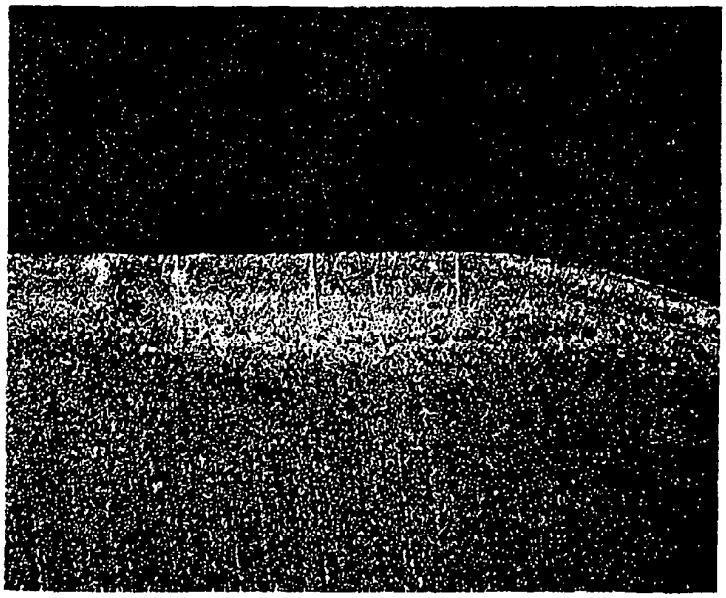

FIG 5C



FIG. 6A

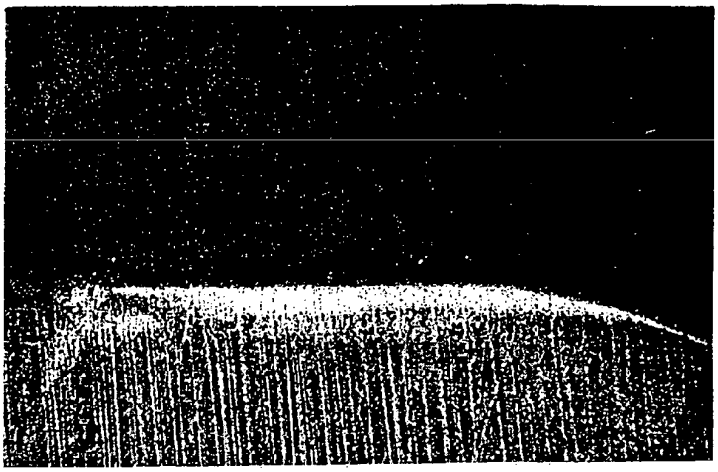

FIG. 6B

