



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

(21) BR 102016025088-9 A2

(22) Data do Depósito: 26/10/2016

(43) Data da Publicação: 29/05/2018



(54) Título: MÉTODO DE PREVENÇÃO DA FRAGILIZAÇÃO POR HIDROGÊNIO DE COMPONENTES A PARTIR DE REVESTIMENTOS POR ASPERSÃO TÉRMICA

(51) Int. Cl.: C23C 4/08

(73) Titular(es): UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

(72) Inventor(es): CRISTIANE DE SOUZA BRANDOLT; CELIA DE FRAGA MALFATTI; ROBERTO MOREIRA SCHROEDER; LEANDRO CÂMARA NORONHA

(57) Resumo: A presente invenção refere-se ao desenvolvimento de um método de prevenção contra a fragilização por hidrogênio de componentes. O método constitui a aplicação de revestimento por aspersion térmica na superfície do componente, utilizando-se como material de revestimento o metal nióbio em pó ou níquel em pó ou cobalto em pó, ou o alumínio em pó, ou o cromo em pó, ou o titânio em pó, ou ligas de aço inoxidável em pó, ou uma mistura de pós-metálicos constituindo-se à base de pó de níquel, ou pó de nióbio, pó de cobalto, pó de alumínio, pó de cromo, pó de titânio ou pó de aço inoxidável.



MÉTODO DE PREVENÇÃO DA FRAGILIZAÇÃO POR HIDROGÊNIO DE COMPONENTES A PARTIR DE
REVESTIMENTOS POR ASPERSÃO TÉRMICA

Campo da Invenção

[001] A presente invenção refere-se ao desenvolvimento de um método de prevenção contra a fragilização por hidrogênio de componentes. O método constitui a aplicação de revestimento por aspersão térmica na superfície do componente, utilizando-se como material de revestimento o metal nióbio em pó ou níquel em pó ou cobalto em pó, ou o alumínio em pó, ou o cromo em pó, ou o titânio em pó, ou ligas de aço inoxidável em pó, ou uma mistura de pós-metálicos constituindo-se à base de pó de níquel, ou pó de nióbio, pó de cobalto, pó de alumínio, pó de cromo, pó de titânio ou pó de aço inoxidável. A presente invenção está relacionada à indústria de óleo e gás, indústria química e ao setor de biocombustíveis.

Antecedentes da Invenção

[002] Fragilização por hidrogênio é um dano que ocorre em componentes metálicos quando exposto a meios contendo hidrogênio, na qual os componentes sofrem reduções em suas propriedades mecânicas ou falhas prematuras em serviço. Um exemplo de problema que pode ser resolvido ou amenizado com este invento ocorre na indústria de óleo e gás. Os componentes neste setor (como exemplo tubulações de transporte e extração de petróleo) são expostos a ambientes agressivos que deterioram estes componentes por corrosão. Para inibir a corrosão destes componentes as empresas ou empregam materiais de elevado custo, como aços inoxidáveis duplex, ou empregam soluções como proteção catódica. A proteção catódica inibe a corrosão pelo fornecimento de elétrons, contudo este fornecimento de elétrons pode levar à redução de íons H^+ à H^0 , levando à entrada de hidrogênio no material e consequente fragilização do componente.

[003] O presente invento vem para inibir a fragilização por hidrogênio de componentes, através da aplicação de revestimentos aspergidos nestes componentes. Nesse caso dificultaria a entrada de hidrogênio no interior do material da tubulação, inibindo então a fragilização destes materiais. Outro problema que pode ser resolvido com este invento é a frequente fragilização de componentes que estão expostos a meios contendo H_2S , também muito frequentemente encontrado na indústria de óleo e gás. A degradação de tubulações de transporte e extração de petróleo é um dos maiores problemas da indústria de óleo e gás atualmente, e o desenvolvimento de soluções para estas aplicações são fundamentais para o desenvolvimento deste setor.

