



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

**(21) PI 0809283-4 A2**



\* B R P I 0 8 0 9 2 8 3 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 17/04/2008  
**(43) Data da Publicação: 02/09/2014**  
**(RPI 2278)**

**(51) Int.Cl.:**  
B21B 1/22  
C25B 11/00  
C25B 11/02  
H01M 4/66  
H01M 4/70

**(54) Título:** ELETRODOS COM SUPERFÍCIE MECANICAMENTE TORNADA ÁSPERA PARA APLICAÇÕES ELETROQUÍMICAS

**(57) Resumo:**

**(30) Prioridade Unionista:** 18/04/2007 US 60/912,501

**(73) Titular(es):** Industrie de Nora S.P.A.

**(72) Inventor(es):** Dino Floriano Di Franco

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

**(86) Pedido Internacional:** PCT EP2008054660 de 17/04/2008

**(87) Publicação Internacional:** WO 2008/128957 de 30/10/2008

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"ELETRODOS COM SUPERFÍCIE MECANICAMENTE TORNADA ÁSPERA PARA APLICAÇÕES ELETROQUÍMICAS"**.

**CAMPO DA INVENÇÃO**

5                   A presente invenção refere-se a eletrodos para aplicações eletroquímicas, com referência particular a eletrodos de metal para uso em células eletrolíticas.

**ANTECEDENTES DA INVENÇÃO**

10                   São conhecidos vários processos eletroquímicos industriais fazendo uso de eletrodos revestidos com metal. Um exemplo particularmente relevante é dado por uma eletrólise cloro-alkalina em que células equipadas com catodos de níquel e anodos de titânio são atualmente utilizadas. De modo a diminuir o consumo de energia, o qual é uma função direta da tensão elétrica da célula, uma camada catalítica é aplicada sobre os substratos de suporte de níquel e titânio. Uma situação similar se aplica para outros importantes processos eletroquímicos, tal como a eletrólise de água, extração eletrolítica de metal, galvanoplastia e tratamento de água, entre outros. À medida que a maior parte das reações eletroquímicas envolve a evolução de gases sujeitando a camada catalítica relevante a um esforço mecânico contínuo, a aderência de tal camada ao substrato de metal executa um papel crítico em obter uma vida útil de serviço industrialmente aceitável. É de conhecimento dos versados na técnica que a aderência da camada catalítica está estritamente relacionada com o perfil de aspereza superficial do substrato de suporte (daqui para frente referido como "superfície de aceitação"), a aspereza funcionando principalmente como um elemento de fixação.

15  
20  
25

                  A literatura técnica revela vários tipos de tratamento para conceder aspereza para uma superfície de aceitação. Um procedimento consiste de jato de areia ou de granalhas, em que a superfície do metal é esmerilhada por um jato de colisão de ar em alta pressão de ar com areia ou com granalhas de metal, isto é, jato de areia seco, ou de água em alta pressão com areia ou granalhas de metal, isto é, jato de areia molhado. Estes tratamentos injetam uma quantidade substancial de energia para a estrutura de metal,

30

com a conseqüente geração de tensões internas. Quando folhas de metal finas são utilizadas, por exemplo, com a espessura abaixo de 1 mm, as tensões internas são prováveis de produzir deformação com conseqüente perda de planicidade. Por esta razão, a aplicação de jato seco ou molhado pode ser aplicada somente em folhas relativamente grossas. Entretanto, com as  
5 folhas grossas, a ação de aplicação de jato mecânico ocasiona um substancialmente aumento de dureza que pode levar a rachaduras durante a aplicação da camada catalítica. Uma desvantagem adicional deste método é representada pela qualidade do perfil de aspereza, o qual é difícil de controlar e é dependente de uma combinação de vários parâmetros de produção, tal  
10 como distribuição de tamanho da areia ou granalha, pressão de ar ou de água, tamanho dos bocais, e ângulo do jato em relação à superfície. Em adição, a superfície de aceitação, uma vez que a aplicação de jato de areia ou de granalha esteja completa, é provável de ser poluída por granalhas colidindo com o metal, o que negativamente afeta a aderência da camada catalítica. Finalmente, a provisão de areia ou de granalhas tem que ser descarregada após certo número de horas de trabalho à medida que o tamanho da granalha diminui com uma eficiência conseqüentemente reduzida de abrasão. A disposição da areia ou da granalha que é poluída com as granalhas  
15 esmerilhadas dos substratos de metal tratados é difícil e cara.

