



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

(21) **PI0709738-7 A2**



\* B R P I 0 7 0 9 7 3 8 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 03/04/2007  
(43) Data da Publicação: 26/07/2011  
(RPI 2116)

(51) *Int.Cl.:*  
B24C 1/10 2006.01

(54) Título: **PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE UM COMPONENTE METÁLICO E DE UM ELEMENTO ESTRUTURAL**

(30) Prioridade Unionista: 03/04/2006 JP 2006-102161

(73) Titular(es): Mitsubishi Heavy Industries , LTD.

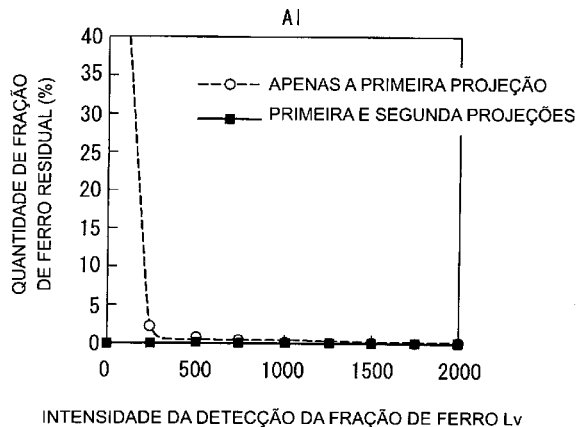
(72) Inventor(es): Akiko Inoue, Kazuyuki Oguri, Takahiro Sekigawa

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

(86) Pedido Internacional: PCT JP2007057425 de 03/04/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/116871 de 18/10/2007

(57) Resumo: PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE UM COMPONENTE METÁLICO E DE UM ELEMENTO ESTRUTURAL A presente invenção refere-se a um processo para produção de um componente metálico que inclui submeter a superfície de um material metálico a um jato de chumbagem, em que praticamente não ocorre nenhuma alteração das dimensões ou da aspereza do perfil da superfície do material metálico, a fração de ferro aderida à superfície do material metálico é removida com eficiência, e as propriedades de fadiga do componente metálico produzido são aperfeiçoadas. As primeiras partículas contendo ferro como componente principal e contendo uma média de dimensão de partícula não inferior a 0,1 mm de trava radial 28, e não superior a 5 mm são projetadas sobre a superfície de um material metálico contendo uma liga de baixo peso, e as segundas partículas que em sua essência não contêm ferro e contendo uma dimensão média de partículas não superior a 200 pm são em seguida projetadas sobre a superfície do material metálico.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE UM COMPONENTE METÁLICO E DE UM ELEMENTO ESTRUTURAL**".

Campo da Técnica

5 A presente invenção se refere a um processo para produção de um componente metálico e de um elemento estrutural.

Técnica Anterior

O jato de chumbagem representa um exemplo conhecido de um processo de modificação da superfície que é usado para incrementar a resistência à fadiga de materiais metálicos como os elementos estruturais usados em aeronaves, automóveis e outros itens semelhantes. O jato de chumbagem é um método em que, soprar incontáveis partículas dotadas de tamanho de partícula de aproximadamente 0,8 mm (o material do jato) junto com um fluxo de ar comprimido sobre a superfície de um material metálico, a dureza da superfície de um material metálico é aumentada, e é formada uma camada de certa profundidade dotada de uma tensão residual compressiva.

As partículas compostas de um material a base de ferro, como o ferro fundido, são de baixo custo, e de modo contrário, materiais como o ferro provavelmente não danificam superfícies de um material metálico mesmo quando comprimidos, e são, portanto, usados vastamente como material do jato.

Em termos de aumento da resistência à fadiga dos materiais aluminosos por jato de chumbagem, o processo mencionado adiante foi revelado (vide a Citação 1 não referente à Patente).

25 Citação 1 não referente à Patente: T. Dorr e mais quatro outros, "Influence of Shot Peening on Fatigue Performance of High Strength Aluminum and Magnesium Alloys", The 7<sup>th</sup> Conference on Shot Peening, 1999, Institute of Precision Mechanics, Warsaw, Polônia. Endereço da Internet: [www.shotpeening.org/ICSP/icsp-7-20.pdf](http://www.shotpeening.org/ICSP/icsp-7-20.pdf).

30 Descrição da Invenção

Quando o jato de chumbagem usando um material do jato composto de um material a base de ferro, uma parte do material do jato perma-

nece sobre a superfície do material metálico que não foi submetido ao jato de chumbagem. Devido ao fato de que a fração de ferro, dentro do material do jato, retida desta forma na superfície do material metálico pode causar corrosão, um tratamento de remoção da fração de ferro que remova a fração de ferro do material do jato aderida à superfície do material metálico deve ser realizada em seguida à finalização do jato de chumbagem, a fim de evitar este tipo de corrosão.

Um processo em que o material metálico submetido ao jato de chumbagem é imerso em um solvente que dissolve o ferro (a saber, um processo úmido), tem sido tipicamente empregado como este tipo de tratamento de remoção da fração de ferro. Entretanto, empregando um processo úmido, a remoção exclusiva da fração de ferro é difícil. Ainda mais, se for realizada uma tentativa de se remover completamente a fração de ferro usando um processo úmido, então diversos  $\mu\text{m}$  de material metálico também são dissolvidos na superfície do material, o que produz inconvenientes, como alterações das dimensões do material e aspereza do perfil da superfície.

