

(11) *Número de Publicação:* **PT 85787 B**

(51) *Classificação Internacional:* (Ed. 5)

C23C024/08 A

C23C010/28 B

B23K020/16 B

F01D005/28 B

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) *Data de depósito:* 1987.09.24

(30) *Prioridade:* 1986.09.25 US 911681

(43) *Data de publicação do pedido:*
1988.10.14

(45) *Data e BPI da concessão:*
02/93 1993.02.02

(73) *Titular(es):*

UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION
1 FINANCIAL PLAZA HARTFORD CT 6101
US

(72) *Inventor(es):*

PETER JON DRAGHI US
JOHN PETER ARRIGONI US

(74) *Mandatário(s):*

ANTÓNIO LUÍS LOPES VIEIRA DE SAMPAIO
RUA DE MIGUEL LUPI 16 R/C 1200 LISBOA PT

(54) *Epígrafe:* PROCESSO PARA A RECLASSIFICAÇÃO DA ÁREA DA TUBEIRA DE UMA PALHETA DE TURBINA DE GÁS

(57) *Resumo:*

P. 2. 2085. 484

4.

UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION

"PROCESSO PARA A RECLASSIFICAÇÃO DA ÁREA DA
TUBEIRA DE UMA PALHETA DE TURBINA DE GÁS"

Campo Técnico:

A presente invenção refere-se a componentes de motores de turbinas a gás e, mais particularmente, a um processo para a reclassificação da área da tubeira entre palhetas adjacentes da turbina.

Enquadramento Geral da Técnica:

Um motor de turbina a gás inclui uma secção de compressor, uma secção de combustão e uma secção de turbina. Colocadas dentro da secção da turbina, encontram-se filas alternadas de lâminas rotativas e de lâminas estáticas. À medida que os gases quentes da combustão passam através da secção da turbina, as lâminas são accionadas rotativamente, fazendo rodar um veio e proporcionando dessa forma trabalho à saída do veio para accionar a secção do compressor e outros sistemas auxiliares. Quanto mais elevada for a temperatura do gás, mais trabalho se pode extrair da secção da turbina e maior será a eficiência global. A fim de aumentar as possibilidades de temperatura de funcionamento da secção de turbina, utilizam-se superligas à base de cobalto e de níquel para fabricar as lâminas estáticas e dinâmicas com a forma de aerofólio da turbina. Estes materiais conservam a resistência mecânica a temperaturas elevadas.

As lâminas estacionárias, colocadas entre as filas das lâminas rotativas, estabilizam e dirigem o caudal de gás de uma fila de lâminas rotativas da turbina para a fila seguinte, com uma área da tubeira definida pelo distanciamento entre as lâminas adjacentes. Essa estabilização do caudal de gás otimiza a quantidade de trabalho extraída na secção da turbina. Geralmente, às áreas de fluxo da tubeira são atribuídos números de classificação que estão correlacionados com o caudal volumétrico de gás, permitindo a comparação das propriedades de caudal entre lâminas de geometria complexa. Portanto, a área da tubeira é definida, por uma questão de conveniência, em termos de uma classe de tamanho. Por exemplo, num motor de modelo particular, uma tubeira da classe 27 tem uma área de abertura de cerca de 12,05 - 12,22 cm² (1,868 - 1,894 polegadas quadradas), enquanto uma tubeira da classe 29 tem uma área aberta de cerca de 12,38 - 12,54 centímetros quadrados (1,919 - 1,944 polegadas quadradas), independentemente da geometria.

Em serviços, a deterioração da superfície das lâminas estáticas ocorre devido à oxidação e à erosão do metal provocadas pelos agentes abrasivos e corrosivos existentes na corrente de gás que passa chocando de encontro às lâminas estáticas. Além disso, as elevadas cargas do gás a esta temperatura promovem a distorção das lâminas estáticas, alargando dessa forma a área da tubeira, com a consequente perda de eficiência da turbina.