[004] Revestimentos obtidos por aspersão térmica são versáteis, práticos e relativamente fáceis de serem aplicados. Podem ser aplicados em campo, em componentes que já estão em operação, ou em fábrica, em grande escala de produção. Podem ser aplicados nas mais diversas geometrias, inclusive no interior de tubulações, pois já existem pistolas para

tal aplicação. É ambientalmente limpo, sendo alvo de estudo como substituição a outros processos, como revestimentos por cromo duro. Apresenta vantagens em relação a outros processos de obtenção de revestimentos, como soldagem, já que não apresenta zona de diluição entre revestimento e substrato. Além disso, é relativamente barato em relação a outras soluções empregadas em componentes expostos a ambientes agressivos, como o uso de materiais de elevado custo. Com o uso desta tecnologia pode-se empregar materiais de tubulação mais baratos e aplicar na sua superfície, o revestimento protetor, reduzindo o custo total da tubulação.

[005] Em geral revestimentos aspergidos são voltados à proteção contra o desgaste e corrosão, também tendo aplicação contra fadiga, erosão, oxidação, entre outros. Além disso, os materiais que são aplicados em revestimentos também se diferenciam dos propostos neste experimento. Não é comum a aplicação de metais puros como material de revestimento, observa-se aplicação de intermetálicos, materiais cerâmicos puros, materiais cerâmicos misturados com materiais metálicos, que apresentam elevada dureza e por isso são empregados frequentemente contra desgaste, ou corrosão associada ao desgaste. Na literatura, como metais puros sendo aplicados por aspersão térmica, para proteção de componentes, observam-se metais como alumínio e zinco, que apresentam potenciais de redução menos nobres em relação a ferrosos (geralmente sendo estudados materiais ferrosos como substrato, sendo que eles constituem principal aplicação de componentes tais como tubulações e componentes de óleo e gás ao qual se designa o presente invento). Este tipo de aplicação é voltado para proteção contra corrosão de componentes por anodo de sacrifício. Este tipo de revestimento pode inclusive induzir à fragilização por hidrogênio do substrato, já que o fornecimento de íons promovido pelo revestimento pode levar à redução de íons H^+ , e consequente entrada de hidrogênio no material. Desta forma, outro diferencial deste invento, consiste na aplicação de metais com potenciais relativamente nobres em relação a materiais ferrosos (níquel, cobalto e nióbio), além de não haver mistura com materiais cerâmicos ou intermetálicos.

[006] Dentre as técnicas atualmente empregadas para inibição de fragilização por hidrogênio, a aplicação de revestimentos por aspersão térmica não é empregada, sendo este o grande diferencial deste invento.

[007] No âmbito patentário foram encontrados alguns documentos, os quais são citados a seguir:

[008] **WO200172455**, “*Superalloy of powders with improved high temperature oxidation, corrosion and creep resistance*”. O invento propõe o uso de material de revestimento contendo MCrAlY, enquanto **a presente proposta de invento emprega materiais metálicos** como nióbio em pó e/ou níquel em pó e/ou cobalto em pó, e/ou uma mistura de pós metálicos constituindo-se à base de pó de níquel, ou pó de nióbio ou pó de cobalto. Além disso, o

revestimento apresentado no pedido WO200172455 não é voltado para aplicação por fragilização por hidrogênio, que é o objetivo da presente invenção.

[009] **US6485792**, “*Endurance of NiAl coatings by controlling thermal spray processing variables*”. Nesse pedido, o material do revestimento constitui de NiAl, enquanto que na presente invenção, não aspergimos intermetálicos e não utilizamos alumínio. A presente proposta de invento emprega materiais metálicos como nióbio em pó e/ou níquel em pó e/ou cobalto em pó, e/ou uma mistura de pós metálicos constituindo-se à base de pó de níquel, ou pó de nióbio ou pó de cobalto e além disso, o revestimento apresentado na patente não é voltado para aplicação por fragilização por hidrogênio, que é o objetivo da presente invenção.

[010] **CN1637163**, “*Thermal spray powder*”. O pedido CN1637163 apresenta carbeto de tungstênio na composição do pó e não é voltado à proteção contra fragilização do hidrogênio. A presente proposta de invento emprega materiais metálicos como nióbio em pó e/ou níquel em pó e/ou cobalto em pó, e/ou uma mistura de pós metálicos constituindo-se à base de pó de níquel, ou pó de nióbio ou pó de cobalto e além disso, o revestimento apresentado na patente não é voltado para aplicação por fragilização por hidrogênio, que é o objetivo da presente proposta.

