REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº BR 102025014339-9

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: BR 102025014339-9

(22) Data do Depósito: 11/07/2025

(43) Data da Publicação Nacional: 16/09/2025

(51) Classificação Internacional: C23C 22/53; C23C 22/05.

(52) Classificação CPC: C23C 22/53; C23C 22/05.

(54) Título: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UM FILME DE CONVERSÃO PARA ZINCO PARA A PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DO MESMO

(73) Titular: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Instituição de Ensino e Pesquisa. CGC/CPF: 92969856000198. Endereço: AV. PAULO GAMA, Nº 110, 6º ANDAR, CENTRO, PORTO ALEGRE, RS, BRASIL(BR), 90040-060, Brasileira

(72) Inventor: ANTÔNIO BUACZIK JÚNIOR; LUÍS FREDERICO PINHEIRO DICK; GERHARD HANS KNÖRNSCHILD; JANINE RACHEL VISCARDI; MATHEUS ANTONIUS SOUZA DA COSTA.

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 11/07/2025, observadas as condições legais

Expedida em: 11/08/2026

Assinado digitalmente por:
Gisela Aparecida Silva Nogueira
Diretora de Patentes Substituta

PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UM FILME DE CONVERSÃO PARA ZINCO PARA A PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DO MESMO

Campo da Invenção

[001] A presente invenção revela um processo verde para aplicar um revestimento inorgânico em uma superfície de zinco, conferindo a esta superfície uma maior proteção contra a corrosão. A presente invenção está inserida nos campos da Química, da Engenharia de Materiais, da Engenharia Química e da Engenharia Metalúrgica, mais especificamente no tratamento de superfícies e proteção contra a corrosão.

Antecedentes da Invenção

[002] Galvanização e eletrodeposição de zinco representam há muito tempo métodos de proteção contra a corrosão aplicados em larga escala, principalmente para a proteção de aço. O metal zinco possui uma resistência à corrosão atmosférica superior à do aço, devido a formação de hidróxidos, carbonatos e carbonatos básicos que são mais protetores do que os respectivos produtos de corrosão do aço. Um aumento da resistência à corrosão pode ser alcançado através das chamadas "camadas de conversão". Estes revestimentos se formam sem polarização externa da superfície do metal, apenas pelo contato entre o metal e o banho químico. As reações químicas e/ou eletroquímicas decorrentes convertem a superfície metálica do zinco em um filme com propriedades diferentes do filme de óxido formado naturalmente ao ar.

[003] O tratamento mais eficiente e mais aplicado é baseado em banhos contendo íon cromato. Este íon age como oxidante durante o processo de conversão, resultando da redução de Cr(VI) para Cr(III) na formação de filmes de $Cr(OH)_3$, que conferem boa resistência à corrosão.

[004] As reações básicas do processo são então:

(a) $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

(b) $CrO_4^{2-} + 3e^- + 5H^+ \rightarrow Cr(OH)_3 + H_2O$

[005] A oxidação do substrato pelo cromato promove também a incorporação de íons de zinco no revestimento. Mesmo com as reações (a) e (b), há ainda a sobra de íons de Cr(VI) residuais que são incorporados no interior da camada de conversão, possibilitando a cura de defeitos eventualmente provocados no filme.

[006] Neste caso, redução de Cr(VI) exposto pelo dano pode formar $Cr(OH)_3$ conforme as reações (a) e (b) e recuperar a camada de conversão. Como filmes de conversão baseados em cromatos mostram frequentemente trincas como caraterística morfológica (aparência de terra rachada) este mecanismo de autocura é essencial para a resistência duradoura à corrosão. Além disto, o cromato exerce ainda uma importante função como inibidor da redução de oxigênio sobre o metal.

[007] Porém, devido a problemas ambientais e a reconhecida toxicidade e propriedades mutagênicas e cancerígenas do cromato, processos baseados em Cr(VI) vem sendo substituídos amplamente, na maioria dos casos, por processos baseados em banhos contendo íons de Cr(III). Os problemas se manifestam na prática pelo manuseio dos banhos de cromato e a subsequente exposição dos trabalhadores, pelo descarte dos banhos contendo cromato e pelas águas de lavagem com cromatos diluídos.

