



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

(11) PI 0813801-0 B1



(22) Data do Depósito: 02/10/2008

(45) Data de Concessão: 26/02/2019

(54) Título: PROCESSO PARA TRATAR UMA SUPERFÍCIE METÁLICA E MÉTODO DE REPARAR UM ELEMENTO METÁLICO

(51) Int.Cl.: C23C 22/78; B24C 1/10.

(30) Prioridade Unionista: 05/10/2007 JP 2007-261762.

(73) Titular(es): MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD..

(72) Inventor(es): AKIKO INOUE; TAKAHIRO SEKIGAWA; KAZUYUKI OGURI.

(86) Pedido PCT: PCT JP2008067952 de 02/10/2008

(87) Publicação PCT: WO 2009/044825 de 09/04/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 29/12/2009

(57) Resumo: PROCESSO PARA TRATAR UMA SUPERFÍCIE METÁLICA E MÉTODO DE REPARAR UM ELEMENTO METÁLICO Processo para tratar uma superfície metálica que permite que ambas as propriedades de resistência a fadiga e de resistência a corrosão do elemento sejam aperfeiçoadas, um elemento estrutural que inclui um elemento metálico assim produzido, e um método de reparar um elemento metálico. O processo para tratar uma superfície metálica compreende uma etapa de jateamento que compreende o lançamento de partículas possuindo um tamanho médio de partícula de não mais de 200 μm por sobre a superfície de um material metálico compreendido de uma liga de alumínio utilizando ar comprimido ou um gás comprimido, e uma etapa de tratamento de conversão química de formação de um filme sobre a superfície do material metálico mediante realizar um tratamento de conversão química em seguida da etapa de jateamento.

“PROCESSO PARA TRATAR UMA SUPERFÍCIE METÁLICA E MÉTODO DE REPARAR UM ELEMENTO METÁLICO”

Campo Técnico

[001]A presente invenção está relacionada a um processo para tratar uma superfície metálica possuindo aprimoradas propriedades de resistência a fadiga e de resistência a corrosão, e também está relacionada a um componente estrutural que inclui um elemento metálico assim produzido, e a um método para o reparo de um elemento metálico.

Fundamentos da Invenção

[002]O esmerilhamento por jateamento representa um exemplo conhecido de um processo de modificação de superfície que é usado para melhorar a resistência a fadiga de materiais metálicos contidos nos componentes estruturais e semelhantes utilizados na indústria aeronáutica e automotiva e semelhantes (ver Dorr *et. al*). O esmerilhamento é um processo no qual, por exemplo, mediante jateamento de incontáveis partículas possuindo um tamanho de partícula de aproximadamente 0,8 mm (o material constituinte do jato) juntamente com uma corrente de ar comprimido ou de um gás comprimido por sobre uma superfície de um material metálico, são formadas endentações na superfície do material metálico como um resultado da deformação plástica, enquanto que ao mesmo tempo, a dureza da superfície do material metálico é aumentada, e uma camada possuindo estresse compressivo residual é formado numa certa profundidade.

[003]Além disso, os tratamentos de esmerilhamento por jateamento que empregam partículas duras não metálicas como as partículas que constituem o jato são também conhecidos. Por exemplo, partículas cerâmicas com um tamanho de partícula de não menos que 150 μm , e partículas de base vidro compreendendo não menos que 50% de sílica SiO_2 como o constituinte principal são amplamente usados como partículas constituintes do jateamento.

[004]Além disso, naqueles casos onde um elemento de liga de alumínio é utilizado como um material metálico, o material é tipicamente submetido a um tratamento de oxidação anódica ou semelhante seguido por pintura a fim de melhorar a resistência a corrosão e semelhantes (ver documento JP 2003-3295).

[005]Esse tratamento de oxidação anódica é um tratamento eletrolítico no qual, por exemplo, um tal ácido como o ácido crômico, ácido fosfórico, ácido bórico ou ácido sulfúrico é usado como o eletrólito e o material metálico funciona como o anodo.