[011] **US6383658**, “*Thermally sprayed coatings having an interface with controlled cleanliness*”. O pedido de patente trata de um revestimento com preparação específica da superfície, envolvendo processo de difusão, propõe o uso de material de revestimento contendo MCrAlY. A presente proposta de invento emprega materiais metálicos como nióbio em pó e/ou níquel em pó e/ou cobalto em pó, e/ou uma mistura de pós metálicos constituindo-se à base de pó de níquel, ou pó de nióbio ou pó de cobalto e além disso, o revestimento apresentado na patente não é voltado para aplicação por fragilização por hidrogênio, que é o objetivo da presente proposta.

[012] **WO200954412**, “*Powder for thermal spraying*”. Esse pedido trata sobre a obtenção de um pó, e não de um revestimento. Também não é voltada para a proteção de componentes contra a fragilização por hidrogênio.

[013] **US20110254230**, “*Coatings and powders, methods of making same, and uses thereof*”. Esse pedido de patente propõe o uso de partículas de carbetos em matriz metálica de Mo, Cr e Ni. A presente proposta de invento emprega materiais metálicos como nióbio em pó e/ou níquel em pó e/ou cobalto em pó, e/ou uma mistura de pós metálicos constituindo-se à base de pó de níquel, ou pó de nióbio ou pó de cobalto e além disso, o revestimento apresentado na patente não é voltado para aplicação por fragilização por hidrogênio, que é o objetivo da presente proposta.

[014] **US20040101738**, “*Bipolar plate with metal core and corrosion-resistant layer for PEM fuel cells*”. O sistema proposto nesse pedido de patente é voltado para o aumento da resistência à corrosão de placas bipolares empregadas em células a combustível. A presente

proposta de invento não é voltada para aplicação em células a combustível e tem por objetivo aumentar a resistência à fragilização por hidrogênio. Como pode ser visto no pedido US20040101738, na reivindicação 2 deste experimento, é aspergido pó à base de níquel para obtenção de um revestimento, contudo a reivindicação 2 é dependente da reivindicação 1 que é totalmente diferente da presente proposta de invento. A reivindicação 1 trata de uma placa bipolar com estrutura multicamada (na qual uma destas camadas é composta pelo material aspergido) para uma aplicação específica de células a combustíveis.

[015] **WO2005118185**, "*Wear resistant alloy powders and coatings*". O invento propõe a obtenção de revestimentos de cromo, molibdênio carbono, a presente proposta de invento emprega materiais metálicos como nióbio em pó e/ou níquel em pó e/ou cobalto em pó, e/ou uma mistura de pós metálicos constituindo-se à base de pó de níquel, ou pó de nióbio ou pó de cobalto. Além disso, o revestimento apresentado na patente não é voltado para aplicação por fragilização por hidrogênio, que é o objetivo da presente proposta.

[016] **CA2205681**, "*Thermal spray gun with inner passage liner and component for such gun*". O invento se refere ao projeto para uma pistola de aspersão e um componente, não trata da obtenção de um revestimento.

[017] **JP2005105292**, "*The spray deposit and the spray deposit formation method of the stainless steel where the molybdenum is contained*". O metal de deposição é aço inoxidável, a presente proposta de invento emprega materiais metálicos como nióbio em pó e/ou níquel em pó e/ou cobalto em pó, e/ou uma mistura de pós metálicos constituindo-se à base de pó de níquel, ou pó de nióbio ou pó de cobalto. Além disso, o revestimento apresentado na patente não é voltado para aplicação por fragilização por hidrogênio, que é o objetivo da presente proposta.

[018] **WO200988934**, "*Processes for in-situ coating of metals*". O invento se trata da aplicação de materiais intermetálicos, enquanto a presente proposta de invento emprega materiais metálicos como nióbio em pó e/ou níquel em pó e/ou cobalto em pó, e/ou uma mistura de pós metálicos constituindo-se à base de pó de níquel, ou pó de nióbio ou pó de cobalto. Além disso, o revestimento apresentado na patente não é voltado para aplicação por fragilização por hidrogênio, que é o objetivo da presente proposta.

[019] **CN103184401**, "*Cobalt-based arc-spray cored wire*". A invenção trata do desenvolvimento de arame para aspersão. A presente proposta de invento trata sobre a obtenção de um revestimento empregando pós metálicos.