[008] Ao contrário do cromato, os íons de Cr(III) não são oxidantes. O cromato é substituído na sua função de oxidante do substrato geralmente pela adição de nitrato ou de H_2O_2 ao banho de Cr(III). Desta forma, estes processos permitem também a formação de compostos sólidos contendo Cr e Zn por precipitação, mas não a partir da reação eletroquímica (b). Com a eliminação do cromato a camada de conversão perde também a sua capacidade de autocura. Íons Cr(III) também não atuam como inibidores da redução de oxigênio. Por estes motivos é essencial para os filmes baseados em Cr(III) de ter uma morfologia mais homogênea, com um mínimo de defeitos possível.

[009] Em algumas aplicações, militares e aeronáuticas, Cr(VI) continua sendo usado em países do primeiro mundo, mesmo sendo altamente tóxico, pelo poder de proteção contra a corrosão do tratamento com cromato.

[0010] Documentos de patentes tais como US2006/0266438A1, JP2009041092(A), US4578122, US4359345, que ensinam sobre camadas de conversão na base de Cr(III), mencionam uma gama de aditivos, tais como íons de Co, Ce, Mn, Fe, Ni, Mo, La, entre outros. E, geralmente a função destes aditivos é descrito como “ativação” da superfície.

[0011] Os documentos patentários US2006/0266438A1, JP2009041092(A), US4578122, US4359345, assim como outros, usam banhos que contêm o composto de Cr(III) e ao mesmo tempo os ativadores, alguns dos quais funcionam, supostamente, também como oxidantes de Cr(III). Desta maneira, se houver formação de Cr(VI) (cromato), isso ocorrerá dentro do banho. Mesmo supondo que a superfície metálica favoreça a reação eletroquímica e uma parte do Cr(VI) permaneça, então, no filme de conversão, outra parte do Cr(VI) permanecerá no banho, o qual, no fim da sua vida útil, fica contaminado com quantidades apreciáveis de Cr(VI). É também importante salientar que vários íons usados nestas patentes, como os mencionados acima, são eletroquimicamente ativos e reagem entre si e com o agente oxidante. Como consequência, oxidantes menos estáveis, como, por exemplo, H_2O_2 se decompõem então através de reações paralelas e não pela oxidação do substrato. Isso exige, portanto, uma troca mais rápida do banho contaminado com Cr(VI). De modo geral se torna difícil manter as propriedades do banho dentro dos limites toleráveis por longos tempos.

[0012] Em contrapartida, a presente invenção supera estes problemas do estado da técnica através da separação dos passos de formação da camada de conversão base íons Cr(III) e da posterior oxidação do Cr(III) dentro da camada de conversão por contato em tratamentos adicional com um agente oxidante do Cr(III). É, então, possível oxidar Cr(III) para Cr(VI) dentro da camada de conversão e assim conservar a capacidade de autocura sem o usa de banhos

de Cr(VI), respetivamente sem a contaminação de banhos de Cr(III) com íons de Cr(VI).

[0013] A patente US4349392 revela uma solução ácida aquosa e um processo para o tratamento de superfícies metálicas, particularmente superfícies de zinco e ligas de zinco, para depositar uma película passivadora com maior clareza e dureza e para conferir-lhe maior resistência à corrosão. A solução contém quantidades efetivas de íons de cromo, substancialmente todos no estado trivalente, íons de hidrogênio para fornecer um pH de cerca de 1,2 a cerca de 2,5, um agente oxidante, um ácido carboxílico orgânico solúvel em banho e compatível ou seus sais metálicos presentes em uma quantidade para conferir maior dureza inicial e maior clareza à película passivadora e pelo menos um íon metálico adicional selecionado do grupo que consiste em ferro, cobalto, níquel, molibdênio, manganês, lantânio, cério, misturas de lantanídeos, bem como misturas destes. A solução de tratamento pode, opcionalmente, conter ainda íons haleto e um agente umectante. Dessa forma, a patente estadunidense usa banho de Cr(III), junto com oxidantes, entre eles H_2O_2. Íons Cr(III) assim como oxidante H_2O_2 ficam no mesmo banho. Se houver oxidação de Cr(III) para Cr(VI) isso ocorrerá dentre do banho. Contudo, não há separação entre a etapa de formação de revestimento e a etapa de oxidação, portanto diferentemente da invenção ora proposta.