A presente invenção foi desenvolvida à luz destas circunstâncias, e possui como objetivo o fornecimento de um processo para produção de um componente metálico e de um elemento estrutural, ou item semelhante, usado em aeronaves, automóveis ou similares, sendo que o processo compreende submeter à superfície do material metálico ao jato de chumbagem, em que quase não ocorre alteração ou aspereza do perfil da superfície do material metálico, a fração de ferro aderida à superfície do material metálico é removida com eficiência, e as propriedades de fadiga do componente metálico produzido são complementarmente aprimoradas.

A fim de atingir o objetivo descrito acima, a presente invenção adota os aspectos descritos abaixo.

A saber, um processo para produção de um componente metálico, de acordo com a presente invenção, compreende uma primeira etapa de projeção para projetar em primeiro lugar as partículas contendo ferro como elemento principal, e dotadas de um tamanho médio de partícula não inferior a 0,1 mm e não superior a 5 mm sobre a superfície de um material metálico

compreendendo uma liga leve, e em seguida à finalização da primeira etapa de projeção, uma segunda etapa de projeção para projetar em segundo lugar partículas não compreendendo essencialmente ferro, e dotadas de um tamanho médio de partícula não superior a 200  $\mu\text{m}$  sobre a superfície do material metálico. Na presente invenção, o "tamanho médio de partícula" é determinado como o tamanho de partícula correspondente ao pico na curva de distribuição de freqüência, e também é citado como o tamanho de partícula mais freqüente ou o diâmetro modal.

Como alternativa, o tamanho médio de partícula também pode ser determinado usando os métodos relacionados abaixo.

(1) Um método em que o tamanho médio de partícula é determinado a partir de uma curva de peneira (o tamanho de partícula correspondente a  $R= 50\%$  é considerado o diâmetro médio ou 50% do tamanho de partícula, e é representado pelo símbolo  $d_{p50}$ ).

(2) Um método em que o tamanho médio de partícula é determinado a partir da distribuição de Rammler-Rosin.

(3) Outros métodos (como a determinação do tamanho médio da partícula do número, o tamanho médio da partícula do comprimento, o tamanho médio da partícula da área, o tamanho médio da partícula do volume, o tamanho médio da partícula da área da superfície, ou o tamanho da partícula do volume médio).

De acordo com este processo, na produção de um componente metálico, o efeito do aprimoramento da fadiga por meio de jato de chumbagem convencional é retido, e as alterações das dimensões e a aspereza do material metálico causadas pela remoção da fração de ferro podem ser evitadas.

Ainda mais, o elemento estrutural da presente invenção inclui um componente metálico produzido a partir do uso do processo de produção descrito acima.

Um elemento estrutural da presente invenção possui excelentes propriedades de fadiga, e não sofre alterações de dimensão ou aspereza da superfície do material metálico causadas pela remoção da fração de ferro.

Este elemento estrutural pode ser usado de forma favorável no campo de maquinários de transporte, como aeronaves e automóveis, e em outros campos que exijam propriedades favoráveis de fadiga de material.

5 A presente invenção fornece um processo para produção de um componente metálico e de um elemento estrutural ou similar usado em aeronaves, automóveis ou itens semelhantes, sendo que o processo compreende submeter a superfície do material metálico ao jato de chumbagem, em que o efeito do aprimoramento da fadiga por meio de jato de chumbagem convencional é retido, e a remoção a seco da fração de ferro é possível, significando que os custos operacionais podem ser reduzidos de forma dramática. Mais ainda, as alterações das dimensões ou a aspereza da superfície do material metálico causadas pela remoção da fração de ferro praticamente não ocorrem, assegurando a qualidade uniforme do perfil da superfície, e pelo fato de que uma tensão residual compressiva pode ser provocada na  
10 superfície externa usando um jato de micropartículas, um aperfeiçoamento da fadiga, maior do que aquele que pode ser obtido usando o jato de chumbagem convencional, pode ser esperado.

#### Breve Descrição dos Desenhos

20 A Figura 1 é um diagrama que mostra uma distribuição de concentração para a fração de ferro residual na superfície tratada de uma amostra de teste composta de um material de liga de alumínio em seguida ao jato de chumbagem da amostra.

A Figura 2 é um diagrama que mostra um perfil de superfície de um material de liga de alumínio antes do tratamento da superfície.

25 A Figura 3 é um diagrama que mostra o perfil da superfície de um material de liga de alumínio em seguida ao tratamento da superfície do Exemplo Comparativo 1.

30 A Figura 4 é um diagrama que mostra o perfil da superfície de um material de liga de alumínio em seguida ao tratamento da superfície do Exemplo 1.

A Figura 5 é um diagrama que mostra o perfil da superfície de um material de liga de alumínio em seguida ao tratamento da superfície do

### Exemplo Comparativo 2.

A Figura 6 é um diagrama que mostra uma distribuição de concentração para a fração de ferro residual na superfície tratada de uma amostra de teste composta de um material de liga de titânio em seguida ao jato de chumbagem da amostra.

A Figura 7 é um diagrama que mostra o perfil da superfície de um material de liga de titânio antes do tratamento da superfície.

A Figura 8 é um diagrama que mostra o perfil da superfície de um material de liga de titânio em seguida ao tratamento da superfície do Exemplo Comparativo 3.

A Figura 9 é um diagrama que mostra o perfil da superfície de um material de liga de titânio em seguida ao tratamento da superfície do Exemplo 2.

A Figura 10 é um diagrama que mostra o perfil da superfície de um material de liga de titânio em seguida ao tratamento da superfície do Exemplo Comparativo 4.

### Melhor Modo para Executar a Invenção:

A descrição das modalidades do processo para produção de um componente metálico, de acordo com a presente invenção é apresentada abaixo, com citação dos desenhos.