Outras técnicas conhecidas na técnica incluem a aplicação de jato de areia ou de granalhas acoplada com um primeiro ataque químico em HCl, tratamento com calor seguido pelo ataque químico, e pulverização de derretimento de metais ou óxidos de cerâmica permitindo o desenvolvimento  
25 de uma camada áspera. Cada uma destas técnicas, entretanto, possui desvantagens associadas.

Assim, seria desejável proporcionar um método de pré-tratamento de uma superfície de aceitação enquanto evitando as inconveniências de limpeza insuficiente da superfície pré-tratada negativamente afetando a aderência da camada catalítica, a dificuldade de predefinir a extensão da aspereza concedida, a carência de capacidade de reprodução na  
30 qualidade da superfície de aceitação tanto dentro da mesma amostra como

entre as amostras diferentes de uma produção industrial, e os custos de descarte das provisões de areia e de granalhas consumidas e dos banhos de ataque químico gastos.

#### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

5                    Em uma concretização, a invenção é direcionada para um método para fabricar um substrato de eletrodo para aplicações eletroquímicas compreendendo imprimir um padrão de perfil de aspereza de superfície para pelo menos uma superfície principal de uma folha de metal por laminação ligeira de acabamento da dita folha de metal entre dois rolos de um laminador, pelo menos um dos rolos sendo provido com uma imagem negativa do  
10                    dito padrão de perfil de aspereza.

                    Em outra concretização, a invenção é direcionada para um eletrodo para aplicações eletroquímicas industriais compreendendo um substrato de metal coberto com uma camada catalítica, o dito substrato incluindo  
15                    uma folha de metal provida com um padrão de perfil de aspereza de superfície provido por laminação ligeira de acabamento da dita folha de metal entre dois rolos de um laminador, pelo menos um dos rolos sendo provido com uma imagem negativa do dito padrão de perfil de aspereza.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

20                    Para propósitos da invenção, os termos seguintes devem ter os seguintes significados:

                    O termo "um" ou "uma" entidade se refere a uma ou mais desta entidade; por exemplo, "um anodo" se refere a um ou mais anodos, pelo menos um anodo. Como tal, os termos "um" ou "uma", "um ou mais" e "pelo  
25                    menos um" podem ser utilizados alternadamente neste documento. Também é para ser observado que os termos "compreendendo", "incluindo" e "possuindo" podem ser utilizados alternadamente. Adicionalmente, um composto "escolhido dentre um ou mais" se refere a um ou mais dentre os compostos na lista que segue, incluindo misturas (isto é, combinações) de dois ou mais  
30                    dos compostos.

                    O termo "imagem negativa" é definido como uma imagem de espelho possuindo substancialmente a mesma distribuição geométrica de

saliências e depressões e a mesma qualidade em termos de regularidade e capacidade de reprodução; o termo "imagem negativa" não é caracterizado pelos mesmos valores absolutos de aspereza média desde que um certo grau de retorno elástico de uma superfície de aceitação no processo de

5 transferência mecânica deve ser considerado.

Como é conhecido na técnica, o consumo de energia elétrica é principalmente diminuído pela redução da tensão elétrica da célula, a qual, por sua vez, pode ser obtida pelo provisionamento de anodos e/ou de catodos com camadas catalíticas adequadas capazes de facilitar os processos

10 eletroquímicos requeridos, tal como evolução de hidrogênio, cloro ou oxigênio. A invenção é direcionada para um método para pré-tratamento de folhas de metal utilizadas como substratos de suporte dos eletrodos a serem instalados como anodos ou catodos nas células eletroquímicas, em que a minimização do consumo de energia elétrica é de extrema importância.

Em uma concretização, a invenção é direcionada para um método para conceder um perfil de aspereza predefinido em relação a uma superfície de aceitação de um substrato de eletrodo de folha de metal compreendendo mecanicamente transferir um perfil de padrão por laminação ligeira de acabamento da folha de metal em um laminador compreendido de dois

15 rolos. O perfil de aspereza aplicado para a folha de metal é predeterminado por proporcionar uma imagem negativa do mesmo na superfície de pelo menos um rolo do laminador.