[0014] A patente GB2097024 revela superfícies metálicas, particularmente superfícies de zinco e ligas de zinco, são tratadas com uma solução aquosa ácida contendo quantidades efetivas de A) íons de hidrogênio para fornecer um pH de cerca de 1,5 a cerca de 2,2, B) um agente oxidante, C) pelo menos um dentre ferro, cobalto, níquel, molibdênio, manganês, alumínio, lantânio, misturas de lantanídeos ou íons de cério ou misturas destes, ou em vez de C) íons de ferro e cobalto. Outras soluções de tratamento também incorporam D) íons de cromo, substancialmente todos os quais estão no estado trivalente, e íons de ferro em combinação com um metal adicional de C) ou íons de cério, ou A), B), C) e D) e F), um composto de silicato compatível e solúvel em banho ou

A), B), C) e D) e G), uma mistura de ácido 1-hidroxietilideno-1,1 difosfônico e ácido cítrico ou misturas de A), B), C) e D) com dois ou mais de E), F) e G). A solução de tratamento pode opcionalmente conter ainda íons haleto e um agente umectante.). Logo, a patente britânica ensina a decomposição de H_2O_2 por reações com íons metálicos contidos no mesmo banho e sugere o uso de nitrato no lugar de H_2O_2. A decomposição de H_2O_2 ocorre porque o oxidante é misturado com os outros agentes no mesmo banho, e é nesta etapa que a patente GB2097024 se difere da presente invenção, pois H_2O_2 é aplicado em etapa posterior.

[0015] A patente US4578122 divulga uma solução aquosa isenta de peróxido ácido e um processo para tratar superfícies metálicas receptivas para conferir uma película passivadora de cromo contendo íons de cromo, substancialmente todos presentes no estado trivalente, íons de hidrogênio para fornecer um pH de cerca de 1,2 a cerca de 2,5, pelo menos um íon metálico adicional selecionado do grupo que consiste em ferro, cobalto, níquel, molibdênio, manganês, alumínio, lantânio, cério, misturas de lantanídeos, bem como misturas destes, presentes em uma quantidade eficaz para ativar a formação da película passivadora de cromato e íons nitrato como o agente oxidante essencial, presentes em uma quantidade para fornecer uma proporção molar de íons nitrato para íons crômio e íons metálicos ativadores de pelo menos cerca de 4:1 e suficiente para ativar o cromo trivalente hidratado para formar uma película de cromato no substrato. A solução ácida aquosa pode opcionalmente, e preferencialmente, conter ainda uma quantidade controlada de íons sulfato, íons haleto, ácidos carboxílicos orgânicos, um composto de silicato solúvel e compatível com banho e um ou uma combinação de agentes umectantes para melhorar ainda mais as características do filme passivador produzido. Portanto, a patente estadunidense usa nitrato como agente oxidante, além de aditivos para aumentar a dureza da camada de conversão, e ocorre a mistura do Cr(III) com o agente oxidante no mesmo banho, o que é diferente da invenção presente invenção.

[0016] A patente US7691498 refere-se uma composição de revestimento que inclui um ligante, um sólido de cromo trivalente e um agente oxidante estabilizado. A composição de revestimento é utilizada em um método para proteger a superfície de um artigo metálico, como um artigo de alumínio. O sólido de cromo trivalente forma um composto de cromo hexavalente solúvel como resultado da reação com o agente oxidante quando ativado na presença de um ambiente corrosivo. O cromo hexavalente solúvel em água liberado migra para os defeitos do revestimento para proteger o artigo metálico. Dessa forma, a patente estadunidense ensina uma solução para o mesmo problema do invento ora proposto, porém as etapas do processo são relevantemente diferentes. Cr(III) e oxidante ficam dentro da camada de conversão, mas o oxidante é armazenado intercalado num composto de estrutura lamelar (LDH, grafite). Desta estrutura o oxidante sai apenas quando cloreto entra no filme. Ocorre então troca de íons e o oxidante entra em contato com o Cr(III). Deve-se mencionar ainda que o produto do invento ora proposto não é um filme de conversão, mas sim, um filme polimérico que contém os componentes inorgânicos em forma de pó. Em comparação com isso a proposta invenção atual se diferencia pela simplicidade do processo, o que proporciona consideráveis vantagens econômicas.