[006]Menção de não patente 1: T. Dorr *et. al*, "Influence of Shot Peening on Fatigue Performance of High Strength Aluminum- and Magnesium Alloys", a 7ª International Conference on Shot Peening, 1999, Institute of Precision Mechanics, Warshaw, Poland. Internet (URL: <http://www.shotpeenig.org/ICSP/icsp-7-20.pdf>).

[007]Menção de Patente 1: Pedido de Patente Japonês Não Examinado, Publicação No. 2003-3295.

Revelação da Invenção

[008]Como descrito no documento JP 2003-3295, pelo fato do tratamento de oxidação anódica da superfície de uma liga de alumínio envolver uma técnica na qual um potencial elétrico é aplicado à superfície inserido numa solução de caráter ácido, durante o processo de formação do filme, a corrosão da superfície devido a corrosão ácida e galvânica também ocorrem simultaneamente. Além disso, a corrosão devido ao ácido também ocorre no processo de limpeza por solução de caráter ácido que é tipicamente conduzido como um pré-tratamento. As pequenas cavidades formadas por essa corrosão tendem a facilitar a corrosão elétrica da liga de alumínio. Consequentemente, dependendo da composição da liga de alumínio, as cavas podem ser formadas na superfície da liga de alumínio como um resultado da corrosão intergranular, corrosão por escavação, ou corrosão galvânica ou semelhante. Essas cavas tendem a atuar como origens para o desenvolvimento ou a

propagação de fissuras durante o colapso por fadiga, e dependendo do tamanho das cavas, podem induzir reduções na resistência material e durabilidade contra ação da fadiga. Consequentemente, surge um problema pelo fato de que embora a resistência a corrosão possa ser assegurada, as propriedades de resistência que tenham sido melhoradas por esmerilhamento por jateamento, e particularmente as propriedades de fadiga, tendem a deteriorar.

[009]Um filme de oxidação anódica tem uma dureza maior que a liga de alumínio do material base, e devido à diferença na dureza relativamente ao material base ser grande, fatores tais como a espessura do filme e a natureza do filme podem provocar uma deterioração na resistência por fadiga.

[010]Além disso, pelo fato de um filme formado por um tratamento de oxidação anódica conter uma grande quantidade de microporos que são abertos na superfície do filme, um tratamento de selagem que preencha esses microporos é tipicamente usado para melhorar a densidade do filme. Todavia, a realização desse tipo de tratamento de selagem alisa a superfície do filme, significando que um satisfatório efeito de ancoragem possivelmente pode não ser conseguido se um revestimento subsequente for aplicado. Como um resultado, a aderência da tinta tende a deteriorar em seguida da deposição do filme, o que pode levar a problemas que resultam em resistência a corrosão inferior, tal como o descascamento do filme de revestimento.

[011]A presente invenção foi desenvolvida à luz dessas circunstâncias, e tem o objetivo de proporcionar um processo para a produção de um elemento metálico que permite a melhoria de ambas as propriedades de resistência a fadiga e de resistência a corrosão do elemento serem aprimoradas, bem como de proporcionar um elemento estrutural que inclui um elemento metálico assim produzido, e um método de reparar um elemento metálico.

[012]A fim de conseguir o objetivo acima, a presente invenção adota os

aspectos descritos adiante.

[013]Um primeiro aspecto da presente invenção proporciona um processo para tratar uma superfície metálica, o processo compreendendo: uma etapa de jateamento para arremessar partículas possuindo um tamanho médio de partícula de não mais que 200 μm por sobre uma superfície do material metálico compreendendo uma liga de alumínio utilizando ar comprimido ou um gás comprimido, e um tratamento de conversão química de formar um filme sobre a superfície mediante realizar um tratamento de conversão química em seguida da etapa de jateamento.