[020] **CN103614686**, "*Method for preparing intermetallic compound composite coating through heterogeneous double-wire spraying and thermal treatment*". O invento trata sobre a aplicação de material intermetálico para a obtenção de revestimentos empregando material em forma de arame. A presente proposta de invento emprega materiais metálicos como nióbio em pó e/ou níquel em pó e/ou cobalto em pó, e/ou uma mistura de pós metálicos constituindo-se à

base de pó de níquel, ou pó de nióbio ou pó de cobalto. Além disso, o revestimento apresentado no pedido de patente não é voltado para aplicação por fragilização por hidrogênio, que é o objetivo da presente invenção.

[021] **WO2013101544**, “*Coating compositions, applications thereof, and methods of forming*”. Este pedido de patente propõe a obtenção de revestimento em duas camadas com características específicas. A primeira camada com uma dada porosidade e a segunda camada com presença de lubrificante. A presente proposta de invento emprega materiais metálicos como nióbio em pó e/ou níquel em pó e/ou cobalto em pó, e/ou uma mistura de pós metálicos constituindo-se à base de pó de níquel, ou pó de nióbio ou pó de cobalto. Além disso, o revestimento apresentado na patente não é voltado para aplicação por fragilização por hidrogênio, que é o objetivo da presente proposta.

[022] **US20090042056**, “*Oxide-forming protective coatings for niobium-based materials*”. O pedido de patente descreve a aplicação de materiais à base de nióbio como substrato, e não como revestimento. O material de revestimento nesse caso contém alumínio, silício, entre outros que não constituem o revestimento proposta na presente proposta de invento. Além disso, o revestimento apresentado na patente não é voltado para aplicação por fragilização por hidrogênio, que é o objetivo do presente invento.

[023] **US20130186237**, “*Thermal spray applications using iron based alloy powder*”. Nesse pedido de patente vários elementos são empregados na composição do pó de aspersão, dentre eles: carbono, cromo, tungstênio, vanádio entre outros. Além disso, essa mistura é à base de ferro. A presente proposta de invento emprega materiais metálicos como nióbio em pó e/ou níquel em pó e/ou cobalto em pó, e/ou uma mistura de pós metálicos constituindo-se à base de pó de níquel, ou pó de nióbio ou pó de cobalto. Além disso, o revestimento apresentado na patente não é voltado para aplicação por fragilização por hidrogênio, que é o objetivo da presente proposta.

[024] **WO201408011 (US20140009872 e TW201418001)**, “*Consumer electronics machined housing using coating that exhibit metamorphic transformation*”. Nesta invenção é relatada a obtenção de um revestimento por aspersão seguido de um processo para transformação metamórfica. A presente proposta de invento emprega materiais metálicos como nióbio em pó e/ou níquel em pó e/ou cobalto em pó, e/ou uma mistura de pós metálicos constituindo-se à base de pó de níquel, ou pó de nióbio ou pó de cobalto. Além disso, o revestimento apresentado na patente não é voltado para aplicação por fragilização por hidrogênio, que é o objetivo da presente proposta.

[025] **WO200494685 (US20050014010)**, “*Method to provide wear-resistant coating and related coated articles*”. Nesse pedido de patente, apesar de o revestimento incluir a deposição de metal de matriz níquel, cobalto (reivindicação 2) e nióbio (reivindicação 4), é necessário a mistura desses pós com um pó de material superabrasivo, conforme a reivindicação 1

(reivindicação 4 e reivindicação 2 são dependentes da reivindicação 1). Esta mistura não é realizada na presente invenção já que se trata de revestimento metálico. A mistura de material abrasivo neste experimento comparado é voltada para aumento da resistência ao desgaste do revestimento, não sendo voltado à fragilização por hidrogênio.

Sumário da Invenção

[026] A presente invenção refere-se ao desenvolvimento de um método de prevenção contra a fragilização por hidrogênio de componentes, a partir da aplicação de revestimento por aspersão térmica na superfície do componente.

[027] Numa realização preferencial, o processo de aspersão térmica pode ser a *High Velocity Oxygen Fuel* (HVOF), a plasma, à chama, sem, no entanto, restringir-se a esses processos.