[0017] Como observado, o estado da técnica se beneficiaria de uma solução que apresente um processo de produção de uma camada de conversão, formada num banho de Cr(III), que recupera a sua capacidade de autocura através de tratamento posterior com agente oxidante, que oxida parte do íons Cr(III) da camada de conversão para Cr(VI). Ainda, o invento ora proposto compreende um processo sem a aplicação de sais de Cr(VI) no banho, sem contaminar o banho de Cr(III) com íon de Cr(VI) e sem produzir outros efluentes contendo Cr(VI), tais como águas de lavagem ou banhos de Cr(VI) a serem descartados após serem exauridos.

Sumário da Invenção

[0018] Em um primeiro objeto, a presente invenção refere-se um processo de formação de um revestimento para proteção contra a corrosão de superfícies de zinco, o qual compreende uma etapa (a) de formação do filme protetor a partir de um banho de Cr(III), seguido de uma etapa (b) que tem como intuito a oxidação de parte dos íons Cr(III) incorporados no revestimento para Cr(VI), por meio de um banho com agente oxidante.

[0019] Em um segundo objeto, o invento ora proposto revela o uso do filme de conversão para proteção contra a corrosão, em que é aplicado em superfícies de zinco, de ligas de zinco, de aço galvanizado e de zinco eletrodepositado.

[0020] Em um terceiro objeto, a presente invenção refere-se um processo que produz um revestimento com propriedades de autocura pela presença residual de íons Cr(VI), sem o manuseio com banhos contendo íons Cr(VI), sem resíduos de Cr(VI) nos efluentes do processo e sem a presença de íons lixiviáveis de Cr(VI) do revestimento. Este revestimento obtido por processo verde é produzido em duas etapas definidas no primeiro objeto.

[0021] Estes e outros objetos da invenção serão imediatamente valorizados pelos versados na arte e pelas empresas com interesses no segmento e são descritos em detalhes suficientes para sua reprodução no texto a seguir.

Breve Descrição das Figuras:

[0022] Para melhor compreensão da presente invenção, são apresentadas figuras. As figuras são descritas individualmente conforme se segue:

Figura 1 ilustra o diagrama de blocos esquemático dos procedimentos de conversão por Cr(III) com pós-oxidação.

Figura 2 ilustra voltametrias potenciodinâmicas comparativas com amostras de zinco com camada de conversão de Cr(III), zinco com camada de conversão de Cr(VI) e zinco sem tratamento, mostrando potenciais de pite e de repassivação parecidos para os tratamentos com Cr(III) e com Cr(VI), respetivamente.

Descrição Detalhada da Invenção

[0023] A presente invenção descreve um processo de produção de um filme de conversão para proteção contra a corrosão que pode ser aplicado em superfícies galvanizadas por zinco (Zn) puro, ou por ligas Zn-Al e Zn-Al-Si como nos revestimentos comerciais *Galfan®, Galvalume*® e *Magnélis*® além de superfícies revestidas com Zn por eletrodeposição.

[0024] O processo compreende as seguintes etapas: preparação da superfície (limpeza); formação de uma camada de conversão a partir de um banho contendo íons de Cr(III); pós-tratamento com banho oxidante por aspersão, para oxidação parcial de Cr(III) contido no filme para Cr(VI).

Limpeza

[0025] A superfície a ser tratada pelo processo descrito na presente invenção deve estar livre de produtos oleosos, os quais devem ser eliminados por aplicação por imersão em banho com as dimensões suficientes para submergir a estrutura a ser tratada, sem exceder em 10% este volume, contento desengraxantes comerciais, alcalinos ou não, com concentração de 2 g/L a 4g/L, preferencialmente 3 g/L. Após o desengraxe, a superfície deve ser limpa com água pura deionizada, a fim de eliminar os produtos de limpeza aplicados.

[0026] Na presença de outras impurezas na superfície, que não foram eliminadas pelo procedimento anterior, tais como óxidos e materiais oleosos residuais, não removidos pelo desengraxe; a limpeza com produtos ácidos pode ser considerada, por exemplo com ácido sulfúrico ou clorídrico de concentração 0,001 a 0,1 mol/L, preferencialmente a 0,01 mol/L. O uso de ácido nítrico (HNO_3), também na concentração de 0,001 mol/L a 0,1 mol/L, preferencialmente a 0,01 mol/L para fins de limpeza, descrito em outros processos muitas vezes como

“ativação”, pode ser considerado também. O volume a ser empregado depende do tamanho da estrutura, portanto em uma cuba de PVC ou outro polímero semelhante, com dimensões que permitam submergir a estrutura a ser tratada, sem exceder este volume em mais de 10%.