[014]Nesse processo, pelo fato das partículas possuindo um tamanho médio de partícula de não mais que 200 μm serem arremessadas, um elemento metálico possuindo aprimoradas propriedades de resistência a fadiga pode ser produzido sem alterar substancialmente a rugosidade da superfície do material metálico que compreende uma liga de alumínio.

[015]Além disso, pelo fato do filme ser formado através de um tratamento de conversão química que não requer aplicação de um potencial elétrico, defeitos tais como o de corrosão alveolar não são gerados sobre a superfície da liga de alumínio. Como um resultado, o aprimoramento nas propriedades de resistência a fadiga podem ser substancialmente mantidos.

[016]Além disso, o tempo de tratamento para o tratamento por conversão química é curto, significando que o tempo de produção para o elemento metálico pode ser encurtado.

[017]No aspecto descrito acima, o “tamanho médio de partícula” é determinado como o tamanho de partícula correspondente com o pico numa curva de distribuição da frequência, sendo também referido como o tamanho de partícula mais frequente ou o diâmetro modal. Alternativamente, o tamanho médio de partícula pode ser também determinado utilizando os métodos listados adiante.

(1) Um método no qual o tamanho médio de partícula é determinado a partir

de uma curva de seleção por peneiras (o tamanho de partícula correspondente com $R=50\%$ é considerado o diâmetro mediano ou 50% do tamanho de partícula, sendo representado utilizando o símbolo d_{p50}).

(2) Um método no qual o tamanho médio de partícula é determinado a partir de um distribuidor Rosin-Rammler.

(3) Outros métodos (tais como a determinação do tamanho do número médio de partícula, tamanho do comprimento médio de partícula, tamanho da área média de partícula, tamanho do volume médio de partícula, tamanho da área superficial média de partícula, ou tamanho do volume médio de partícula).

[018]Além disso, no aspecto acima, uma configuração na qual as partículas essencialmente não compreendem ferro, é preferido.

[019]Além disso, nessa configuração, partículas que compreendem um material duro não metálico ou um material duro não ferroso como o constituinte principal são ainda mais desejáveis.

[020]Mediante empregar uma tal configuração, não é deixada fração residual de ferro sobre a superfície do material metálico, significando que a corrosão celular localizada provocada por tal ferro residual não ocorre. Como um resultado, uma etapa de remoção da fração ferro utilizando uma solução de caráter ácido ou alcalino é desnecessária, significando que problemas tais como alteração dimensional ou de formação de rugosidade de superfície do material metálico provocado por uma tal etapa de remoção da fração ferro podem ser evitados.

[021]Além disso, uma etapa de remoção da fração ferro que é conseguida por meio de uma etapa de limpeza realizada após o esmerilhamento por jateamento é também desnecessária, o que facilita o uso da configuração acima no reparo do equipamento em uso ou durante a operação ou durante a produção.

[022]Além disso, no aspecto ou configuração descrita acima, uma etapa de revestimento da formação um filme de revestimento pode ser provido em seguida à

etapa de tratamento da conversão química.

[023] Isso permite que a resistência a corrosão seja ainda mais aprimorada.

[024] Um segundo aspecto da presente invenção proporciona um elemento estrutural que inclui um elemento metálico produzido utilizando o processo de produção descrito acima.

[025] O elemento estrutural de acordo com esse aspecto não apenas possui excelentes propriedades de resistência a fadiga, mas também apresenta aprimorada resistência a corrosão e aderência do revestimento comparado com o material base. Esse elemento estrutural pode ser usado favoravelmente no âmbito de maquinário de transporte tais como aeronaves e automóveis, e em outros âmbitos que requeiram que o material tenha propriedades anti-fadiga favoráveis e de resistência a corrosão.

[026] Além disso, um terceiro aspecto da presente invenção proporciona um método de reparo de um elemento metálico, o método compreendendo a utilização do processo de produção descrito acima para reparar defeitos ou arranhões que tenham sido introduzidos sobre uma superfície de um elemento metálico.