[028] Numa realização preferencial, a aspersão térmica utiliza como material para revestimento, o metal nióbio em pó e/ou o metal níquel em pó e/ou o metal cobalto em pó, e/ou uma mistura de pós-metálicos constituindo-se à base de pó de níquel, ou pó de nióbio ou pó de cobalto.

[029] Numa realização preferencial, o revestimento deve ser aplicado na superfície do componente, em sua totalidade, na região em contato com hidrogênio, ou na região que contenha meio onde possa ocorrer evolução de hidrogênio.

Descrição das Figuras

[030] Figura 1 – Aplicação de revestimento por aspersão térmica High Velocity Oxygen Fuel (HVOF)

[031] Figura 2A – Imagem obtida por MEV em revestimentos obtidos por aspersão térmica em nióbio

[032] Figura 2B – Imagem obtida por MEV em revestimentos obtidos por aspersão térmica em níquel

[033] Figura 2C - Imagem obtida por MEV em revestimentos obtidos por aspersão térmica em cobalto

[034] Figura 3 – Gráfico: tensão x deformação – comparativo entre o aço sem revestimento com carregamento, o aço com revestimento com carregamento e aço com revestimento sem carregamento.

Descrição Detalhada da Invenção

[035] A presente invenção refere-se ao desenvolvimento de um método de prevenção contra a fragilização por hidrogênio de componentes, a partir da aplicação de revestimento por aspersão térmica (tal como aspersão HVOF, aspersão a plasma, aspersão à chama, entre outros processos de aspersão) na superfície do componente.

[036] Nesta técnica aplica-se o revestimento por aspersion térmica, utilizando-se como material de revestimento o metal nióbio em pó e/ou o metal níquel em pó e/ou o metal cobalto em pó, e/ou uma mistura de pós-metálicos constituindo-se à base de pó de níquel, ou pó de nióbio ou pó de cobalto. Para a composição dos pós de aspersion, ainda se considera a opção de uso, não limitante de metais como o ferro, cromo, vanádio, titânio, molibdênio, ligas de níquel, ligas de cromo, ligas de cobalto e ligas de aço inoxidável.

[037] O revestimento deve ser aplicado na superfície do componente, em sua totalidade, na região em contato com hidrogênio, ou na região que contenha meio onde possa ocorrer evolução de hidrogênio. O revestimento então atuará como barreira à entrada de hidrogênio.

[038] Para a obtenção deste revestimento de nióbio pode ser utilizada uma pistola Pistola DJ 2700 Sulzer Metco com alimentador de pó 9MP-DJ Sulzer Metco, cujos parâmetros estão descritos na tabela 1.

[039] **Tabela 1** – Exemplo de parâmetros utilizados para obtenção do revestimento de nióbio por HVOF

Parâmetros Utilizados	
Vazão de oxigênio (L.min ⁻¹)	165
Vazão de propano (L.min ⁻¹)	144
Vazão de ar comprimido (L.min ⁻¹)	181
Vazão de nitrogênio - gás de arraste (L.min ⁻¹)	290
Pressão de oxigênio (psi)	178
Pressão de propano (psi)	116
Pressão de ar comprimido (psi)	116
Pressão de nitrogênio - gás de arraste (psi)	166
Distância de aspersion (mm)	300
Taxa de deposição (g.min ⁻¹)	41
Velocidade da pistola (m.s ⁻¹)	0,2
Número de camadas	5

[040] Para a obtenção dos revestimentos de níquel e cobalto foi empregado equipamento Tafa JP 5000 HP/HVOF System Modelo 5120, da fabricante PRAXAIR e uma pistola Tafa GUN Model 5220, cujos parâmetros estão descritos na Tabela 2.

[041] **Tabela 2** - Exemplo de parâmetros de aspersion de revestimentos de níquel e de cobalto

Taxa de alimentação	76 g/min
Canhão	6"
Pressão de oxigênio	140 +/- 5 psi
Vazão de oxigênio	2055 scfh
Pressão de combustível	133 +/-5 psi
Vazão de combustível	5,2 gph
Pressão de nitrogênio - gás de arraste	50 psi
Vazão de nitrogênio - gás de arraste	10 +/- 1 scfh
Pressão de ar comprimido	116 psi
Velocidade do disco alimentador	5,5 rpm
Distância da pistola	300 mm
Inclinação da pistola	0°
Velocidade de deslocamento da pistola	19000 mm/s
Distância entre passes	5 mm
Camada esperada	0,2 mm
Número de Passes	4

[042] Também, se sugere a realização de jateamento abrasivo na superfície do substrato, antes da aplicação do revestimento para aumento da rugosidade superficial e maior adesão do revestimento ao substrato.