No método de acordo com a invenção, a superfície de aceitação a ser tornada áspera pode ser compreendida de qualquer metal adequado

25 para uso como substrato inerte de eletrodos para processos eletroquímicos. No caso de eletrólise cloro-alcálica, extração eletrolítica de metal, galvanoplastia, eletrocloração e eletrólise de água, os materiais mais comumente empregados compreendem aços inoxidáveis, níquel e titânio. Ligas de metal adicionais podem ser utilizadas, incluindo ligas de cromo-níquel comercializadas sob o nome de marca de Incoloy®, Inconel® e Hastelloy®, e as ligas

30 de 0,2% paládio/5% tântalo e alumínio-vanádio-estanho-titânio, Incoloy® e Inconel® são marcas registradas da INCO Ltd. E Hastelloy® é uma marca

registrada da Haynes Ltd.

A camada catalítica compreende metais nobres, tais como platina, rutênio, paládio, ródio e ligas ou óxidos, carbonetos, nitretos, carbonitretos, boretos e silicetos dos mesmos, os quais podem ser aplicados junto às superfícies de aceitação do substrato por meio de métodos conhecidos na técnica, incluindo métodos galvânicos ou decomposição térmica de tintas contendo precursores adequados realizada em temperaturas na faixa de 300<sup>0</sup> C até 600<sup>0</sup> C em várias etapas. Para cada etapa, o tratamento térmico possui uma duração típica de alguns minutos, com um tratamento térmico final opcional de até uma hora ou mais.

As performances destes tipos de eletrodos claramente dependem, dentre outras características, da aderência da camada catalítica junto à superfície de aceitação que, independente do tipo selecionado de metal ou liga, é uma função de uma série de propriedades da superfície de aceitação e, em particular, da limpeza e do grau de aspereza da superfície. No que diz respeito à limpeza, materiais estranhos colididos na superfície de aceitação podem ser dissolvidos e espalhados dentro da camada catalítica durante as etapas de aplicação de revestimento com deterioração possível das performances eletroquímicas e eles podem igualmente afetar a aderência da camada, a qual está estritamente relacionada com o perfil de aspereza. Assim, uma superfície limpa pode ser obtida por qualquer um dos tratamentos conhecidos na técnica para obter uma superfície de metal limpa, incluindo um ou mais dentre limpeza mecânica, desengraxamento químico ou eletrolítico ou outra operação química de limpeza.

A altura de pico até vale do perfil de aspereza é um dos parâmetros críticos afetando a aderência da camada catalítica, um parâmetro adicional sendo o número médio de picos (ou vales) por unidade de comprimento medido, por exemplo, ao longo de duas direções, tal como a direção de laminação da folha de metal a ser tornada áspera e a direção ortogonal à mesma. A altura de pico até vale é quantificada pela aspereza média ( $R_a$ ) expressa como a média aritmética dos desvios absolutos a partir do nível médio da superfície. Em uma concretização, foi verificado que um valor  $R_a$

mínimo de 1 micrômetro ( $\mu\text{m}$ ) é necessário para impedir perda significativa de aderência da camada catalítica. Em outra concretização, tal como no caso de eletrodos de desenvolvimento de oxigênio, valores Ra mais elevados de acima de 5 micrômetros garantem a aderência desejada e proporcionam um aumento na área ativa específica em que a reação eletroquímica acontece ou, em outras palavras, de modo a diminuir a densidade da corrente efetiva local, também implicando em uma evolução diminuída de gás local e em um esforço mecânico inferior aplicado para a camada catalítica. O número médio de picos (ou vales) por uma unidade de comprimento, ou frequência de pico, compreende pelo menos 15 picos por cm medido tanto ao longo da direção de laminação do substrato da folha de metal como ao longo da direção ortogonal à mesma.

De acordo com uma concretização da invenção, os aspectos de aspereza definidos acima da superfície de aceitação são produzidos por laminação ligeira de acabamento da folha em um laminador entre dois rolos, pelo menos um dos rolos sendo provido com um padrão de perfil de aspereza adequado. A imagem negativa do perfil de aspereza selecionado a ser aplicado é produzida em uma superfície de pelo menos um rolo por meio de vários métodos, incluindo aplicação de jato com areia ou granalha, fotogravura ou gravação a laser, tal padrão representando a imagem negativa do perfil de aspereza selecionado para a folha de metal. Em uma concretização, quando ambos os lados da folha devem ser tornados ásperos, ambos os rolos serão por consequência, padronizados. Em outra concretização, quando o perfil de aspereza controlado é requerido somente em um lado, somente um rolo padronizado será utilizado, em cooperação com um rolo liso. Em que os parâmetros gerais de perfil de aspereza, tal como o tamanho de pico até vale das saliências da superfície é uma preocupação, a técnica de areia ou de granalhas é aplicável.