No processo para produção de um componente metálico, de acordo com a presente invenção, uma liga leve é usada como material metálico que atua como substrato. Os exemplos de ligas leves usadas para o material metálico incluem ligas de alumínio e ligas de titânio.

No processo para produção de um componente metálico, de acordo com a presente invenção, exemplos das primeiras partículas (o primeiro material do jato) que incluem o ferro como componente principal compreendem arame laminado e similares. Ademais, exemplos das segundas partículas (o segundo material do jato) que essencialmente não compreendem ferro incluem partículas duras de metal, cerâmica ou vidro ou similares, e dessas, partículas cerâmicas como alumínio ou silício são preferenciais.

O tamanho médio de partícula do primeiro material do jato não é

inferior a 0,1 mm e não superior a 5 mm, e é preferencialmente não inferior a 0,2 mm e não superior a 2 mm. Se o tamanho médio de partícula do primeiro material do jato for inferior a 0,1 mm, então a tensão residual compressiva diminui, e o efeito do jato de chumbagem diminui, sendo que os dois são indesejáveis. Além disso, se o tamanho médio de partícula do primeiro material do jato for superior a 5 mm, então a aspereza da superfície aumenta, e o dano à superfície é mais provável, diminuindo, desta forma, o efeito do jato de chumbagem e aumentando o grau de deformação.

O tamanho médio de partícula do segundo material do jato não é superior a 200  $\mu\text{m}$ , e preferencialmente não é inferior a 10  $\mu\text{m}$  e não superior a 100  $\mu\text{m}$ . Se o tamanho médio de partícula do segundo material for superior a 200  $\mu\text{m}$ , então o efeito do jato de chumbagem das micropartículas é reduzido, o que é indesejável. Ademais, se o tamanho médio de partícula do segundo material do jato for inferior a 10  $\mu\text{m}$ , então a obtenção do estado estável de aspersão não pode ser esperado.

A velocidade de aspersão do material do jato é regulada pela pressão de aspersão do fluxo de ar comprimido. A pressão de aspersão na primeira etapa de projeção (o primeiro jato de chumbagem) da presente invenção preferencialmente não é inferior a 0,1 MPa, não é superior a 1 MPa, e preferencialmente não é inferior a 0,2 MPa e não é superior a 0,5 MPa. Se a pressão de aspersão for superior a 1 MPa, então a energia cinética excessivamente grande das partículas pode danificar a superfície do material, significando que uma melhoria excessiva da vida de fadiga não pode ser obtida. Além disso, se a pressão de aspersão for inferior a 0,1 MPa, então a obtenção do estado estável de aspersão se torna bastante difícil.

A velocidade de aspersão do material do jato é regulada pela pressão de aspersão do fluxo de ar comprimido. A pressão de aspersão na segunda etapa de projeção (o segundo jato de chumbagem) da presente invenção preferencialmente não é inferior a 0,1 MPa, não é superior a 1 MPa e preferencialmente não é inferior a 0,3 MPa e não é superior a 0,6 MPa. Se a pressão de aspersão for superior a 1 MPa, então a energia cinética excessivamente grande das partículas pode danificar a superfície do material, sig-

nificando que uma melhoria excessiva da vida de fadiga não pode ser obtida. Além disso, se a pressão de aspersão for inferior a 0,1 MPa, então a obtenção do estado estável de aspersão se torna bastante difícil. Na primeira etapa de aspersão (o primeiro jato de chumbagem) da presente invenção, em  
5      acréscimo aos dispositivos de jato de chumbagem do tipo bocal, os dispositivos do jato de chumbagem do tipo propulsor também podem ser usados. Nos ditos casos, as condições de jato de chumbagem podem ser ajustadas pela alteração da taxa de rotações do propulsor.

10      Uma condição preferencial para o primeiro jato de chumbagem, expressa em termos do valor da altura do arco (a intensidade) determinada usando um sistema de válvula de Almen, que define a intensidade do jato de chumbagem, é preferencialmente não inferior a 0,10 mmA e não superior a 0,30 mmA, independentemente se o sistema de aspersão do tipo bocal ou o sistema do tipo propulsor for usado.

15      As partículas do jato de chumbagem para o primeiro material do jato e para o segundo material do jato preferencialmente possuem o formato esférico com superfícies lisas. A razão para esta preferência é que, se as partículas de material do jato forem pontiagudas, a superfície do componente metálico pode ser danificada.

20      A cobertura do primeiro material do jato, preferencialmente, não é inferior a 100% e não é superior a 1.000%, e mais preferencialmente não é inferior a 100% e não é superior a 500%. Nos níveis de cobertura inferiores a 100%, as regiões que não foram submetidas ao jato subsistem, significando uma melhoria satisfatória da resistência à fadiga não pode ser obtida. Ade-  
25      mais, se o nível de cobertura exceder 1.000%, então a aspereza da superfície do material aumenta, e um aumento na temperatura do material da superfície causa uma redução na tensão residual compressiva na superfície externa, significando que uma melhoria satisfatória da resistência à fadiga não pode ser obtida.

30      A cobertura do segundo jato de chumbagem preferencialmente, não é inferior a 100% e não é superior a 1.000%, e mais preferencialmente não é inferior a 100% e não é superior a 500%. Nos níveis de cobertura infe-

riores a 100%, nem o efeito de redução satisfatória da fração de ferro, nem a melhoria satisfatória da resistência à fadiga podem ser obtidos. Ademais, se o nível de cobertura exceder 1.000%, então o aumento na temperatura do material da superfície causa uma redução na tensão residual compressiva na superfície externa, significando que uma melhoria satisfatória da resistência à fadiga não pode ser obtida.