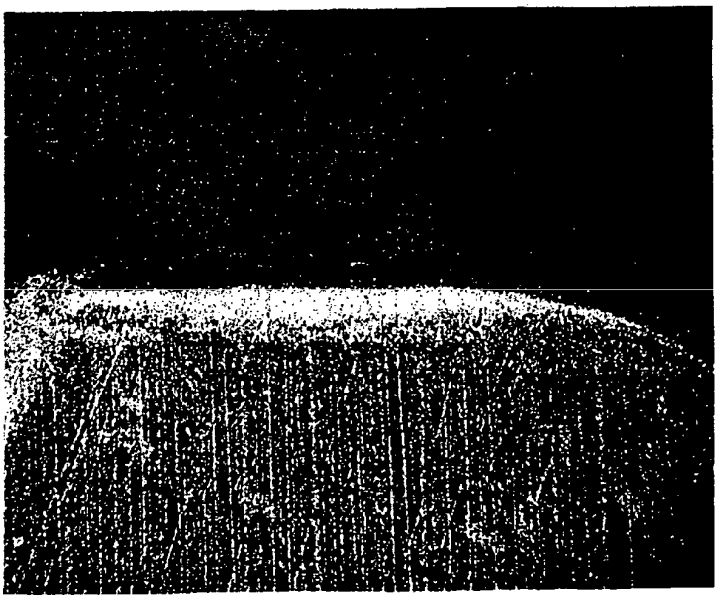

FIG. 6C

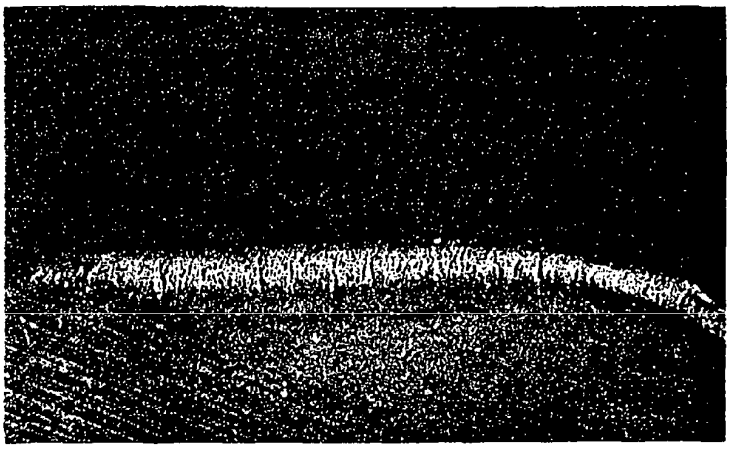

FIG. 7A



FIG. 7B

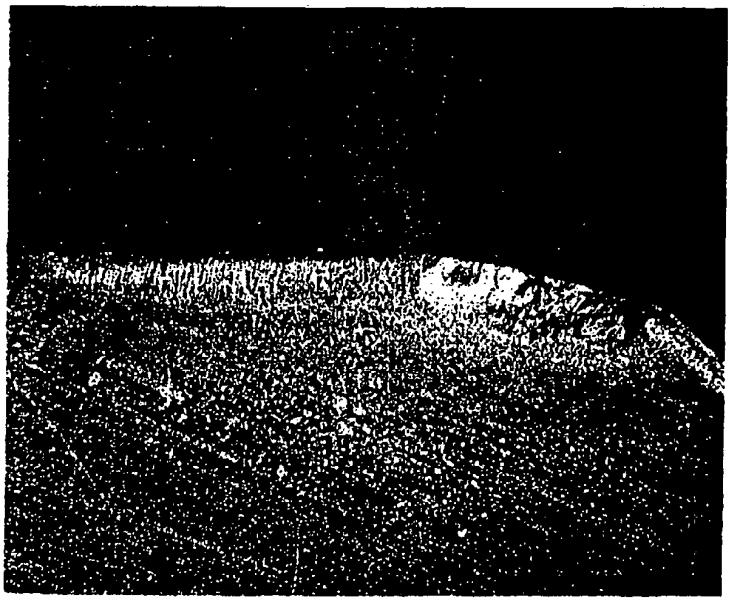