Em que uma geometria específica dos picos e dos vales, por exemplo, uma disposição das pirâmides com base quadrada ou outras geometrias específicas, é desejada, os métodos de fotogravura e a gravação a laser são aplicáveis. À medida que o padrão do perfil do pelo menos um rolo

padronizado é transferido para a folha de metal por compressão, os aspectos geométricos do padrão de perfil relevante são transferidos para a folha de metal, de modo que a qualidade do perfil de aspereza concedido para a folha de metal é completamente reproduzível dentro da mesma folha e dentre as várias folhas durante o processo de fabricação industrial.

Com respeito ao valor Ra, foi verificado que a laminação de encruamento entre os dois rolos normalmente leva a um perfil de aspereza caracterizado por valores Ra na faixa de entre 60 e 80% do valor Ra do pelo menos um rolo padronizado, um valor que é substancialmente afetado pela natureza e pela condição metalúrgica da superfície de aceitação. Opcionalmente, mais do que uma única passagem, por exemplo, duas ou três passagens, podem ser necessárias no laminador para obter os valores Ra desejados da folha de metal. Também foi verificado que se ambos os rolos forem providos com o mesmo padrão de perfil de aspereza, ou seja, com padrões possuindo o mesmo Ra e frequência de pico e a mesma distribuição de população de pico e vale, então a folha de metal sai da operação de laminação de encruamento em uma condição perfeitamente plana (encrespamento simétrico). Quando o encrespamento simétrico é aplicado para a folha de metal, a planicidade também é mantida sem qualquer deformação significativa, mesmo após os ciclos térmicos requeridos para a aplicação da camada catalítica. Este resultado é especialmente importante quando a folha de metal a ser tornada áspera é uma folha fina de metal, por exemplo, uma folha possuindo uma espessura de 0,5 mm ou menos. Como é conhecido pelos versados na técnica, este tipo de folha não pode ser sujeita ao encrespamento necessário requerido para garantir a melhor aderência da camada catalítica por meio de aplicação de jato de areia ou de granalhas à medida que a energia do jato pressurizado causaria uma deformação séria, deformação esta que aumenta durante o tratamento térmico associado com a aplicação da camada catalítica. A única possibilidade para produzir o perfil de aspereza requerido é representada pelos tratamentos por ataque químico requerendo o mergulho das folhas finas de metal em banhos agressivos por período prolongado. Estes procedimentos apresentam as inconveniências de um adel-

gaçamento frequentemente inaceitável, o que enfraquece a folha tornando a manipulação difícil, e de uma exaustão rápida dos banhos com custos crescentes para seu descarte.

A experiência prática proveniente da encrespação mecânica de vários lotes de folhas de metal ensinou que o padrão do perfil dos rolos pode ser desgastado durante a operação de laminação de encruamento, a taxa de decadência sendo em função direta da extensão do aumento de dureza da superfície induzido na folha de metal durante a compressão requerida para transferir o perfil do padrão dos rolos. Por exemplo, na laminação de encruamento de uma folha de níquel com 0,5 mm 200 (UNS NO2200) com rolos possuindo um perfil de encrespamento caracterizado por um valor Ra de 30 micrômetros e uma frequência de pico de 40 picos por cm ao longo tanto da direção de laminação como na direção ortogonal, a dureza de Vickers aumentou de um valor de 120 HV da folha recozida como fornecida, para até 165 HV. Um comportamento similar foi verificado quando há laminação ligeira de acabamento em uma folha de 0,5 mm de titânio de grau 1, de acordo com a ASTM B 265.