[027] Uma superfície do elemento metálico que tenha sido reparada utilizando o método de reparo desse aspecto não apenas tem excelentes propriedades de resistência a fadiga, mas também apresenta aprimorada resistência a corrosão e aderência do revestimento comparado com o material base.

[028] Mediante empregar a presente invenção na produção dos elementos metálicos tais como elementos estruturais, elementos metálicos possuindo aprimorada propriedades de resistência a fadiga podem ser produzidos sem substancialmente alterar a rugosidade da superfície do material metálico no transcurso da etapa de jateamento.

[029] Além disso, pelo fato de não serem gerados defeitos tais como defeitos de corrosão alveolar sobre a superfície da liga de alimentação, o aprimoramento nas

propriedades de resistência a fadiga podem ser substancialmente mantidas, e a resistência a corrosão pode ser aprimorada.

[030]Além disso, pelo fato do tratamento de conversão química requerer um tempo mais curto de tratamento que um tratamento de oxidação anódica, o tempo de produção para o elemento metálico pode ser encurtado.

Breve Descrição dos Desenhos

[031]A Figura 1 é um gráfico que ilustra os resultados da realização de teste de fadiga.

Melhor Modo de Realizar a Invenção

[032]Uma descrição de uma modalidade do processo para tratar uma superfície metálica de acordo com a presente invenção é apresentada adiante.

[033]No processo para tratar uma superfície metálica de acordo com a presente invenção, um material liga de alumínio (um material metálico) ou semelhante é utilizado.

[034]No processo para tratar uma superfície metálica de acordo com a presente invenção, as partículas (o material de jateamento) usadas no tratamento de esmerilhamento por jateamento do material liga de alumínio (etapa de jateamento) compreende um material duro não metálico como o constituinte principal, e são preferivelmente partículas cerâmicas tais como alumina ou partículas de sílica. Ou seja, as partículas não compreendem ferro como o constituinte principal, ou em outras palavras, essencialmente não compreendem ferro.

[035]Nos tratamentos convencionais de esmerilhamento por jateamento, um material de jateamento com um tamanho de partícula de aproximadamente 0,8 mm é tipicamente usado, mas na presente invenção, um material de jateamento possuindo um tamanho médio de partícula de não mais de 200 μm é usado. O tamanho médio de partícula do material de jateamento pe preferivelmente não menor que 10 μm e não mais que 200 μm , sendo mais preferivelmente de não

menos de 30 μm e não mais que 100 μm .

[036]Se o tamanho médio de partícula do material de jateamento é maior que 200 μm , então a energia cinética excessivamente grande das partículas pode danificar a superfície do material, significando que uma melhora satisfatória na durabilidade quanto aos efeitos de fadiga não pode ser conseguida. Em contraste, se o tamanho médio de partícula do material de jateamento é menor que 10 μm , então bloqueios e semelhantes do material de jateamento torna difícil conseguir um estado estável da rajada de jateamento.

[037]A velocidade da rajada de jateamento do material de jateamento é regulada pela pressão da rajada de jateamento do gás comprimido. Exemplos do gás comprimido incluem ar, nitrogênio, hidrogênio, e gases inertes tais como argônio e hélio. No tratamento de esmerilhamento por jateamento da presente invenção, a pressão da rajada de jateamento é preferivelmente não menor que 0,1 MPa e não mais que 1 MPa, e é mais preferivelmente de não menor que 0,3 MPa e de não mais que 0,6 MPa.

[038]Se a pressão da rajada de jateamento é maior que 1 MPa, então a energia cinética excessivamente grande das partículas pode prejudicar a superfície do material, significando que uma satisfatória melhora na vida de resistência a fadiga não pode ser conseguida. Além disso, a ruptura das partículas pode provocar aumentado desperdício, e re-colisão das partículas rompidas com a superfície do elemento metálico pode prejudicar a superfície. Em contraste, se a pressão da rajada de jateamento é menor que 0,1 MPa, então não apenas as partículas não são aceleradas suficientemente, mas o ar comprimido é incapaz de ser fornecido numa pressão estável, significando que a obtenção de um estado estável da rajada de jateamento se torna muito difícil.