Formação de uma camada de conversão a partir de um banho contendo íons de Cr(III)

[0027] O processo de formação de um revestimento para proteção à corrosão de superfícies de zinco, inicia-se com a superfície devidamente preparada e limpa. Posteriormente, a superfície é mergulhada num banho com Cr(III), em cuba de PVC ou outro polímero semelhante, com dimensões que permitam submergir a estrutura a ser tratada, sem exceder este volume em mais de 10%. O processo compreende a seguinte composição: sulfato de Cr(III) $Cr_2(SO_4)_3$ ou sulfato alcalino de Cr(III), $Cr_4(SO_4)_5(OH)_2$, em que a concentração destes sais pode variar entre 0,005 mol/L e 0,4 mol/L, preferencialmente a 0,1 mol/L. Aditivos podem ser acrescentados desde que eles não afetem a estabilidade dos íons de Cr(III). Ainda a temperatura do banho pode variar entre 20ºC e 55ºC, preferencialmente a 25ºC e o tempo de imersão entre 1 minuto e 3 minutos, preferencialmente 2 minutos, dependendo do teor de zinco da superfície zincada. Após o tempo de imersão, a superfície deve secar naturalmente ao ar, a temperatura de 20ºC e 25ºC, preferencialmente 25ºC, durante 1 minuto a 10 minutos, preferencialmente por 2 minutos. Dependendo das condições no local (temperatura abaixo de 20ºC, umidade relativa do ar superior a 70%) o período de secagem pode ser estendido até 10 minutos. Este passo conduzirá à formação da camada de conversão baseada em Cr(III).

Processo de produção de um revestimento com propriedades de autocura pela oxidação in situ de parte dos íons Cr(III) no filme a Cr(VI)

[0028] A camada de conversão de Cr(III), formada conforme o primeiro objeto, é exposta a uma solução contendo um oxidante. O banho para a etapa de oxidação da camada a base de Cr(III) tem a seguinte composição:

- água oxigenada (H_2O_2) com concentração de 20%, no mínimo (20 volumes) ou até 50 %, preferencialmente 30 %, ou:

- água oxigenada com concentração de 30% a 50% e HNO_3 com concentração de 0,01 mol/L, com ou sem adição de nitrato de sódio ($NaNO_3$) com concentração de 0,1 mol/L, preferencialmente, para menores custos, de H_2O_2 com concentração de 30%. A aplicação do banho oxidante ocorre em temperatura ambiente. É importante que esta etapa seja aplicada à camada de conversão recém-formada, ou seja, logo após a secagem completa por 1 minuto a 10 minutos em temperatura ambiente, preferencialmente por 2 minutos, pois a camada passa por alterações químicas, tais como desidratação, ao longo do tempo.

[0029] O processo da presente invenção é aplicado preferivelmente para superfícies lisas, por exemplo, de chapas galvanizadas, essas devem ser mantidas em posição horizontal para a aplicação do banho por meio de aspersão por pistola de pintura adequada, sem que a solução aplicada escorra, pois se objetiva não remover o banho aplicado anteriormente de Cr(III), o qual é solúvel. Deixa-se, então, secar naturalmente por um tempo mínimo de 1 minuto a 10 minutos, preferencialmente a 2 minutos.

[0030] Uma aplicação deveria bastar neste caso, mas o processo pode ser repetido por uma ou duas vezes após secagem.

[0031] Uma lavagem final com água pura não é necessária, mas é recomendável apenas quando o banho oxidante contém HNO_3 em maiores concentrações.

[0032] A aplicação do banho oxidante tem como objetivo a oxidação parcial de Cr(III) para Cr(VI), permitindo a obtenção de filmes a partir de Cr(III), mas com capacidade de autocura pelo Cr(VI) minimamente formado e retido no interior da camada de conversão oxidada. No caso do uso de H_2O_2 como oxidante, as seguintes reações eletroquímicas podem ocorrer:

(c) $H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$

(d) $Cr^{3+} + 4H_2O \rightarrow CrO_4^{2-} + 3e^- + 8H^+$

[0033] O Cr(VI) se forma na superfície do metal, a qual catalisa a redução de H_2O_2 e, portanto, da oxidação do Cr(III) a Cr(IV), que ficará retido na camada de conversão, sem produzir na superfície do filme resíduos lixiviáveis contaminados por cromato. Observou-se que a formação de cromato é facilitada quando o processo é executado por aspersão, ao invés de imersão, pois neste último caso, ocorreria perda por solubilização do Cr(III). Durante este processo por spray, aplicado por exemplo por aspersão com pistola de pintura, forma-se uma camada fina de líquido na superfície, a qual permite um acesso rápido de oxigênio a partir do ar atmosférico. A redução do oxigênio aumenta o pH na superfície e acelera possivelmente a reação (d) pela eliminação do H^+.