Também foi verificado que a vida útil dos rolos pode ser substancialmente aumentada como requerido pelos aspectos econômicos da produção industrial se a dureza da superfície dos rolos for razoavelmente alta. À medida que a impressão do perfil de aspereza em uma superfície dura pode ser difícil, foi verificado que a padronização dos rolos pode ser de forma vantajosa obtida por meio de um procedimento com várias etapas. Em uma concretização, em uma primeira etapa, o padrão de aspereza selecionado é impresso enquanto o material da construção dos rolos está em uma primeira condição metalúrgica possuindo um valor de dureza suficientemente baixo, e em uma segunda etapa o material da construção dos rolos é levado para uma segunda condição metalúrgica, em que a dureza da superfície é aumentada para valores mais altos. Em uma concretização, a dureza da superfície da segunda condição metalúrgica é acima de 300 HV, e em outra concretização, 500 HV, de modo que a ação de desgaste da operação de laminação ligeira de acabamento se torne quase desprezível. Tal resulta-

do pode ser alcançado de vários modos como conhecido pelos versados na técnica. Dispositivos adequados para aumentar a dureza da superfície dos rolos sem afetar o padrão de perfil de aspereza anteriormente aplicado incluem, e não estão limitados, aos tratamentos adequados térmico, cromador  
5 ou tratamentos químicos dos rolos. O tratamento térmico para aumentar a dureza se aplica em particular para rolos fabricados de aços com endurecimento por precipitação, tal como UNS S13800, S14800, S15700, S17400 e S17700. Estes aços compreendem elementos tal como alumínio e nióbio, que podem ser mantidos em solução sólida (condição de baixa dureza) du-  
10 rante a impressão do padrão de perfil de aspereza e, então, precipitados por meio de um tratamento térmico adequado levando à formação de microgranelhas espalhadas dentro da estrutura sólida (condição de alta dureza).

Outra opção para obter o nível desejado de dureza é um tratamento químico por meio do qual a superfície dos rolos é enriquecida com  
15 elementos espalhados de forma adequada, em particular, carbono e/ou nitrogênio. Este resultado pode ser obtido pelo tratamento dos rolos em uma temperatura adequada na presença de gás de carbonetante, tal como metano ou uma mistura contendo monóxido de carbono, ou um gás de nitretação, tal como amônia. Os rolos também podem ser endurecidos por uma cromagem de espessura adequada, capaz de conceder as propriedades antides-  
20 gaste requeridas sem afetar o perfil de aspereza até uma extensão excessiva.

Uma vez que os rolos com o padrão de aspereza desejado sejam preparados da maneira apropriada, eles podem ser instalados em um  
25 laminador adequado, e folhas de metal mecanicamente tornadas ásperas com um perfil de aspereza substancialmente equivalente podem ser facilmente produzidas. Toda a operação pode ser realizada na fábrica de produção, de modo que folhas de metal possuindo um perfil de aspereza superficial predefinido e altamente reproduzível possam ser providas para os fabri-  
30 cantes de eletrodo, resultando em um processo substancialmente simplificado e muito menos caro.

#### EXEMPLO 1

Uma folha de amostra (que espessura?) de níquel 200 (UNS N02200) foi laminada por encruamento através de um par de rolos padronizados (especificamente 2?) fabricados de aço com endurecimento por precipitação sob uma pressão de 500 toneladas. Antes da instalação no laminador, os rolos foram providos com um padrão de perfil de aspereza por aplicação de jato com cascalho de ferro GL 18 com ar pressurizado em uma taxa de fluxo adequada (sabemos a taxa de fluxo exata?). O padrão de perfil de aspereza foi medido ao longo de duas direções com perfilômetro mecânico Hommel T1000 C fabricado pela Hommelwerk GmbH, a saber, na direção de laminação da folha e em uma direção ortogonal à mesma. O padrão foi caracterizado por um valor Ra de 21 micrômetros e uma frequência de pico de 18 picos por cm. Após a etapa de encrespamento, os rolos foram endurecidos por meio de um tratamento térmico, após o qual um valor HV de 390 foi medido. O padrão do perfil dos rolos foi novamente verificado e nenhuma alteração significativa do valor Ra e da frequência de pico foi detectada.

Após a laminação de encruamento, o Ra e a frequência de pico da folha de níquel foram respectivamente 15 micrômetros e 17 picos por cm: as medições foram repetidas em distância de 30 cm sobre toda a superfície da folha com desvios desprezíveis de valor Ra e de frequência de pico. Nenhuma redução de espessura apreciável foi detectada.