[039]Por outro lado, se a intensidade do esmerilhamento por jateamento é expresso em termos do valor da altura do arco (a intensidade determinada usando

um sistema de calibração Almen), então um valor de não menos que 0,002 N é preferido.

[040]As partículas do material de jateamento são preferivelmente de forma esférica. O motivo para essa preferência é que se as partículas do material de jateamento são pontiagudas, então a superfície do elemento metálico pode se tornar danificada.

[041]A cobertura do tratamento por esmerilhamento por jateamento é preferivelmente não menor que 200% e não mais que 1000%, sendo mais preferivelmente não menor que 100% e não mais que 500%.

[042]Em níveis de cobertura menores que 100%, não se pode obter uma melhora satisfatória na resistência a fadiga. Além disso, se o nível de cobertura excede a 1000%, então um aumento na temperatura da superfície do material provoca uma redução no estresse compressivo residual na superfície mais externa, significando que uma melhora satisfatória na resistência a fadiga não pode ser obtida.

[043]Um elemento metálico que tenha sido submetido a esmerilhamento por jateamento sob as condições descritas acima apresenta preferivelmente as propriedades de superfície (estresse compressivo residual de superfície e rugosidade de superfície) como descritas adiante.

Estresse Compressivo Residual de Superfície

[044]Em um elemento metálico que experimentou um tratamento de esmerilhamento por jateamento de acordo com a presente invenção, um alto estresse compressivo residual de não menos que 150 MPa existe ou na superfície mais externa do material, ou contido nas suas vizinhanças. Como um resultado, a superfície é fortalecida e a falha por fadiga ocorre não na superfície, mas na parte interna do material, significando aumento significativo da resistência contra falha por fadiga.

Rugosidade da Superfície

[045]O tratamento de esmerilhamento por jateamento de acordo com a presente invenção é realizado tal que a rugosidade da superfície fique substancialmente não alterada durante o transcurso do tratamento. A diferença entre a rugosidade da superfície antes do tratamento de esmerilhamento por jateamento e a rugosidade da superfície em seguida ao tratamento de esmerilhamento por jateamento pode suprimida a uma diferença na rugosidade média da linha central Ra de não mais que 1 μm .

[046]A superfície desse elemento metálico é limpa, incluindo um tratamento desengraxante que remove óleo e componentes gordurosos aderidos à superfície.

[047]Em seguida, naqueles casos onde, por exemplo, um filme apassivador tal como um filme de óxido é aderido à superfície do elemento metálico, um tratamento de ativação é realizado para remover esse filme apassivador.

[048]Um tratamento de conversão química é então realizado, seja por imersão da superfície do elemento metálico em um líquido de tratamento, ou mediante revestindo ou aspergindo o tratamento líquido por sobre a superfície, formando desse modo um filme sobre a superfície metálica.

[049]Diferentemente dos tratamentos elétricos tais como tratamentos de oxidação anódica, o tratamento por conversão química utiliza uma reação química entre o líquido de tratamento e o alumínio, e portanto, não gera corrosão alveolar ou outros defeitos sobre a superfície do elemento metálico. Como um resultado, a melhoria nas propriedades de resistência a fadiga providas pelo tratamento de esmerilhamento por jateamento podem ser substancialmente mantidas ao mesmo tempo em que a resistência a corrosão é aprimorada.

[050]Além disso, o tratamento de conversão química não pode ser apenas conduzido em custos comparativamente baixos, por meio de uma operação relativamente simples em um curto período de tempo, mas pode ser também usada

dentro de um tratamento contínuo, sendo capaz de produzir um tratamento uniforme ainda que para elementos possuindo uma forma complexa.