[043] A seguir são exibidos alguns resultados que mostram as características de alguns destes revestimentos propostos, bem como a eficiência dos mesmos para o objetivo proposto. A Figura 1 mostra a aplicação de revestimento de nióbio por aspensão térmica HVOF (High Velocity Oxygen Fuel) na superfície de componente.

[044] A Figura 2 mostra uma imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura da secção transversal de amostra revestida com nióbio (Figura 2A), com níquel (Figura 2B) e com cobalto (Figura 2C). A partir da Figura 2 observa-se que os revestimentos apresentam uniformidade, baixa presença de defeitos e não apresentam zona de diluição com o substrato (sem fusão do substrato).

[045] Para comprovar o efeito barreira do revestimento foram obtidas curvas tensão deformação em corpos de prova com e sem revestimento de nióbio, com e sem introdução forçada de hidrogênio (introdução de hidrogênio realizada com uso de circuito galvanostático catódico, onde área útil de corpo de prova é exposta a eletrólito contendo íons H⁺). A comparação do comportamento em tração, a partir das propriedades mecânicas do substrato, revela o efeito barreira do revestimento. O Gráfico "tensão x deformação" abaixo, exibe curvas tensão deformação do substrato de aço API 5CT P110 com revestimento de nióbio por HVOF e sem carregamento de hidrogênio (Figura 3) (curva 2); sem revestimento e com carregamento

prévio de hidrogênio (curva 3); com revestimento e com carregamento prévio de hidrogênio (curva 4).

[046] Verifica-se que o material com revestimento e com carregamento de hidrogênio apresenta uma deformação total percentual de aproximadamente 167% maior do que o material sem revestimento, mostrando melhora no comportamento em tração do substrato em presença de hidrogênio. O substrato com revestimento apresenta praticamente as mesmas propriedades mecânicas que o substrato sem presença de hidrogênio, indicando que o revestimento atuou como barreira a entrada de hidrogênio, inibindo a atuação do hidrogênio na fragilização do material.

[047] A presente invenção não limita parâmetros e equipamentos para obtenção dos revestimentos, no entanto a seguir são expostos equipamentos e parâmetros empregados para obtenção dos revestimentos de níquel, cobalto e nióbio expostos na Figura 2 e no Gráfico “tensão x deformação”, como exemplo de parâmetros a serem empregados para obtenção dos revestimentos propostos neste invento.

Reivindicações

- 1) MÉTODO DE PREVENÇÃO DA FRAGILIZAÇÃO POR HIDROGÊNIO DE COMPONENTES A PARTIR DE REVESTIMENTOS POR ASPERSÃO TÉRMICA, caracterizado por compreender como material de revestimento os elementos na forma metálica ou em pó de nióbio, cobalto, alumínio, cromo, titânio, cobalto ou níquel utilizados sozinhos ou em mistura de pós metálicos em quaisquer proporções ou ligas de aço inox em pó constituindo então à base de pó de ferro juntamente com cromo e/ou níquel.
- 2) MÉTODO DE PREVENÇÃO DA FRAGILIZAÇÃO POR HIDROGÊNIO DE COMPONENTES A PARTIR DE REVESTIMENTOS POR ASPERSÃO TÉRMICA de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a mistura dos pós de aspersion compreender um ou mais de um dos seguintes metais: ferro, cromo, vanádio, titânio, molibdênio, ligas de níquel, ligas de cromo, ligas de cobalto e ligas de aço inoxidável.
- 3) MÉTODO DE PREVENÇÃO DA FRAGILIZAÇÃO POR HIDROGÊNIO DE COMPONENTES A PARTIR DE REVESTIMENTOS POR ASPERSÃO TÉRMICA de acordo com as reivindicações 1 e 2, caracterizado por o revestimento ser aplicado na superfície do componente, em sua totalidade, na região em contato com hidrogênio, ou na região que contenha meio onde possa ocorrer evolução de hidrogênio.
- 4) MÉTODO DE PREVENÇÃO DA FRAGILIZAÇÃO POR HIDROGÊNIO DE COMPONENTES A PARTIR DE REVESTIMENTOS POR ASPERSÃO TÉRMICA de acordo com as reivindicações 1 - 3, caracterizado por a aspersion térmica ocorrer a partir HVOF (high velocity oxygen fuel), aspersion à plasma, aspersion à arco elétrico, aspersion a chama, aspersion por detonação (D-gun), HVOF (high velocity air fuel) ou processos de aspersion à vácuo.
- 5) MÉTODO DE PREVENÇÃO DA FRAGILIZAÇÃO POR HIDROGÊNIO DE COMPONENTES A PARTIR DE REVESTIMENTOS POR ASPERSÃO TÉRMICA de