#### EXEMPLO 2

Uma folha de 0,5 mm de titânio de grau 1 de acordo com a ASTM B265 foi laminada por encruamento em um laminador equivalente ao do Exemplo 1, equipado com um par de rolos padronizados (especificamente 2?) fabricados de aço com superfície endurecida sob uma pressão de 500 toneladas. Antes da instalação no laminador, os rolos foram providos com um padrão de perfil de aspereza por aplicação de jato com cascalho de ferro GL 18 com ar pressurizado em uma taxa de fluxo adequada (sabemos a taxa de fluxo exata?). O padrão de perfil de aspereza foi medido com um perfilômetro mecânico Hommel T1000 C fabricado pela Hommelwerk GmbH ao longo de duas direções, a saber, na direção de laminação da folha e em uma direção ortogonal à mesma. O padrão foi caracterizado por um valor Ra de

40 micrômetros e uma frequência de pico de 60 picos por cm. Após a etapa de encrespamento, os rolos foram endurecidos por meio de um tratamento químico da superfície em uma atmosfera carbonetante compreendendo uma mistura de monóxido de carbono e dióxido de carbono. Quando da conclusão do tratamento, um valor de 430 HV foi medido. O padrão do perfil de aspereza dos rolos foi novamente verificado e nenhuma alteração significativa do valor Ra e da frequência de pico foi detectada.

Após a laminação de encruamento, o Ra e a frequência de pico da folha de titânio foram respectivamente 28 micrômetros e 57 picos por cm. As medições foram repetidas em distâncias de 20 cm sobre toda a superfície da folha com desvios desprezíveis de valor Ra e de frequência de pico. Nenhuma redução de espessura podia ser detectada.

### EXEMPLO 3

Amostras de tamanho de 35 cm x 35 cm foram cortadas a partir das folhas de níquel e de titânio dos Exemplos 1 e 2 e ativadas com camadas catalíticas como indicado abaixo:

- As amostras de níquel foram primeiro sujeitas a uma decapagem em ácido clorídrico a 10% em 80° C durante 2 minutos, para propósitos de limpeza. Uma camada catalítica de um óxido misturado com rutênio e níquel foi aplicada por pintura de uma solução aquosa compreendendo tricloreto de rutênio e dicloreto de níquel e pela subsequente decomposição térmica em um forno com circulação forçada de ar: as etapas de pintura e de decomposição térmica foram repetidas cinco vezes até a obtenção de uma carga de metal nobre de 12 g/m<sup>2</sup>. As amostras ativadas foram cortadas em chapas de teste. Chapas de teste aleatoriamente selecionadas (quantas? Sabemos o tamanho da chapa de teste?) foram sujeitas ao teste de adesão com fita adesiva de acordo com o assim chamado "Teste de Fita Adesiva" normalmente utilizado como padrão de qualidade para a produção industrial de eletrodos como conhecido pelos versados na técnica (Existe um padrão ASTM para isto?). Foram obtidos resultados satisfatórios em todos os casos (o que é satisfatório de acordo com a norma?). As chapas de teste restantes foram instaladas como catodos em células de membrana de laboratório clo-

ro-alcálinas e operadas sob uma densidade de corrente de 8000 A/m<sup>2</sup> em 90<sup>0</sup> C. Após 10 meses de operação contínua, as chapas foram extraídas das células e novamente sujeitas ao Teste de Fita Adesiva com resultados satisfatórios.

- 5                   - As amostras de titânio foram sujeitas a uma decapagem em ácido clorídrico a 15% em 90<sup>0</sup> durante 3 minutos, para propósito de limpeza. Uma camada catalítica de óxidos de rutênio e titânio foi aplicada por pintura de uma solução aquosa compreendendo tricloreto de rutênio e tetracloreto de titânio e pela subsequente decomposição térmica em um forno com circulação forçada de ar: as etapas de pintura e de decomposição térmica foram repetidas sete vezes até a obtenção de uma carga de metal nobre de 13 g/m<sup>2</sup>. As amostras ativadas foram cortadas em chapas de teste. Algumas chapas de teste aleatoriamente selecionadas foram sujeitas ao Teste de Fita Adesiva como dito acima: resultados completamente satisfatórios foram obtidos em todos os casos. As chapas de teste restantes foram instaladas como anodos em células de eletrocloração não divididas e operadas sob uma densidade de corrente de 2000 A/m<sup>2</sup> em 30<sup>0</sup> C em uma solução de cloreto de sódio a 3%. Após 400 horas de operação contínua, as chapas foram extraídas das células e novamente sujeitas ao Teste de Fita Adesiva com resultados satisfatórios.
- 10
- 15
- 20

