

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

(21) **PI0902199-0 A2**



(22) Data de Depósito: 22/06/2009
(43) Data da Publicação: 13/04/2010
(RPI 2049)

(51) *Int.Cl.:*
C23C 24/08 (2010.01)
F01D 5/28 (2010.01)

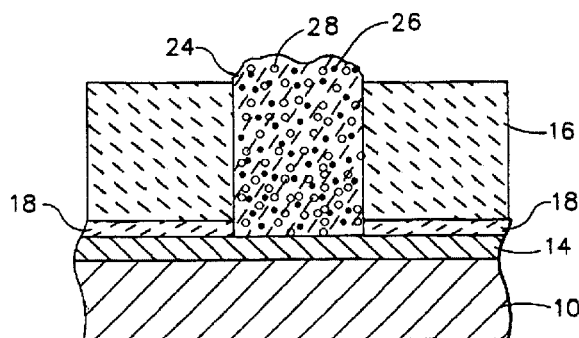
(54) Título: **MÉTODO DE REPARO DE UMA COBERTURA DE BARREIRA TÉRMICA E COBERTURA REPARADA ASSIM FORMADA**

(30) Prioridade Unionista: 23/06/2008 US 12/144,109

(73) Titular(es): GENERAL ELECTRIC COMPANY

(72) Inventor(es): Andrew Jay Skoog, Jane Ann Murphy

(57) Resumo: Método de reparo de uma cobertura de barreira térmica e cobertura reparada assim formada. Uma composição de cobertura e um método de reparo apropriados para o reparo de coberturas de barreira térmica (TBCs), e em particular TBCs baseadas em composições de alumina-silica. O método inclui preparar ao menos uma composição de cobertura (24) contendo partículas sólidas de cerâmica (26), partículas ocas de cerâmica (28) e um ligante precursor de sílica, aplicar a composição de cobertura (24) em uma área superficial (22) do componente (10) exposta por uma abertura (20), por exemplo, escamação (20) da TBC (16), e então reagir o ligante para gerar uma cobertura de reparo (30) a qual cobre a área superficial (22) da componente (10). A cobertura de reparo (30) resultante contém as partículas sólidas de cerâmica (26) e as partículas ocas de cerâmica (28) em uma matriz de sílica formada pela decomposição térmica do ligante.





Método de reparo de uma cobertura de barreira térmica e cobertura reparada assim formada.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

A invenção se refere às coberturas ou revestimentos para componentes expostos a altas temperaturas, tal como o ambiente térmico hostil de uma turbina a gás. Mais em particular, esta invenção está direcionada a um método de reparo para as coberturas de barreira térmica as quais tenham sofrido uma escamação localizada.

Os componentes da secção quente dos motores de tipo turbina a gás para uma aeronave ou industriais (geração de energia) são em geral protegidos por uma cobertura de barreira térmica (TBC), a qual reduz a temperatura do substrato do componente abaixo e assim prolonga a vida útil do componente. Os materiais cerâmicos, e em particular a zircônia estabilizada com ítrio (YSZ) são amplamente empregados como materiais de TBC devida a sua capacidade de suportar altas temperaturas, a sua baixa condutividade térmica e sua relativa facilidade de depósito através de aspersão a plasma, aspersão em chama e por meio de depósito físico de revestimento por vapor (PVD - *physical vapor deposition*) tal como o depósito físico de revestimento por vapor através de corrente elétrica (EBPVD). A aspersão a plasma atmosférico (APS) é em geral preferida em relação a outros processos de depósito devido aos custos relativamente baixos de equipamentos e pela facilidade de aplicação e de mascaramento.

As análises têm mostrado que os TBCs de YSZ depositados através de APS apresentam-se cerca de 20% a 70% transparentes a radiação térmica (comprimentos de onda de cerca de 780 nm a cerca de 1 mm) quando depositados com uma espessura típica de cerca de 250 a 500 micrometros. Como resultado, a proteção térmica fornecida por tais TBCs é comprometida em sua transmissão no infravermelho (IR) em ambientes que apresentam uma grande intensidade de radiação térmica, tais como dentro da secção do combustor de uma turbina a gás. Em resposta, têm sido propostos outros materiais para o isolamento da secção do equipamento da secção do combustor e de outros equipamentos sujeitos a condições operacionais similares. Exemplos marcantes incluem os materiais contendo alumina e sílica que não são transparentes aos comprimentos de onda em IR com preocupação principal para o combustor, por exemplo, os comprimentos de onda de cerca de 0,3 a cerca de 6 micrometros. Estes materiais de cobertura ou revestimento também apresentam a vantagem de apresentar uma massa reduzida e excelente propriedades de isolamento. Exemplos particulares de TBCs formados a partir destes materiais de cobertura envolvem o uso de uma mistura contendo partículas em pó de alumina e um precursor de sílica, os quais são aplicados na superfície a ser protegida e