Durante a revisão periódica do motor, as lâminas estáticas são inspeccionadas para se verificar a presença de danos físicos e avaliadas para determinar o grau de alteração da área de passagem e o efeito sobre a classificação da tubeira. Antes des-

3
sas lâminas estáticas serem novamente montadas no motor, todo o material que tenha desaparecido por erosão tem de ser substituído e as lâminas estáticas reclassificadas conseqüentemente. Além disso, todas as lâminas estáticas que tenham sofrido uma perda de metal ou uma alteração na forma devido à remoção do revestimento ou reparação têm de ser reclassificadas.

Existem vários métodos para modificar a forma de uma lâmina estática de modo a devolver à tubeira a área de passagem de gás inicial e conseguir-se a classificação original (reclassificação). Um dos métodos compreende a martelagem a quente ou a dobragem realizada de outra forma do rebordo posterior da lâmina fixa, estreitando a distância entre lâminas adjacentes. No entanto, essa dobragem introduz tensões que podem provocar a formação de fendas na lâmina estática. Essa dobragem pode também provocar a excessiva distorção da lâmina fixa, evitando a adaptação apropriada e a vedação dos tubos de arrefecimento internos enquanto os dispositivos acessórios, que mantêm as lâminas estáticas durante a dobragem, podem distorcer a plataforma da lâmina estática ou esmagar o pedestal da mesma. Mesmo que as tensões de dobragem possam ser reduzidas, algumas ligas resistentes a alta temperatura usadas nos motores das turbinas a gás não podem ser deformadas ou dobradas a quente devido aos efeitos prejudiciais sobre as propriedades do material, tais como a resistência à fadiga. Como o processo de dobragem não devolve metal à superfície da lâmina estática, não há contribuição para a resistência mecânica e a lâmina estática fica estruturalmente mais fraca do que uma nova lâmina estática deveria ser, limitando a duração útil desta.

4
L

Outro método para reclassificar as lâminas estáticas de turbina envolve a adição de uma liga à superfície deteriorada por um processo combinado de pulverização e de soldadura/plasma, tal como se descreve na patente de invenção norte-americana Número 4.028.787, concedida a Cretella e col.. Este processo exige a adição de cordões de soldadura à superfície desgastada para o seu reforço com um número de camadas pulverizadas com plasma de liga então adicionada suficiente para se atingir a espessura apropriada da liga. Esta maneira de proceder é muito intensiva em mão-de-obra, requerendo um soldador para adicionar um certo número de cordões de soldadura sobre uma pequena superfície, limpar a lâmina estática e então adicionar um certo número de camadas pulverizadas com plasma. Além disso, a lâmina estática pode ser danificada devido às tensões térmicas envolvidas na operação de soldadura.

Outro problema que surge com o processo de pulverização de soldadura/plasma envolve a área específica de deterioração. É de esperar que a deterioração seja mais severa na zona com a dimensão mais estreita da tubeira em que a velocidade da corrente de gás é máxima. Durante o processo de pulverização com plasma, adiciona-se liga à superfície em camadas muito finas formando uma distribuição uniforme larga. Uma vez completada a pulverização com plasma, o excesso de material tem de ser removido das áreas da lâmina estática que não sofreram erosão. Se a deterioração for severa numa área específica, tem de adicionar-se numerosas camadas de liga e, por consequência, uma grande quantidade dela tem de ser removida das áreas que não sofreram erosão. Essa maneira de proceder demora muito tempo e constitui uma perda dos materiais

da liga envolvidos. Consequentemente, verificou-se a necessidade de se proporcionar um método de reclassificação das lâminas estáticas de turbinas de gás que permita realizar a adição de uma liga a uma área específica enquanto se minimizam os custos.

Descrição Geral da Invenção

Constitui um objecto da presente invenção proporcionar um método simplificado para adicionar uma quantidade controlada de uma liga metálica a uma área específica de um artigo.

Constitui ainda um outro objecto da presente invenção proporcionar um método para a reclassificação de lâminas estáticas da turbina de gás que reduza a quantidade de mão-de-obra necessária para conseguir a acumulação de uma liga metálica numa zona específica sobre a superfície da lâmina estática da turbina.

Ainda um outro objecto da presente invenção consiste em proporcionar um método de reclassificação das lâminas estáticas de uma turbina de gás que não possam ser deformadas ou dobradas a quente.