[0034] A aplicação em superfícies inclinadas ou verticais deve ser feita de forma cuidadosa, com o mínimo volume de aspersão por área de chapa, para que a solução de Cr(III) não escorra. A reaplicação de oxidante por pistola por mais uma ou duas vezes, neste caso, é necessária.

[0035] Outras técnicas de aplicação que produzem um filme fino usando ferramentas do tipo rolo ou pincel seriam teoricamente também possíveis, porém economicamente não viáveis para aplicação em áreas maiores. O uso de pistolas para pintura, que podem ser reguladas conforme a viscosidade do líquido representam a melhor alternativa, a viscosidade do banho oxidante varia, por exemplo, conforme a concentração de H_2O_2 no banho.

[0036] O Exemplo a seguir traz os resultados do teste de voltametria potenciodinâmica, após tratamento do zinco aqui descrito em 0,1 mol/L de sulfato básico de Cr(III) seguido de aspersão com H_2O_2 30 %comparado com o tratamento em ácido crômico 0,1 mol/L e o zinco sem nenhum tratamento. O exemplo aqui mostrado têm o intuito somente de exemplificar uma das inúmeras maneiras de se realizar a invenção, contudo sem limitar, o escopo da mesma.

[0037] EXEMPLO 1 - Teste de Voltametria Potenciodinâmica com 0,2 mV/sPara este exemplo foram usadas amostra de zinco puro Zn (99.99% Zn). A superfície das amostras foi lixada com lixas de SiC e polida com pasta de diamante de 1 µm e sabão neutro. Posterior, as amostras foram limpas em banho

de ultrassom com água deionizada o por último com álcool isopropílico. Uma parte das amostras não recebeu tratamento adicional. Nas outras amostras o filme de conversão de Cr(VI) foi aplicado por imersão durante dois minutos em solução de 0,1 mol/L CrO_3, o filme de Cr(III) por imersão durante dois minutos em solução de 0,1mol/L $Cr_4(SO_4)_5(OH)_2$. Os dois filmes foram secos durante dois minutos. A *in-situ* oxidação do filme de Cr(III) foi realizada por aspersão em H_2O_2 35% e terminou com um período de secagem de dois minutos. A temperatura dos dois tratamentos foi de 25ºC. Após secagem as superfícies das amostras com filme de conversão foram finalmente limpas com água deionizada. Os testes comparativos de voltametria com amostras de zinco sem tratamento, zinco com filme de conversão de Cr(VI) e filme de conversão de Cr(III) foram realizados em solução de 0,1 mol/L NaCl, saturado de ar a 25ºC. A célula de teste foi composto da amostra, do contra-eletrodo de platina e da eletrodo de referência Ag/AgCl. Uma taxa de varredura do potencial de 0,2mV/s foi aplicada por meio de um potenciostato *Autolab PGSTAT302N*. O resultado dos testes (Fig.2) mostra claramente a proteção do zinco contra corrosão pelos filmes de conversão: as duas amostras com filmes de conversão têm potenciais de pite (E_{pite}) e de repassivação (E_{rep}) em torno de 200mV mais altos do que o zinco sem tratamento: E_{pite}(Zn)=-700mV; E_{pite}(Cr(VI)=-520mV; E_{pite}(CrIII)=-500mV; E_{rep}(Zn)=-800mV; E_{rep}(CrVI)=-590mV; E_{rep}(CrIII)=-580mV. A comparação entre filme de Cr(VI) e filme de Cr(III) mostra que o grau de proteção contra corrosão proferido pelo tratamento com oxidação *in-situ* do Cr(III) é comparável com a proteção pelo filme de Cr(IV), com valores levemente melhores ainda para o tratamento com oxidação *in-situ*.