acordo com as reivindicações 1 – 4, caracterizado por o ter uso das superfícies com ou sem a presença de tratamentos prévios como limpeza, preaquecimento, jateamento abrasivo, *shot penning*, pinturas, aplicação de revestimentos que não sejam revestimentos aspergidos ou aplicação de revestimentos aspergidos para outros fins (múltiplas camadas aspergidas).

Figuras



Figura 1

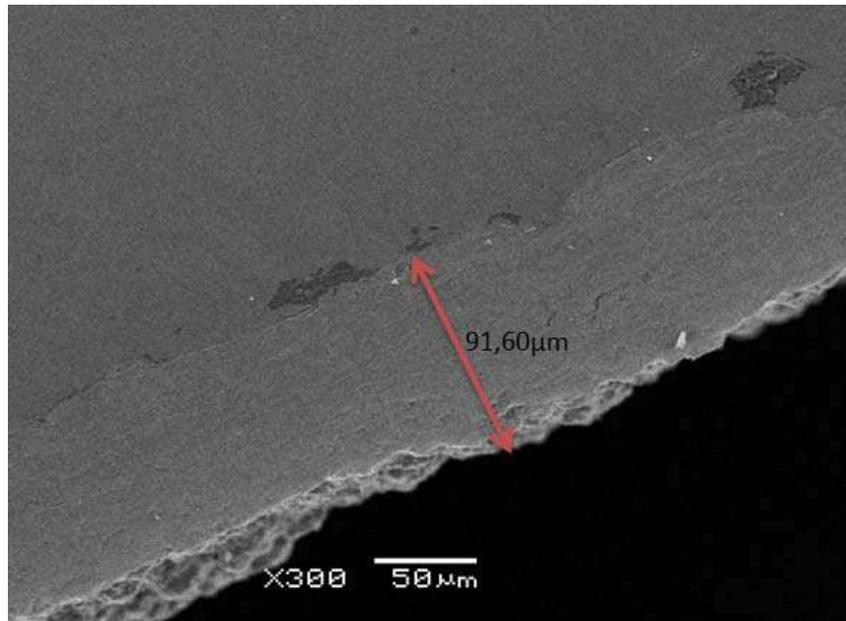


Figura 2A

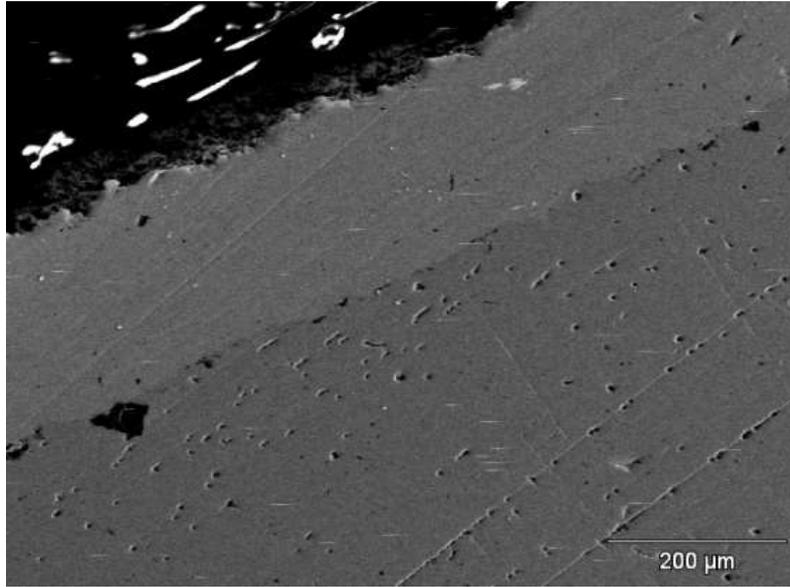


Figura 2B

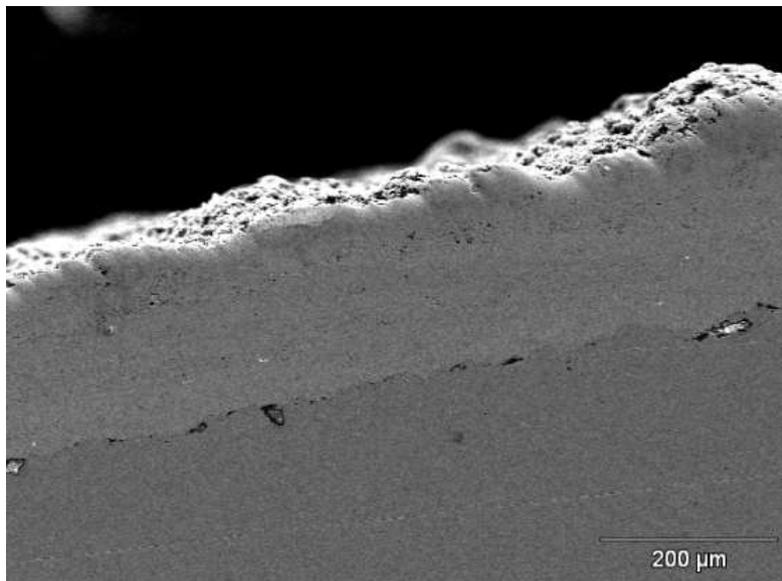


Figura 2C

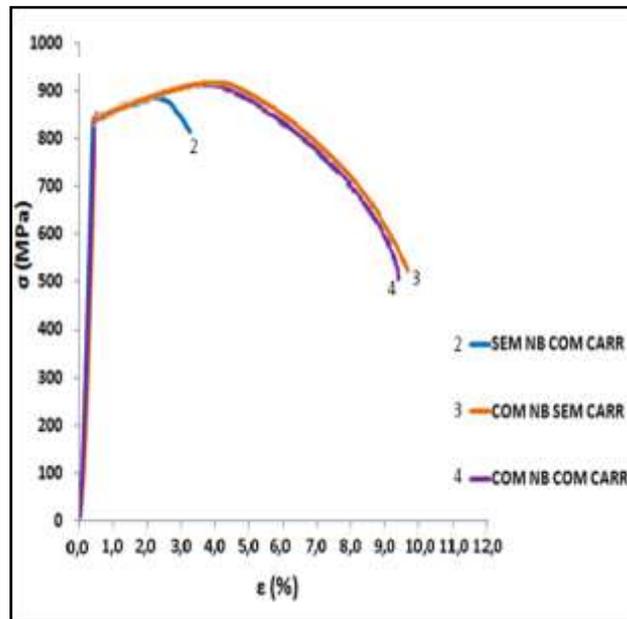


Figura 3

Resumo**MÉTODO DE PREVENÇÃO DA FRAGILIZAÇÃO POR HIDROGÊNIO DE COMPONENTES A PARTIR
DE REVESTIMENTOS POR ASPERSÃO TÉRMICA**

A presente invenção refere-se ao desenvolvimento de um método de prevenção contra a fragilização por hidrogênio de componentes. O método constitui a aplicação de revestimento por aspersione térmica na superfície do componente, utilizando-se como material de revestimento o metal nióbio em pó ou níquel em pó ou cobalto em pó, ou o alumínio em pó, ou o cromo em pó, ou o titânio em pó, ou ligas de aço inoxidável em pó, ou uma mistura de pós-metálicos constituindo-se à base de pó de níquel, ou pó de nióbio, pó de cobalto, pó de alumínio, pó de cromo, pó de titânio ou pó de aço inoxidável.