Estes e outros objectos da presente invenção são atingidos aplicando uma ou mais camadas de um material metálico com a forma de fita à área específica do artigo até se atingir uma espessura desejada, incluindo o material da fita uma mistura de um ligante e de um pó da liga que é compatível com o substrato, com a mistura formada na fita flexível de espessura uniforme e com um adesivo na parte posterior. Depois de a fita ter sido adicionada, o artigo é aquecido até uma temperatura à qual o adesivo e o ligante se decompõem e à qual ocorre a difusão entre o pó da liga na fita e a liga do substrato. Usando camadas da fita de espessura

constante pode fazer-se a reclassificação precisa da área da tubeira do gás numa zona específica antes de aquecer e sem necessidade de utilizar operações de pulverização com plasma ou solda dura de mão-de-obra intensivas e a reclassificação pode realizar-se simultaneamente com a reparação das fendas superficiais. Uma operação final de trabalho à máquina permite tratar os bordos da fita, originando uma superfície com um contorno suave.

Breve Descrição do Desenho:

A Figura anexa representa uma ilustração do processo da reclassificação da lâmina estática, de acordo com a presente invenção.

Melhor Método para Realizar a Invenção:

Fazendo referência à figura, nela está representado o método de reclassificação de acordo com a presente invenção. Uma lâmina estática (1) inclui uma superfície côncava (2), uma superfície convexa (3), um rebordo anterior (4) e um rebordo posterior (5). A lâmina estática (1) está colocada entre uma lâmina estática de montante (6) e uma lâmina estática de jusante (7), Com uma área de tubeira (8), definida entre as lâminas estáticas (6) e (1) e uma área da tubeira (9), definida entre as lâminas (1) e (7), sendo as áreas da tubeira medidas na distância mais apertada entre duas lâminas estáticas adjacentes, ilustrada pelas linhas (10, 11, 12 e 13).

Para fins ilustrativos, supõe-se que as lâminas estáticas (1), (6 e 7) são lâminas estáticas usadas que foram inspeccionadas e se verificou que necessitam reclassificação da área da tubeira

para se atingir a eficiência óptima da turbina. Para fins ilustrativos, as lâminas estáticas (1), (6 e 7) são formadas de uma superliga à base de cobalto, que tem uma composição nominal de 23,4 % de Cr, 10 % de Ni, 7 % de W, 3,5 % de Ta, 0,2 % de Ti, 0,6 % de C, 0,5 % Zr e 1,5 % de Fe. As lâminas estáticas feitas deste material não podem ser forjadas a quente nem dobradas sem se alterar prejudicialmente as propriedades de resistência à fadiga da liga. Portanto, ou as lâminas estáticas têm de ser substituídas ou tem de se adicionar liga do substrato às lâminas estáticas em que se tenha verificado a deterioração. Embora uma tal liga seja ilustrativa da presente invenção, os entendidos na matéria compreenderão que os artigos constituídos por outros materiais, tais como superligas à base de ferro ou de níquel podem também beneficiar do método de acordo com a presente invenção.

De acordo com a invenção, a reclassificação realiza-se adicionando camadas sucessivas de um material de fita (14) à superfície deteriorada da lâmina estática (1). A fita utilizada compreende uma mistura de um pó de liga e um ligante que é formada de modo a ter o aspecto de pasta e espalhada de maneira a obter-se uma folha de espessura uniforme. O material da fita pode ser produzido usando as indicações da patente de invenção norte-americana Número 3.293.072, que é incorporada na presente memória descritiva como referência. Esta patente de invenção descreve como se pode produzir uma fita usando uma película de suporte removível como substrato e empregando um polímero orgânico tal como álcool polivinílico ou um polimetacrilato juntamente com uma menor quantidade de um plastificante volátil, tal como acetato-isobutirato de sacarose, ftalato de dibutilo ou oxalato de di-

etilo para utilização com os ligantes de polimetacrilato, e glicerina para utilização com os ligantes de álcool polivinílico. O material em pó é transformado numa suspensão com o agente ligante, o plastificante e a acetona, como dissolvente, aplicado numa camada fina sobre um suporte removível e, seguida, aquecido para se eliminar o dissolvente. A folha de material é então cortada em fitas flexíveis e adiciona-se um suporte posterior de adesivo.