[051]Como um resultado, um filme uniforme pode ser produzido que se conforma às endentações (pequenas cavidades) formadas na superfície do elemento metálico como um resultado do tratamento de esmerilhamento por jateamento, significando que pequenas cavidades de formas substancialmente iguais àquelas na superfície do elemento metálico são formadas na superfície do filme.

[052]O método Alodine, que permite a formação de um filme de base cromato ou filme de base cromato/fosfato que apresenta aderência extremamente favorável e excelente resistência a corrosão, é ideal para o tratamento de conversão química. Outros métodos tais como métodos MBV, métodos boemita e métodos fosfato podem ser também utilizados para o tratamento de conversão química.

[053]A espessura do filme formado pelo tratamento por conversão química é preferivelmente não mais do que 5 μm , sendo mais preferivelmente não menor que 0,1 μm e não mais que 0,3 μm .

[054]O filme de conversão química assim formado apresenta aderência favorável, sendo capaz de melhorar a resistência a corrosão do material base subjacente.

[055]Em seguida, após a limpeza e secagem da superfície do filme formado pelo tratamento de conversão química, uma etapa de revestimento de formar um filme de revestimento é realizada.

[056]Pelo fato da superfície do filme incluir pequena cavidades, a inerente aderência favorável do filme se combina com um efeito de ancoragem provido pela pequenas cavidades, permitindo ao filme do revestimento ser formado com excelente aderência.

[057]Esse filme de revestimento produz uma melhora adicional na

resistência a corrosão do elemento metálico.

[058]Uma descrição mais detalhada do processo para tratar uma superfície metálica de acordo com a presente invenção é apresentada adiante utilizando uma série de exemplos e exemplos comparativos.

Exemplo 1

[059]Uma folha de material de liga de alumínio (7050-T7451, dimensões de 19 mm x 76 mm x 2,4 mm) foi usada como uma corpo de prova. Uma superfície dessa corpo de prova foi submetida a um tratamento de esmerilhamento por jateamento utilizando um material de jateamento composto de partículas cerâmicas de sílica/alumina possuindo um tamanho médio de partícula (tamanho de partícula mais frequente) de não mais que 53 μm , sob condições que incluem uma pressão de rajada de jateamento de 0,4 MPa e um tempo de tratamento de 30 segundos. A altura de arco durante o tratamento foi de 0,003 N.

[060]Um equipamento de esmerilhamento por partícula fina do tipo por gravidade foi usado como o equipamento de esmerilhamento por jateamento.

[061]O material de liga de alumínio tinha uma rugosidade de superfície Ra de 1,2 μm antes do tratamento de esmerilhamento por jateamento. A rugosidade de superfície Ra em seguida ao tratamento de esmerilhamento por jateamento foi de 1,4 μm .

[062]Em seguida ao tratamento de esmerilhamento por jateamento, a superfície esmerilhada por jateamento do material de liga de alumínio foi submetida ao desengraxamento, limpeza e ativação.

[063]Essa superfície foi em seguida imersa em um líquido de tratamento de conversão química comercialmente disponível "Alodine 1200" por 120 segundos na temperatura ambiente, formando desse modo um filme de base cromato. A espessura do filme foi de 3 μm .

[064]Em seguida ao término do tratamento de conversão química, um

testador elétrico de fadiga hidráulica Hydract tester (± 50 kN), controlador Instron 8400) foi usado para realizar o teste de fadiga na corpo de prova.

[065]Os testes de fadiga foram realizados utilizando duas diferentes cargas máximas de 276 MPa e 345 MPa (50 KSI e 50 KSI), e cada teste foi realizado mediante aplicar repetidas cargas de tensão-tensão (relação de estresse: 0,1), e medindo o número de repetições de carga no ponto de ruptura da corpo de prova.

[066]Os resultados dos testes de fadiga para o exemplo 1 são ilustrados na Figura 1.