Um componente metálico que não foi submetida a jato de chumbagem sob as condições descritas acima exibem, preferencialmente, as propriedades de superfície (tensão residual compressiva da superfície e aspereza da superfície) descritas acima.

#### Tensão Residual Compressiva da Superfície

Em um componente metálico que tenha sido submetido ao primeiro jato de chumbagem e ao segundo jato de chumbagem, de acordo com a presente invenção, existe uma elevada tensão residual compressiva não inferior a 150 MPa tanto na superfície externa quanto nos arredores. Como resultado, a superfície é fortalecida e não ocorre falha por fadiga na superfície, e sim no interior do material, significando que a vida da fadiga aumenta de forma substancial.

Realizando o primeiro jato de chumbagem e o segundo jato de chumbagem no material metálico sob as condições acima, um componente metálico de superfície tratada da presente invenção é obtido.

Uma descrição mais detalhada do processo para produção de um componente metálico de acordo com a presente invenção é apresentada abaixo usando uma série de exemplos e de exemplos comparativos.

#### Exemplo 1

Uma folha de um material de liga de alumínio (7050-T7451, dimensões: 19 mm x 76 mm x 2,4 mm) foi usada como amostra de teste. Uma superfície desta amostra foi submetida ao primeiro jato de chumbagem usando um material do jato composto de partículas de aço fundido S230 dotadas de um tamanho médio de partícula de 500 a 800  $\mu\text{m}$ , usando um dispositivo do tipo propulsor sob condições que incluem um arco de 0,15 mmA.

Subsequentemente, a superfície que foi submetida ao primeiro

jato de chumbagem é submetida ao segundo jato de chumbagem composto de partículas cerâmicas de alumínio/silício dotadas de tamanho médio de partícula não superior a 500  $\mu\text{m}$ , sob condições que incluem uma pressão de aspersão de 0,4 MPa e um tempo de aspersão de 30 segundos. A altura do arco para este tratamento foi de 0,08 mmN.

Um aparelho dinâmico de micropartículas (PNEUMA BLASTER, número do modelo: P-SGF-4ATCM-401, fabricado por Fuji Manufacturing Co., Ltd) foi usado como o aparelho de jato de chumbagem no primeiro e no segundo jato de chumbagem.

Em seguida ao segundo jato de chumbagem, a distribuição de concentração para a fração de ferro residual na superfície tratada da amostra de teste foi medida usando um EPMA (Electronic Probe MicroAnalyzer). Os resultados são mostrados no gráfico da Figura 1. Neste gráfico, o eixo horizontal representa a intensidade de detecção da fração de ferro Lv em determinado ponto na superfície submetida ao jato de chumbagem, e o eixo vertical mostra a área de adesão da fração de ferro (a quantidade da fração de ferro residual) expressa em porcentagem (esta descrição também se aplica à Figura 6).

Os valores obtidos usando o método de análise EPMA revelado na presente invenção não indicam quantidades absolutas e, portanto, apenas avaliações relativas da quantidade da fração de ferro residual são possíveis (isto também se aplica aos exemplos e aos exemplos comparativos descritos abaixo).

Ademais, na imagem analítica obtida através do processamento da imagem da distribuição da concentração da fração de ferro obtida pelo EPMA para a amostra de teste do Exemplo 1, quase não foi detectada fração de ferro residual.

Ademais, a inspeção visual do perfil da superfície da superfície tratada em seguida ao segundo jato de chumbagem não revelou aspereza. Os resultados da medição dos perfis da superfície para o material de liga de alumínio antes e depois do jato de chumbagem da Figura 1 são mostrados na Figura 2 e na Figura 4, respectivamente. Além disso, os resultados da

medição da aspereza da superfície (Ra) do material de liga de alumínio são mostrados na Tabela 1, junto dos resultados para o outro exemplo e os exemplos comparativos. Conforme mostrado na Tabela 1, resultados bastante favoráveis foram obtidos, sendo que o segundo jato de chumbagem reduziu efetivamente a aspereza.

#### Exemplo Comparativo 2

O segundo jato de chumbagem no Exemplo 1 não foi realizado, e em seguida ao primeiro jato de chumbagem, a distribuição de concentração para a fração de ferro residual na superfície tratada da amostra de teste foi medida usando um EPMA. Os resultados são mostrados no gráfico da Figura 1.

A partir dos resultados mostrados na Figura 1 fica evidente que, enquanto praticamente não restou nenhuma fração de ferro do Exemplo 1, permaneceu uma fração de ferro residual após o tratamento do Exemplo Comparativo 1.

Além disso, na imagem analítica obtida pelo processamento da imagem da distribuição de concentração da fração de ferro obtida por EPMA para a amostra de teste do Exemplo Comparativo 1, foram detectadas regiões dotadas de uma elevada concentração residual da fração de ferro.

O resultado da medição do perfil da superfície para o material da liga de alumínio após o jato de chumbagem no Exemplo Comparativo 1 é mostrado na Figura 3. Além disso, o resultado da medição da aspereza da superfície (Ra) do material da liga de alumínio após o jato de chumbagem no Exemplo Comparativo 1 é mostrado na Tabela 1, junto com os resultados dos outros exemplos e exemplos comparativos.

#### Exemplo Comparativo 2

Após o jato de chumbagem no Exemplo Comparativo 1, um tratamento para remoção da fração de ferro foi realizado imergindo a amostra de teste por 30 minutos em uma solução misturada de ácido nítrico, ácido crômico anidro e ácido fluorídrico.