O pó da liga é o componente mais importante da fita e é compatível com o substrato e capaz de resistir ao ambiente de trabalho, usualmente compreendendo uma liga compatível ligável por soldadura a frio ou difusão, para utilização com a superliga à base de cobalto anteriormente mencionada, o pó da liga compreende uma mistura de 60 % em peso de uma liga que tem uma composição nominal de 24,5 % de Cr, 40 % de Ni, 3 % de B e a parte restante cobalto e 40 % em peso da liga do substrato, sob a forma de pó.

Fazendo referência à figura, a fita com o adesivo na camada posterior (14) é adicionada em camadas até se atingir a quantidade pretendida de liga. Como a fita é fina e flexível é fácil conferir-lhe a forma e a espessura desejadas e conformável de acordo com as superfícies irregulares. As camadas têm a forma de superfície piramidal para formar um aumento gradual na espessura da liga numa área específica da lâmina estática, diminuindo desse modo a distância entre as lâminas estáticas. Entre as lâminas estáticas (6) e (1), estão representadas quatro camadas da fita, enquanto entre as lâminas estáticas (1) e (7), estão representadas duas camadas. Qualquer entendido na matéria compreende-



rá que a fita pode ser aplicada ou em um ou em ambos os lados da lâmina estática, dependendo das circunstâncias particulares.

A lâmina estática (1) com a fita (14) aplicada é então aquecida a uma temperatura à qual ocorre a ligação. Aquela temperatura ou a uma temperatura inferior, o ligante e a camada adesiva decompõem-se sem deixar um resíduo substancial, evitando-se assim a contaminação da liga. O pó da liga existente na fita liga-se então com a liga do substrato, formando uma micro-estrutura contínua isenta de vazios.

De acordo com uma forma de realização preferida, esta ligação envolve uma ligação em fase líquida transiente (TLP), como se descreve nas patentes de invenção norte-americanas Números 3.678.570, 4.005.988 e 4.073.639, incorporadas na presente memória descritiva como referência, proporcionando uma ligação a uma temperatura à qual a liga de base pode ser exposta sem sofrer um efeito prejudicial. Durante a ligação TLP, o artigo é mantido à temperatura de ligação até se ter conseguido realizar a solidificação isotérmica. Para produzir uma ligação TLP, a liga da fita tem o mesmo metal de base que a lâmina estática de superliga e inclui um elevado teor de boro. A presença de boro, preferivelmente, 1 - 5 % em peso, actua como um diminuidor do ponto de fusão e, desse modo, proporciona uma temperatura do ponto de fusão inferior à da superliga e inferior àquela que causaria alterações metalúrgicas adversas irreversíveis na liga do substrato. Depois da ligação, a lâmina estática é tratada termicamente para se proporcionar a homogeneização da micro-estrutura entre a liga da fita e a liga do substrato.

Depois de se ligar a fita à lâmina estática, a superfície

é trabalhada à máquina para se conseguir o contorno apropriado da superfície. Geralmente, isto obriga ao arredondamento dos bordos da fita para proporcionar uma superfície aerodinâmica lisa.

Exemplo

Uma lâmina estática de uma turbina, constituída por uma superliga à base de cobalto, tendo uma composição nominal de 23,4 % de Cr, 10 % de Ni, 3,7% de W, 3,5 % de Ta, 0,2 % de Ti, 0,6% de C, 0,5 % de Zr e 1,5 % de Fe, foi retirada e inspeccionada depois de um certo número de horas de serviço num motor de turbina a gás. A lâmina estática foi limpa por jacto de granalha e removeu-se quimicamente um revestimento de alumineto das superfícies. A lâmina estática foi então inspeccionada com um material penetrante fluorescente, tal como Zyglo^(R), para localizar a presença de fendas ou outros defeitos superficiais. Depois de se verificar que as fendas são reparáveis, mediu-se a área da tubeira (classe) e registou-se. Determinou-se que a área da tubeira tinha aumentado e que era necessário aplicar material para fazer com que a lâmina estática voltasse à sua classe original.