FIG. 7C

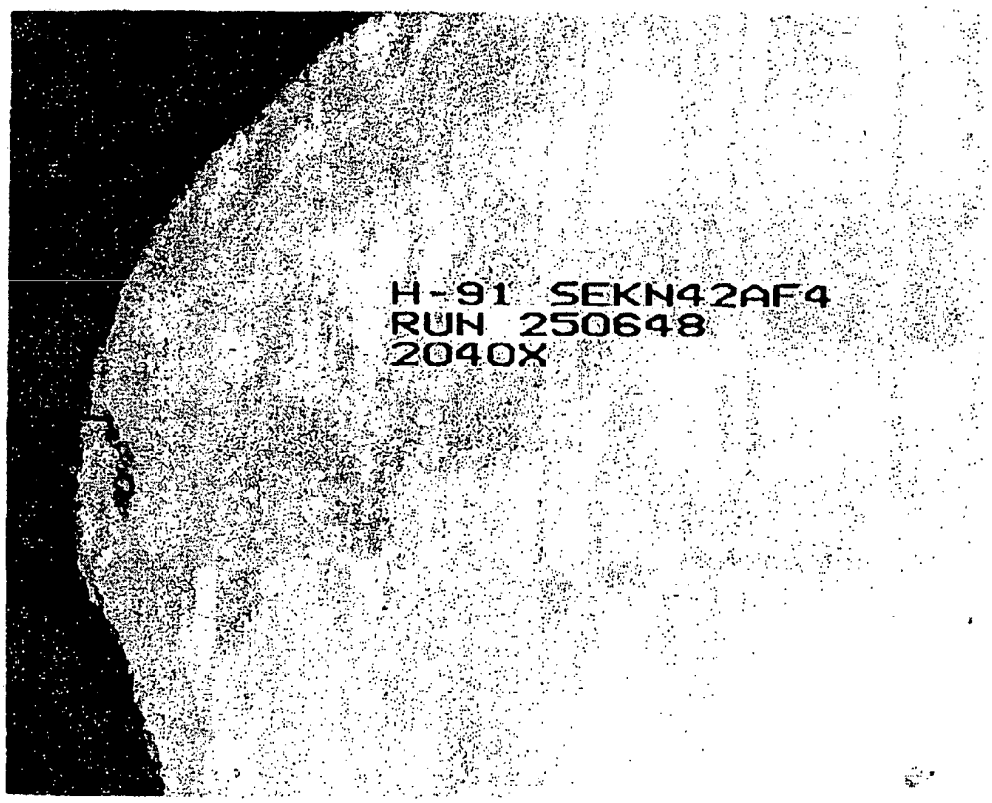


**FIGURA 8**

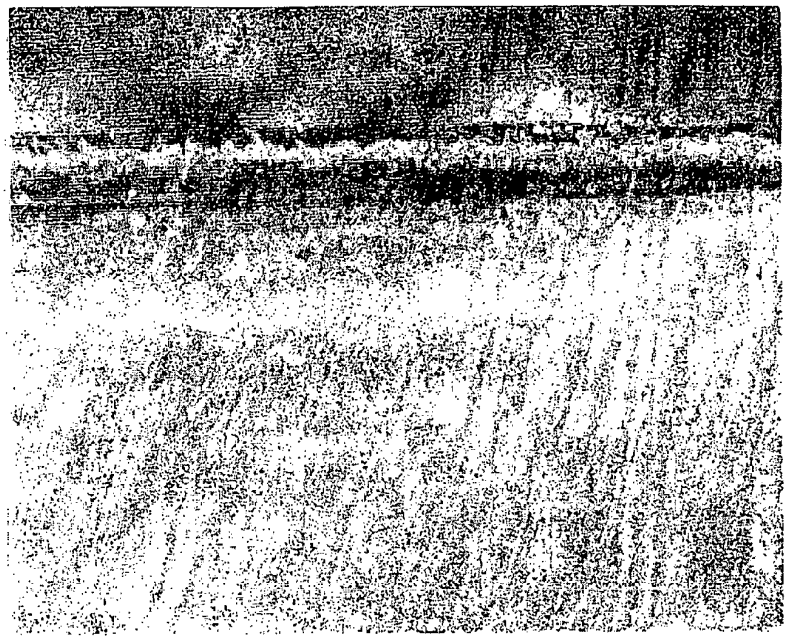

FIG. 9