Na imagem analítica obtida pelo processamento da imagem da distribuição de concentração da fração de ferro do Exemplo Comparativo 2,

foram detectadas regiões dotadas de uma concentração residual de fração de ferro.

Além disso, a inspeção visual do perfil da superfície da superfície tratada após o tratamento de remoção da fração de ferro revelou que a liga de alumínio do substrato tinha dissolvido parcialmente, promovendo aspereza. O resultado da medição do perfil da superfície para o material da liga de alumínio após o jato de chumbagem no Exemplo Comparativo 2 é mostrado na Figura 5. Ademais, o resultado da medição da aspereza da superfície (Ra) do material da liga de alumínio após o jato de chumbagem no Exemplo Comparativo 2 é mostrado na Tabela 1, acompanhado dos resultados para os demais exemplos e exemplos comparativos.

#### Exemplo 2

Uma folha de um material de liga de alumínio (um material recozido Ti-6Al-4V, dimensões 19 mm x 76 mm x 2,4 mm) foi usado como material metálico para uma amostra de teste. Uma superfície desta amostra foi submetida ao primeiro jato de chumbagem usando um material do jato composto de partículas de aço fundido com tamanho médio de partícula de 120 a 300  $\mu\text{m}$ , usando um dispositivo do tipo propulsor sob condições que incluem uma altura de arco de 0,18 mmN.

Após o segundo jato de chumbagem, a distribuição de concentração da fração de ferro residual na superfície tratada da amostra de teste foi medida usando um EPMA. Os resultados são mostrados no gráfico da Figura 6, e otimizando-se as condições para o segundo jato de chumbagem, a fração de ferro pode ser removida na íntegra.

Ademais, na imagem analítica obtida pelo processamento da imagem da distribuição da concentração da fração de ferro obtida por EPMA para a amostra de teste do Exemplo 2, praticamente não foi detectada uma fração de ferro residual.

Além disso, a inspeção visual do perfil da superfície da superfície tratada após o segundo jato de chumbagem não revelou aspereza. Os resultados do perfil da superfície para o material da liga de titânio antes e depois do jato de chumbagem no Exemplo 2 são mostrados na Figura 7 e na Figura 9, respec-

tivamente.

Ademais, os resultados da medição da aspereza da superfície (Ra) do material da liga de titânio antes e após o jato de chumbagem no Exemplo 2 são mostrados na Tabela 1, acompanhados dos resultados para os demais exemplos e exemplos comparativos. Conforme demonstrado na Tabela 1, foram obtidos resultados bastante favoráveis, e o segundo jato de chumbagem reduziu de forma efetiva a aspereza.

### Exemplo Comparativo 3

O segundo jato de chumbagem no Exemplo 2 não foi realizado, e após o primeiro jato de chumbagem, a distribuição de concentração para a fração de ferro residual na superfície tratada da amostra de teste foi medida usando um EPMA. Os resultados são mostrados no gráfico da Figura 6.

A partir dos resultados mostrados na Figura 6, fica evidente que enquanto praticamente não restou fração de ferro na superfície tratada após os tratamentos do Exemplo 2, permaneceu uma fração de ferro residual na superfície tratada após o tratamento do Exemplo Comparativo 3.

Ademais, na imagem analítica obtida pelo processamento da imagem da distribuição da concentração da fração de ferro obtida por EPMA para a amostra de teste do Exemplo Comparativo 3, foram detectadas regiões com elevada concentração da fração de ferro residual.

O resultado da medição do perfil da superfície para o material da liga de titânio após o jato de chumbagem no Exemplo Comparativo 3 é mostrado na Figura 8. Ainda, o resultado da medição da aspereza da superfície (Ra) do material da liga de titânio após o jato de chumbagem no Exemplo Comparativo 3 é mostrado na Tabela 1, acompanhado dos resultados para os demais exemplos e exemplos comparativos.

Após o primeiro jato de chumbagem no Exemplo Comparativo 3, um tratamento para a remoção da fração de ferro foi realizado imergindo-se a amostra de teste por 30 minutos em solução aquosa de ácido nítrico.

Na imagem analítica obtida pelo processamento da imagem da distribuição da concentração da fração de ferro obtida por EPMA para a amostra de teste do Exemplo Comparativo 4, foram detectadas regiões com

uma fração de ferro residual.

Ademais, a inspeção visual do perfil da superfície da superfície tratada após o tratamento de remoção da fração de ferro revelou que o material da liga de titânio do substrato tinha dissolvido parcialmente, promovendo aspereza. O resultado da medição do perfil da superfície do material da liga de titânio após o jato de chumbagem no Exemplo Comparativo 4 é mostrado na Figura 10. Além disso, o resultado da medição da aspereza da superfície (Ra) do material da liga de titânio, após o jato de chumbagem no Exemplo Comparativo 4, é mostrado na Tabela 1, acompanhado dos resultados dos demais exemplos e exemplos comparativos.