Exemplo Comparativo 1, Exemplo Comparativo 2, e Exemplo Comparativo 3

[067]O exemplo comparativo 1 representa um corpo de prova usinada antes do tratamento de esmerilhamento por jateamento descrito no exemplo 1.

[068]O exemplo comparativo 2 representa uma corpo de prova usinada do exemplo comparativo 1 que foi submetida a um tratamento de esmerilhamento por jateamento com partículas convencionais de zircônia possuindo um tamanho médio de partícula (tamanho de partícula mais frequente) de 250 μm .

[069]O exemplo comparativo 3 representa uma corpo de prova em seguida ao tratamento de esmerilhamento por jateamento do exemplo 1.

[070]Os resultados de submeter as peças de teste do exemplo comparativo 1, exemplo comparativo 2 e exemplo comparativo 3 ao mesmo teste de fadiga como o exemplo 1 são ilustrados na Figura 1.

[071]Como é evidente a partir dos resultados na Figura 1, o tratamento de esmerilhamento por jateamento do exemplo 1 e exemplo comparativo 3 que utilizou um material de jateamento com partículas finas produziu um aumento de 20 a 25 vezes na resistência a fadiga comparado com o tratamento de esmerilhamento por jateamento do exemplo comparativo 2 que utilizou um material convencional de jateamento, e produziu um aumento de aproximadamente 100 vezes na resistência a fadiga comparado com o exemplo comparativo 2 em que não foi realizado

tratamento de esmerilhamento por jateamento, permitindo a produção de um elemento liga de alumínio com propriedades de resistência a fadiga bastante melhoradas.

[072]Além disso, os resultados para o exemplo 1, em que um tratamento de conversão química foi realizado, apresentou quase nenhuma deterioração nas propriedades de resistência a fadiga comparado com o exemplo comparativo 3 em que não foi realizado tratamento de conversão química, com as propriedades de resistência a fadiga do exemplo comparativo 3 sendo substancialmente mantidas.

Exemplo 2

[073]Utilizando uma folha de um material de liga de alumínio (2024, dimensões: 19 mm x 76 mm x 2,4 mm) como uma peça e teste, os mesmos tratamentos como o exemplo 1 (ou seja, um tratamento de esmerilhamento por jateamento utilizando um material de jateamento com partículas finas e um tratamento de conversão química) foi realizado.

[074]A superfície do filme formado no tratamento de conversão química foi limpa e seca, e uma resina de base epóxi foi em seguida aplicada ao filme e secada por 1,5 hora numa temperatura de não mais que 93 °C.

Exemplo comparativo 4

[075]Com exceção da realização de um tratamento de oxidação anódica utilizando anodização com ácido bórico/ácido sulfúrico (ver Patente U.S. No. 4.894.127) em lugar do tratamento por conversão química, os tratamentos foram realizados do mesmo modo como no exemplo 2.

[076]As peças de teste do exemplo 2 e do exemplo comparativo 4 foram submetidas a um teste de resistência a corrosão e a um teste de aderência do revestimento.

[077]O teste de resistência a corrosão foi executado mediante realizar um teste de aspersão de água salgada no qual água salgada possuindo uma

concentração de não mais de 0,3% e uma temperatura de aproximadamente 35 °C foi aspergida por sobre o corpo de prova por 168 horas. Os resultados desse teste revelaram que em ambos o exemplo 2 e o exemplo comparativo 4, cinco ou mais defeitos do tipo pequenos pontos não puderam ser encontrados sobre a superfície de corpo de prova.

[078]O teste de aderência do revestimento foi conduzido sob ambas as condições molhada e seca utilizando uma fita fabricada por Sumitomo 3M Limited (ver ASTM D 3330). Os resultados dos testes confirmaram que o exemplo 2 e o exemplo comparativo 4 ambos apresentaram resistência adesiva do revestimento favorável.