[0038] Deve ficar entendido que a presente descrição não limita a aplicação aos detalhes aqui descritos e que a invenção é capaz de outras modalidades e de ser praticada ou executada em uma variedade de modos, dentro do escopo das reivindicações. Embora tenham sido usados termos específicos, tais termos devem ser interpretados em sentido genérico e descritivo, e não com o propósito de limitação do escopo da invenção.

Reivindicações

1. Processo de produção de um filme de conversão para proteção contra a corrosão **caracterizado** por compreender as seguintes etapas:

(a) formação de uma camada de conversão a partir de um banho de Cr(III);

(b) oxidação *in situ* do produto obtido na etapa (a).

2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pela etapa (a) ocorrer em banho de $Cr_2(SO_4)_3$ de 0,005 mol/L e 0,4 mol/L, preferencialmente com 0,1 mol/L, ou $Cr_4(SO_4)_5(OH)_2$ de 0,005 mol/L e 0,4 mol/L, preferencialmente com 0,1 mol/L.

em que etapa (a) opcionalmente compreende aditivos acrescentados. 3. Processo, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pela etapa (a) ocorrer a temperatura do banho entre 25ºC e 55ºC, preferencialmente 25ºC e tempo de imersão entre 1 e 3 minutos, preferencialmente 2 minutos.

4. Processo, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo filme de conversão ser seco a temperatura de 20ºC a 25ºC, preferencialmente 25ºC, por 1 minuto a 10 minutos, preferencialmente por 2 minutos.

5. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pela etapa (b) ocorrer na temperatura 20ºC a 25ºC, preferencialmente 25ºC, em H_2O_2 com concentração de 20% a 50%,preferencialmente a 30%; ou

em que em uma solução de H_2O_2com concentração de 30% a 50% e HNO_3 com concentrações 0,01 M, com ou sem adição de $NaNO_3$ com concentração de 0,1 mol/L, preferencialmente com H_2O_2 com concentração de 30%.

6. Processo, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** pela etapa (b) ocorrer com a camada de conversão em Cr(III).

7. Processo, de acordo com a reivindicação 5 ou 6, **caracterizado** pela etapa (b) ocorrer por meio de aspersão com pistola de pintura em superfícies lisas.

8. Processo, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pela etapa (b) ser repetida para superfícies inclinadas ou verticais.

9. Processo, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pela etapa (b) em superfícies inclinadas ou verticais e secagem natural por 1 minuto a 10 minutos, preferencialmente por 2 minutos.

10. Uso do filme de conversão para proteção contra a corrosão, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado por ser aplicado em superfícies de zinco, de ligas de zinco, de aço galvanizado e de zinco eletrodepositado.

Desenhos

Figura 1

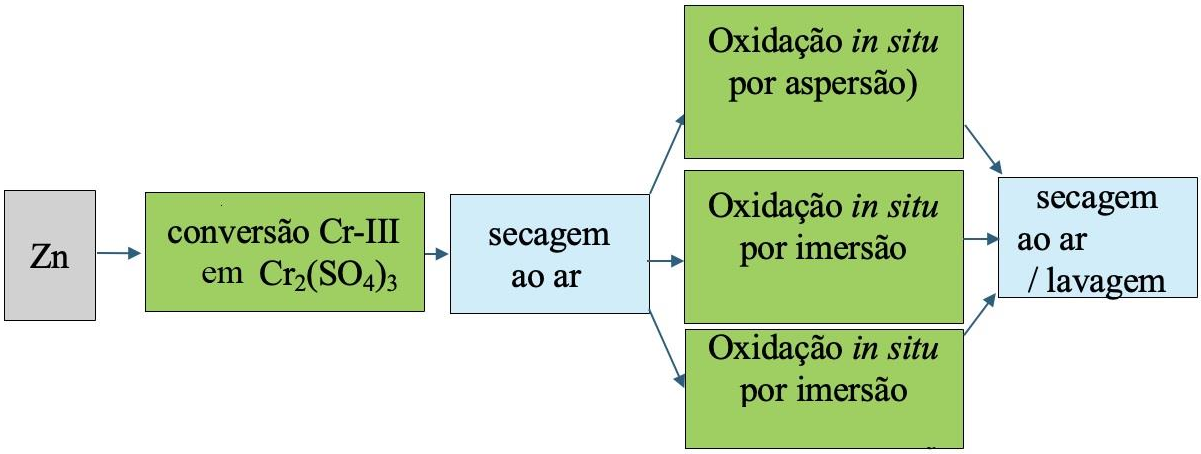


Figura 2