Tabela 1

Alteração da Aspereza da Superfície submetida ao Jato de chumbagem Ra ( $\mu\text{m}$ )

Amostra de teste	Antes do jato	Jato de aço fundido	Jato de aço fundido + jato de micropartículas	Jato de aço fundido + remoção úmido da fração de ferro
Liga de alumínio	0,2	5,3 (Exemplo Comparativo 1)	4,8 (Exemplo 1)	5,2 (Exemplo Comparativo 2)
Liga de titânio	0,12	0,60 (Exemplo Comparativo 2)	0,55 (Exemplo 2)	0,66 (Exemplo Comparativo 4)

## REIVINDICAÇÕES

1. Processo de produção de um componente metálico e de um elemento estrutural, que compreende:

5 uma primeira etapa de projeção para projetar as primeiras partículas que compreendem o ferro como componente principal, e contendo uma dimensão média de partícula não inferior a 0,1 mm e não superior a 5 mm sobre uma superfície de um material metálico que compreende uma liga de baixo peso, e

10 em seguida à finalização da primeira etapa de projeção, uma segunda etapa de projeção para projetar as segundas partículas que, em sua essência, não compreendem ferro e contendo uma dimensão média de partícula não superior a 200  $\mu\text{m}$  sobre uma superfície de um material metálico.

15 2. Elemento estrutural contendo um componente metálico produzido a partir do uso do processo como definido na reivindicação 1.

FIG. 1

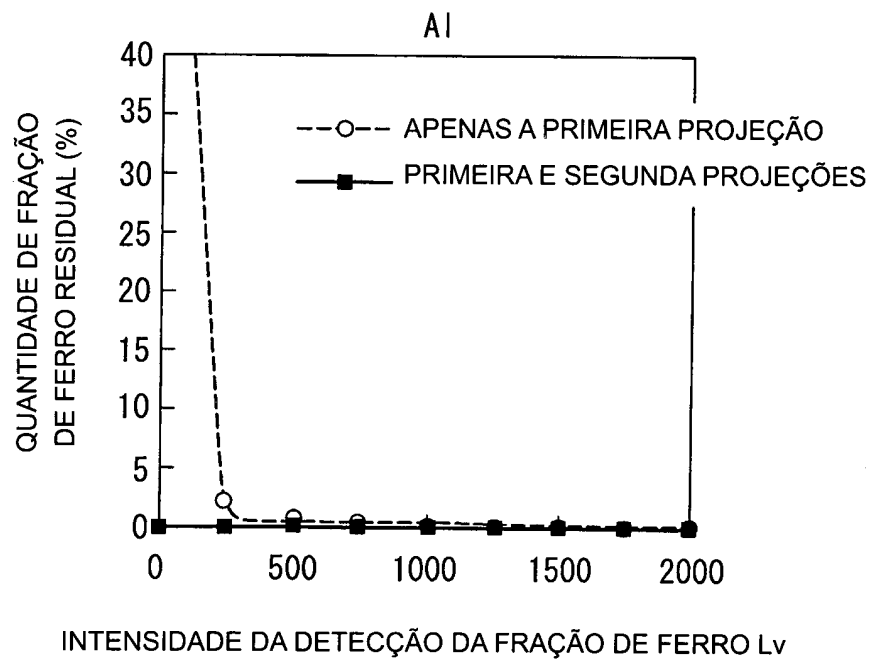


FIG. 2

Surfcorder SE-2300  
V. mag. 2000  
H. mag. 50  
Comprimento 2.0mm  
Velocidade de acionamento 0,1 mm/s  
Interrupção 0.8mm

Ra 0.2  $\mu$  m  
RMS 0.3  $\mu$  m  
Rt 1.9  $\mu$  m  
Rmax 2.7  $\mu$  m  
Rz 2.0  $\mu$  m  
RmaxD 1.6  $\mu$  m

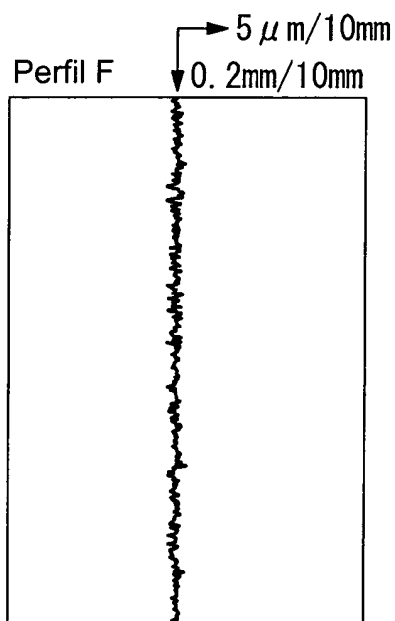


FIG. 3

Surfcorder SE-2300  
V. mag. 2000  
H. mag. 50  
Comprimento 2.0mm  
Velocidade de acionamento 0,1 mm/s  
Interrupção 0.8mm  
Ra 5.3  $\mu$ m  
RMS 6.7  $\mu$ m  
Rt 30.2  $\mu$ m  
Rmax 34.1  $\mu$ m  
Rz 22.6  $\mu$ m  
RmaxD 22.4  $\mu$ m  
RzD 19.4  $\mu$ m

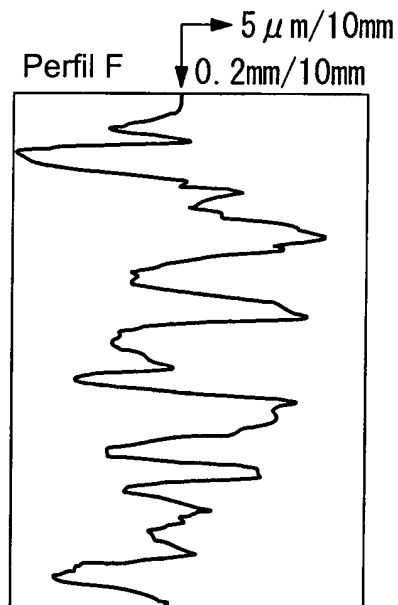


FIG. 4

Surfcorder SE-2300  
V. mag. 2000  
H. mag. 50  
Comprimento 2.0mm  
Velocidade de acionamento 0,1 mm/s  
Interrupção 0.8mm