Exemplo 3

[079]A fim de avaliar um método de reparo, uma peça de liga de alumínio (7050) plana usada como corpo de prova possuindo um fator de concentração de estresse de 1,5 foi preparada, e essa corpo de prova foi submetida a esmerilhamento por jateamento utilizando o mesmo processo como aquele descrito para o exemplo 1. O esmerilhamento por jateamento foi realizado após arranhões tendo uma profundidade de aproximadamente 200 µm e uma profundidade de aproximadamente 100 µm terem sido formados em ambas as direções de recebimento de carga e direção horizontal nos cantos de corpo de prova de fadiga. Em seguida, um teste de fadiga foi realizado utilizando o mesmo equipamento de teste de fadiga que foi utilizado no exemplo 1.

[080]Os resultados dos testes acima revelaram que para o corpo de prova que não tinham experimentado esmerilhamento por jateamento, a ruptura do corpo de prova ocorreu após 151.110 repetições, enquanto que o corpo de prova que foi submetido ao tratamento de esmerilhamento por jateamento rompeu após 1.370.146 repetições, representando um aprimoramento na durabilidade contra ação da fadiga de aproximadamente uma ordem de magnitude.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para tratar uma superfície metálica, o processo **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

uma etapa de esmerilhamento por jateamento de esmerilhamento por jateamento de partículas possuindo um tamanho médio de partícula de não mais de 200 μm por sobre uma superfície de um material metálico compreendendo uma liga de alumínio utilizando um gás comprimido sob uma pressão da rajada de jateamento não menos do que 0,1 MPa e não mais do que 1 MPa, as partículas sendo partículas de alumina ou de sílica que compreendem um material duro não metálico ou um material duro não ferroso como um constituinte principal, e

uma etapa de tratamento por conversão química de formação de um filme à base de cromato ou filme à base de cromato/fosfato sobre a superfície do material metálico mediante realizar um tratamento de conversão química em seguida à etapa de esmerilhamento por jateamento, uma espessura do filme formada pelo tratamento de conversão química sendo não mais do que 5 μm ,

em que a intensidade do tratamento de esmerilhamento por jateamento, expressa em termos do valor da altura do arco determinado usando um sistema de calibração Almen, é não menos que 0,002 N, e

a diferença entre a rugosidade da superfície antes da etapa de esmerilhamento por jateamento e a rugosidade da superfície após a etapa de esmerilhamento por jateamento é não mais do que 1 μm na rugosidade média da linha central Ra.

2. Processo para tratar uma superfície metálica, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que adicionalmente compreende uma etapa de revestimento para formar um filme de revestimento em seguida da etapa de tratamento de conversão química.

3. Método de reparar um elemento metálico, para reparar defeitos ou

arranhões que tenham sido introduzidos sobre uma superfície de um elemento metálico, o método **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

uma etapa de esmerilhamento por jateamento das partículas de esmerilhamento por jateamento com um tamanho médio de partícula de não mais do que 200 μm em uma superfície de um material metálico compreendendo uma liga de alumínio utilizando um gás comprimido sob uma pressão da rajada de jateamento de não menos do que 0,1 MPa e não mais do que 1 MPa, as partículas sendo partículas de alumina ou de sílica que compreendem um material duro não metálico ou um material duro não ferroso como constituinte principal, e

uma etapa de tratamento de conversão química de formação de um filme à base de cromato ou filme à base de cromato/fosfato na superfície do material metálico realizando um tratamento de conversão química após a etapa de esmerilhamento por jateamento, uma espessura do filme formada pelo tratamento de conversão química sendo não mais do que 5 μm ,

em que a intensidade do tratamento de esmerilhamento por jateamento, expressa em termos do valor da altura do arco determinado usando um sistema de calibração Almen, é não menos que 0,002 N, e

a diferença entre a rugosidade da superfície antes da etapa de esmerilhamento por jateamento e a rugosidade da superfície após a etapa de esmerilhamento por jateamento é não mais do que 1 μm na rugosidade média da linha central Ra.

FIG. 1