A lâmina estática de liga de cobalto foi então limpa com hidrogénio numa retorta de hidrogénio a 1149°C (2100°F) durante duas horas e meia e depois limpa com vácuo a 1149°C (2100°F) durante duas horas.

Aplicou-se um material de fita à lâmina estática, tendo uma espessura uniforme de 0,51 milímetro (0,020 polegada) e contendo um pó de liga que era compatível com a liga do substrato e um ligante, com a mistura formulada de maneira a proporcionar li-

gação TLP , compreendendo uma mistura de 60 % em peso de uma liga tendo uma composição nominal de 24,5 % de Cr, 40 % de Ni, 3 % de B e o restante de cobalto e 40 % em peso da liga do substrato sob a forma de pó.

Cortaram-se quatro camadas da fita de maneira a terem a forma apropriada e aplicaram-se adesivamente num dos lados da lâmina estática e aplicaram-se duas camadas no rebordo posterior. Cada camada variava de largura de maneira a conseguir-se uma acumulação regular do material sobre a superfície da lâmina estática. Em seguida, aqueceu-se a lâmina estática até 1149°C (2100°F) sob vazio e manteve-se durante doze horas. A esta temperatura, o ligante e a cobertura posterior de adesivo decompõem-se, não deixando essencialmente qualquer resíduo e a liga com a forma de pó fundiu e difundiu-se para dentro da liga do substrato, proporcionando uma superfície unitária espessada com o material da fita simultaneamente a preencher quaisquer fendas existentes na área da reclassificação. A solidificação realizou-se isotermicamente visto que o agente que provoca a diminuição do ponto de fusão - boro - se difundiu para a liga do substrato.

A acumulação de material foi então maquinada usando um amolador de correia abrasiva que se encostava nos rebordos da fita para proporcionar uma superfície contínua regular. A lâmina estática foi então limpa com jacto de granalha, inspeccionada com as partículas fluorescentes e a área da tubeira medida para confirmar a reclassificação apropriada. Quaisquer chochos de ar bloqueados no interior da lâmina estática foram reabertos e, em seguida, tornou-se a revestir a peça.

A lâmina estática revestida foi finalmente inspeccionada

4.

e a sua classificação verificada de novo. Deve notar-se que o revestimento faz geralmente, diminuir a classificação da lâmina estática devido à espessura adicionada do material de revestimento sobre a superfície da tubaiera. Isto deve ser tomado em consideração quando se determina o número de camadas a serem aplicadas.

Utilizando um processo de reclassificação com utilização das fitas, eliminam-se as operações de soldadura intensivas de ^{têrmicas} mão-de-obra e as tensões/por elas provocadas. Este processo proporciona também uma acumulação controlada de acordo com as necessidades exactas e consegue-se obter uma configuração homogênea da liga do substrato. Muito embora se tenha descrito a forma de realização preferida da presente invenção em relação a uma lâmina estática de turbina, qualquer entendido na matéria compreenderá que qualquer componente do motor de turbina que necessite de uma adição controlada de uma liga de substrato numa área específica pode beneficiar da presente invenção. Muito embora se tenha descrito a invenção em relação com uma superliga à base de cobalto, uma temperatura de 1149°C (2100°F) em um tempo de doze horas, todos os entendidos na matéria compreenderão que se pode introduzir modificações em termos de tempo, temperatura, liga, espessura da fita ou sua largura, sem haver afastamento do âmbito da presente invenção que é definido por meio das reivindicações anexas.



R e i v i n d i c a ç õ e s

1.- Processo para adicionar uma quantidade controlada de elementos de liga a um artigo de metal numa área específica, caracterizado pelo facto:

- a) de se aplicar uma ou mais camadas de um material com a forma de cinta nessa área específica até se obter uma espessura pretendida, incluindo a cinta uma mistura de um ligante e de pó de liga metálica que é compatível com a liga do substrato, tendo a mistura a forma de uma cinta de espessura uniforme que inclui uma camada posterior adesiva; e
- b) de se aquecer o artigo até uma temperatura à qual o adesivo e o ligante se decompõem e à qual ocorre a ligação entre a liga pulverizada da cinta e a liga do substrato.