A descrição acima não deve ser entendida como limitando a invenção, a qual pode ser praticada de acordo com concretizações diferentes sem afastamento do escopo da mesma, e cuja extensão é exclusivamente definida pelas reivindicações anexas.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para fabricar um substrato de eletrodo compreendendo imprimir um padrão de perfil de aspereza de superfície junto a pelo menos uma superfície principal de uma folha de metal por laminação ligeira de  
5 acabamento a dita folha de metal entre dois rolos de um laminador, pelo menos um dos rolos sendo provido com uma imagem negativa do dito padrão de perfil de aspereza.
2. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a dita aspereza da superfície é uniforme na direção da laminação da dita folha de metal  
10 e na direção ortogonal à mesma.
3. Método, de acordo com a reivindicação 2, em que os ditos dois rolos são providos com o dito padrão de perfil de aspereza.
4. Método, de acordo com a reivindicação 2, em que o dito padrão de perfil de aspereza compreende um valor Ra mínimo de pelo menos  
15 1 micrômetro e uma frequência de pico de pelo menos 15 picos por cm.
5. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a dita imagem negativa do dito padrão de perfil de aspereza é produzida no dito pelo menos um rolo por dispositivos compreendendo aplicação de jato de areia, aplicação de jato de granalhas, fotogravura ou gravação a laser.
- 20 6. Método, de acordo com a reivindicação 5, em que a dita imagem negativa do dito padrão de perfil de aspereza é produzida no dito pelo menos um rolo em uma primeira condição metalúrgica, e o dito rolo padronizado é subsequentemente levado para uma segunda condição metalúrgica por um tratamento de endurecimento.
- 25 7. Método, de acordo com a reivindicação 6, em que o dito pelo menos um rolo é fabricado de um aço de endurecimento por precipitação e o dito tratamento de endurecimento é um tratamento térmico.
8. Método, de acordo com a reivindicação 6, em que o dito tratamento de endurecimento é um tratamento químico da superfície compreendendo aquecer o dito pelo menos um rolo na presença de um gás de nitreção ou de carbonetante.
- 30 9. Método, de acordo com a reivindicação 8, em que o dito gás

de nitretação é amônia.

10. Método, de acordo com a reivindicação 8, em que o dito gás de carbonetante compreende um ou mais dentre metano, monóxido de carbono e opcionalmente, CO<sub>2</sub>.

5 11. Método, de acordo com a reivindicação 6, em que o dito tratamento de endurecimento compreende cromagem.

12. Método, de acordo com a reivindicação 6, em que a dureza de superfície do dito pelo menos um rolo na dita segunda condição metalúrgica é acima de 300 HV.

10 13. Método, de acordo com a reivindicação 12, em que a dita dureza de superfície é acima de 500 HV.

14. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a dita folha de metal compreende uma ou mais dentre titânio, níquel e ligas dos mesmos, aço inoxidável, ligas de cromo-níquel, ligas de paládio-tântalo, e ligas  
15 de alumínio-vanádio-estanho-titânio.

15. Eletrodo compreendendo um substrato de metal revestido como uma camada catalítica, o dito substrato consistindo em uma folha de metal possuindo um padrão de perfil de aspereza de superfície na pelo menos uma superfície da dita folha de metal, em que o perfil de aspereza da  
20 superfície é provido por laminação ligeira de acabamento a dita folha de metal entre dois rolos de um laminador, pelo menos um dos rolos sendo provido com uma imagem negativa do dito padrão de perfil de aspereza.

16. Eletrodo, de acordo com a reivindicação 15, em que o dito eletrodo compreende um anodo em uma célula eletroquímica de evolução  
25 de cloro ou de oxigênio.

17. Eletrodo, de acordo com a reivindicação 15, em que o dito eletrodo compreende um catodo de evolução de hidrogênio de uma célula eletroquímica.

## RESUMO

Patente de Invenção: **"ELETRODOS COM SUPERFÍCIE MECANICAMENTE TORNADA ÁSPERA PARA APLICAÇÕES ELETROQUÍMICAS"**.

A presente invenção refere-se a um método para tornar áspera  
5 uma superfície de uma folha de metal utilizada como suporte de eletrodo em  
aplicações eletroquímicas industriais, e a um eletrodo fabricado por tal método. O encrespamento mecânico é concedido por laminação ligeira de acabamento a folha entre dois rolos de um laminador, pelo menos um dos quais  
10 é padronizado de acordo com um perfil predeterminado a ser transferido por  
compressão para a superfície da folha de metal.