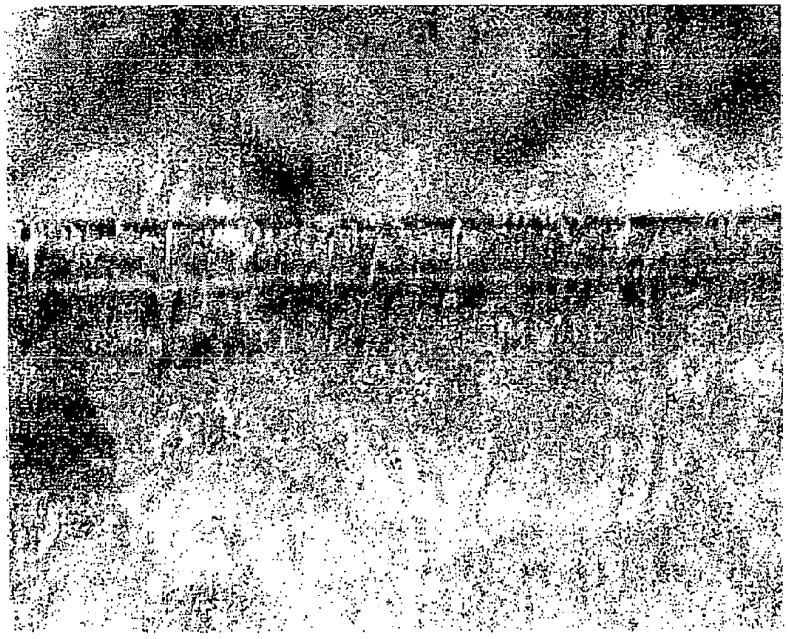

FIG. 10

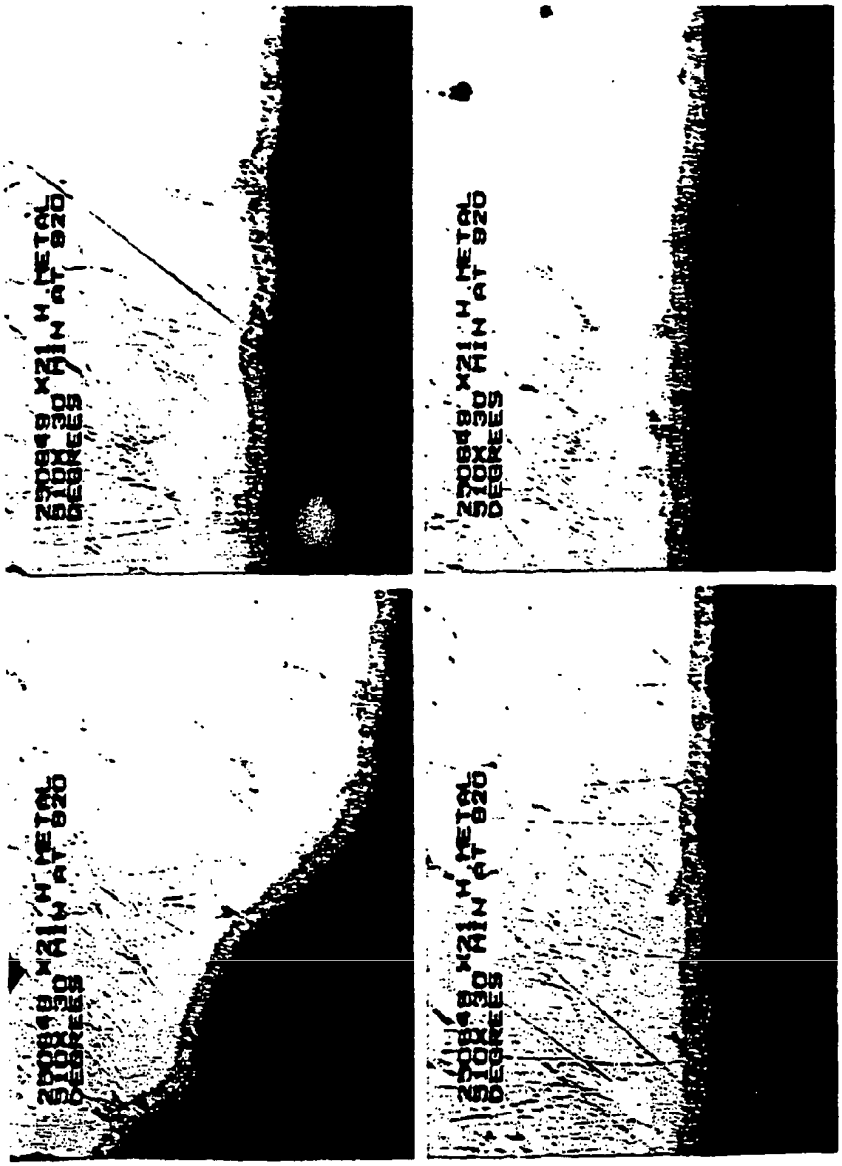

FIG. 11a

FIG. 11b

FIG. 11c

FIG. 11d