Ra 4.8  $\mu\text{m}$   
RMS 5.7  $\mu\text{m}$   
Rt 22.9  $\mu\text{m}$   
Rmax 37.0  $\mu\text{m}$   
Rz 18.7  $\mu\text{m}$   
RmaxD 22.9  $\mu\text{m}$   
RzD 15.6  $\mu\text{m}$

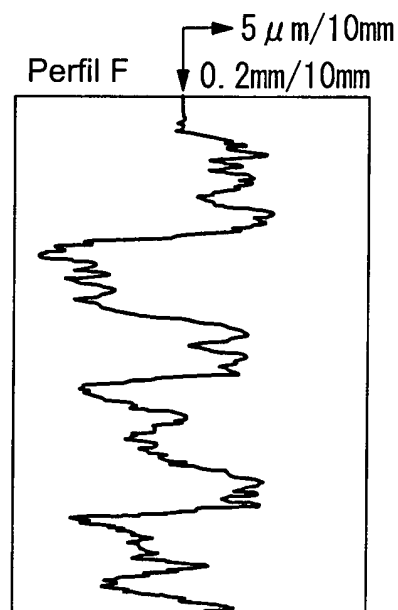


FIG. 5

Surfcorder SE-2300  
V. mag. 2000  
H. mag. 50  
Comprimento 2.0mm  
Velocidade de acionamento 0,1 mm/s  
Interrupção 0.8mm

Ra 5.2  $\mu\text{m}$   
RMS 6.7  $\mu\text{m}$   
Rt 36.4  $\mu\text{m}$   
Rmax 39.6  $\mu\text{m}$   
Rz 27.2  $\mu\text{m}$   
RmaxD 29.8  $\mu\text{m}$   
RzD 23.3  $\mu\text{m}$

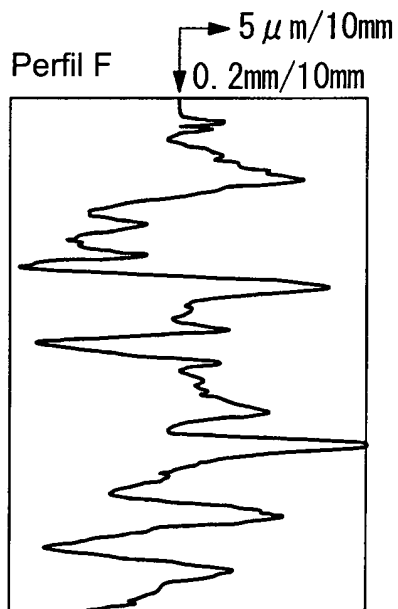


FIG. 6

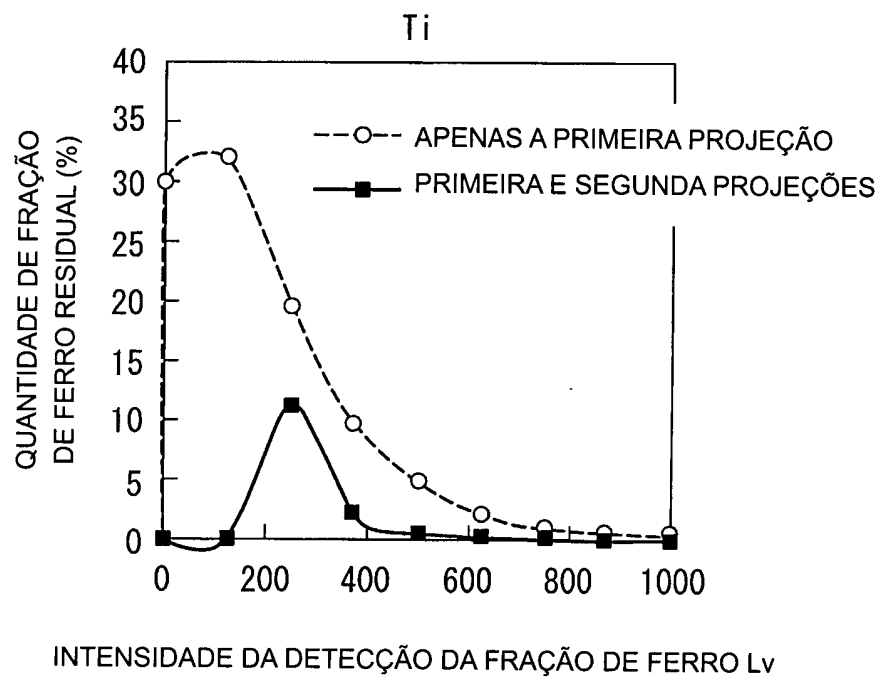


FIG. 7

Surfcorder SE-2300  
V. mag. 5000  
H. mag. 50  
Comprimento 2.0mm  
Velocidade de acionamento 0,1 mm/s  
Interrupção 0.8mm

Ra 0.12  $\mu$ m  
RMS 0.16  $\mu$ m  
Rt 0.86  $\mu$ m  
Rmax 2.67  $\mu$ m  
Rz 0.89  $\mu$ m  
RmaxD 0.85  $\mu$ m  
RzD 0.64  $\mu$ m