2.- Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de o referido artigo e a mencionada cinta serem aquecidos sob vácuo.

3.- Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de a citada ligação compreender a ligação por difusão.

4.- Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de se misturar o material da referida cinta em camadas, de forma a proporcionar uma superfície com um contorno regular.

5.- Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de a mencionada ligação compreender a ligação por fase líquida transitória e de a referida liga da cinta conter entre cerca de 1 e 5 por cento em peso de boro.

6.- Processo de acordo com a reivindicação 5, caracte-

rizado ainda pelo facto:

- a) de se manter o artigo à temperatura de ligação até ocorrer a solidificação isotérmica; e
- b) de se tratar termicamente o artigo para se conseguir a homogeneização da liga da cinta e da liga do substrato.

7.- Processo para a reclassificação da área da tubeira entre palhetas de turbina de gás adjacentes, de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo facto de compreender:

- a) de se fixar o excesso da área da tubeira entre as palhetas;
- b) de se aplicar uma ou mais camadas de um material com a forma de cinta à área deficiente até uma espessura pretendida, incluindo a cinta uma mistura de um ligante e de uma liga em pó que é semelhante à liga do substrato, tendo a mistura a forma de uma cinta de espessura uniforme que inclui uma camada posterior adesiva;
- c) de se aquecer a palheta a uma temperatura à qual o adesivo e o ligante se decompõem e à qual ocorre a ligação entre o pó da liga da cinta e a liga do substrato; e
- d) de se misturar o material da liga adicionada para se conseguir obter uma superfície essencial regular.

8.- Processo de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo facto de a referida palheta e a mencionada cinta serem aquecidas sob vazio.

9.- Processo de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo facto de a citada ligação compreender a ligação por difusão.

10.- Processo de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo facto de a referida ligação compreender a ligação por fase líquida transitória e de a mencionada liga da cinta conter entre 1 e 5 por cento em peso de boro.

11.- Processo de acordo com a reivindicação 10, caracterizado ainda pelo facto:

- a) de se manter a palheta à temperatura de ligação até ocorrer a solidificação isotérmica; e
- b) de se tratar termicamente a palheta para se conseguir a homogeneização da liga da cinta e da liga do substrato.

Entrelinha:- "térmicas".-

Lisboa, 24 de Setembro de 1987

O Agente Oficial da Propriedade Industrial

4.

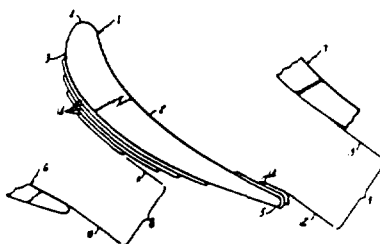
R E S U M O

"Processo para a reclassificação da área da tubeira de uma palheta de turbina de gás"

Uma palheta de turbina de gás (1) é submetida a distorção e desgaste durante o funcionamento ou a reparação que tem como resultado num aumento do espaçamento entre palhetas sucessivas (6 e 7) que define as áreas de passagem de gás na tubeira (8 e 9). Durante a revisão, o afastamento entre as superfícies das palhetas tem de ficar igual ao valor original para garantir o rendimento óptimo da turbina. De acordo com o processo da presente invenção, realiza-se a adição de liga metálica na área desgastada aplicando de maneira controlada camadas de uma cinta (12) de espessura uniforme, na palheta. A cinta inclui uma mistura de um ligante e de um pó de liga que é compatível com a liga do substrato, sendo a mistura transformada numa folha de espessura uniforme e tendo uma camada posterior adesiva. Depois de se aplicar a cinta em camadas até se obter uma espessura pretendida, a palheta é aquecida a uma temperatura à qual o ligante e o adesivo se decompõem e a liga existente na cinta se une por difusão com a liga do substrato.

A utilização deste processo reduz o custo de renovação de palhetas de turbinas de gás usadas e evita os processos de formação a quente ou de curvatura que podiam danificar a palheta.

L.



Lisboa, 24 de Setembro de 1987

O Agente Oficial da Propriedade Industrial

A handwritten signature in black ink, appearing to read "M. G. Almeida".

A simple horizontal line drawn in black ink, likely a separator or a decorative element.

4.