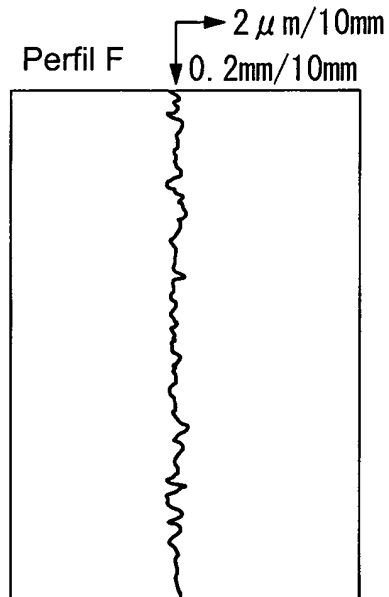


FIG. 8

Surfcorder SE-2300  
V. mag. 5000  
H. mag. 50  
Comprimento 2.0mm  
Velocidade de acionamento 0,1 mm/s  
Interrupção 0.8mm

Ra 0.60  $\mu\text{m}$   
RMS 0.77  $\mu\text{m}$   
Rt 4.29  $\mu\text{m}$   
Rmax 6.14  $\mu\text{m}$   
Rz 4.66  $\mu\text{m}$   
RmaxD 4.29  $\mu\text{m}$   
RzD 3.39  $\mu\text{m}$

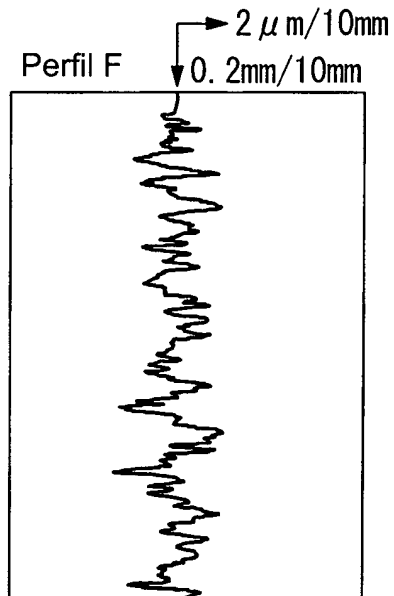


FIG. 9

Surfcorder SE-2300  
V. mag. 5000  
H. mag. 50  
Comprimento 2.0mm  
Velocidade de acionamento 0,1 mm/s  
Interrupção 0.8mm

Ra 0.55  $\mu$  m  
RMS 0.68  $\mu$  m  
Rt 3.69  $\mu$  m  
Rmax 5.26  $\mu$  m  
Rz 4.06  $\mu$  m  
RmaxD 3.52  $\mu$  m  
RzD 3.00  $\mu$  m

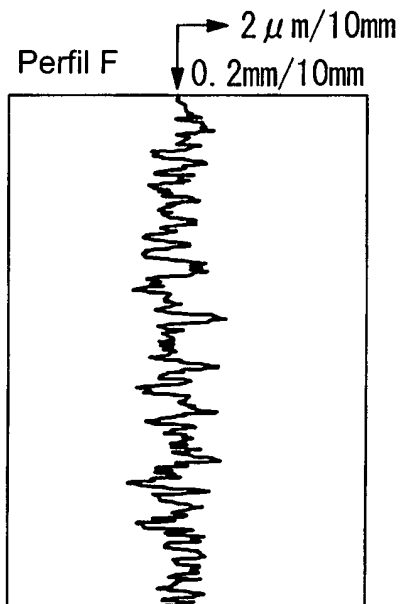
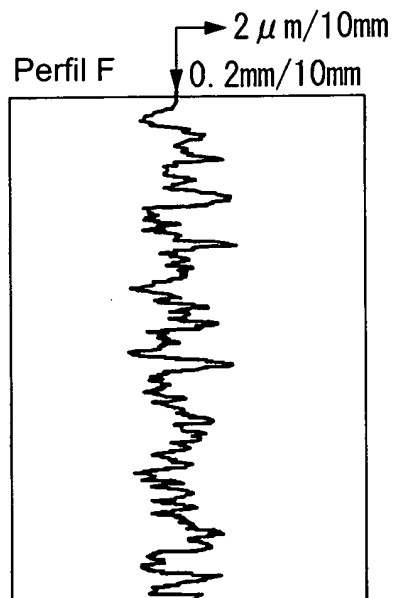


FIG. 10

Surfcorder SE-2300  
V. mag. 5000  
H. mag. 50  
Comprimento 2.0mm  
Velocidade de acionamento 0,1 mm/s  
Interrupção 0.8mm

Ra 0.66  $\mu$ m  
RMS 0.81  $\mu$ m  
Rt 4.14  $\mu$ m  
Rmax 5.05  $\mu$ m  
Rz 4.26  $\mu$ m  
RmaxD 4.03  $\mu$ m  
RzD 3.51  $\mu$ m



**RESUMO**

Patente de Invenção: **"PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE UM COMPONENTE METÁLICO E DE UM ELEMENTO ESTRUTURAL"**.

A presente invenção refere-se a um processo para produção de um componente metálico que inclui submeter a superfície de um material metálico a um jato de chumbagem, em que praticamente não ocorre nenhuma alteração das dimensões ou da aspereza do perfil da superfície do material metálico, a fração de ferro aderida à superfície do material metálico é removida com eficiência, e as propriedades de fadiga do componente metálico produzido são aperfeiçoadas. As primeiras partículas contendo ferro como componente principal e contendo uma média de dimensão de partícula não inferior a 0,1 mm de trava radial 28, e não superior a 5 mm são projetadas sobre a superfície de um material metálico contendo uma liga de baixo peso, e as segundas partículas que em sua essência não contêm ferro e contendo uma dimensão média de partículas não superior a 200 µm são em seguida projetadas sobre a superfície do material metálico.