aquecidos até a decomposição térmica do precursor de modo a formar uma matriz de sílica na qual as partículas em pó estão dispersas. A mistura pode ser formada como uma fita a qual é aplicada na superfície ou que pode ser aspergida sobre a superfície. Como exemplos, vejam-se as patentes norte-americanas de titularidade do presente de
5 números US 6.165.600, US 6.177.186, US 6.210.791, US 6.465.090 e US 6.827.969.

Para serem efetivos, os sistemas TBC devem apresentar uma baixa condutividade térmica, devem aderir fortemente ao componente e precisam permanecer aderidos por diversos ciclos de aquecimento e esfriamento. O último requisito é particularmente importante devido aos coeficientes de expansão térmica
10 diferentes entre os materiais cerâmicos da TBC e o dos substratos os quais estes protegem, os quais tipicamente são feitos a partir de ligas metálicas tipo superalloy. Para promover a adesão e aumentar a vida útil de um sistema TBC, geralmente é empregada uma cobertura adesiva resistente a oxidação. As coberturas adesivas tipicamente se encontram na forma de camadas de revestimento tais como as MCrAlX (na qual M é
15 ferro, cobalto e/ou níquel, e X é ítrio, elementos de terras raras e/ou elementos reativos), ou revestimentos com difusão de alumineto. Durante o depósito da cerâmica TBC e a subsequente exposição a altas temperaturas, tal como durante a operação do motor, estas coberturas adesivas formam uma camada ou película de alumina (Al_2O_3) altamente aderida a qual adere a TBC na cobertura adesiva. A vida útil dos sistemas TBC
20 tipicamente é limitada pela ocorrência de escamação devida a oxidação da cobertura adesiva, aumento das tensões na interface e pela resultante fadiga térmica. Apesar de já terem sido feitos avanços significativos, existe a obrigação inevitável de se reparar os componentes cujas coberturas de barreira térmica tenham sofrido uma escamação. Apesar da escamação tipicamente ocorrer em regiões ou setores localizados, os
25 métodos convencionais de reparo tem sido o de remover completamente a cobertura de barreira térmica, restaurar ou reparar a superfície da camada de ligação se necessário, e então revestir novamente todo o componente. Como uma alternativa, a patente US 5.723.078, de Nagarai e outros, ensina um processo para reparar seletivamente uma região escamada de uma TBC usando a técnica de aspersão a plasma.

30 No caso das grandes turbinas de geração de energia, não é economicamente viável a parada completa na geração de energia por um longo período de tempo, de modo a remover os componentes cujas TBCs tenham sido submetidas a apenas uma escamação localizada. Como resultado, os componentes identificados como apresentando a TBC escamada são em geral analisados de modo a se determinar se a
35 escamação ocorreu em uma área de grandes tensões e, é feita uma avaliação em relação ao risco de danos à turbina devido a proteção térmica reduzida do componente, o qual, se excessivo, pode levar a uma falha catastrófica do componente. Caso a decisão seja a de reparar a TBC, o componente com escamação é removido e um novo material

TBC é depositado por aspersão a plasma na região superficial com escamação. Tais processos de reparo têm mostrando um amplo uso no reparo das TBCs de YSZ. Contudo, ainda persiste a necessidade de novos materiais e técnicas de reparo, incluindo aquelas particularmente adaptadas ao reparo dos supra citados materiais de TBC em alumina-sílica.

BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

A presente invenção fornece uma composição de revestimento e a um método de reparo apropriados para o reparo de uma TBC de um componente, e em particular os materiais de TBC baseados em composições de alumina-sílica.

De acordo com primeiro aspecto da invenção, o método inclui preparar uma composição de cobertura ou revestimento compreendendo partículas sólidas de cerâmica, partículas ocas de cerâmica e um ligante precursor de sílica, aplicar a composição de cobertura na área superficial exposta da componente, por exemplo, exposta devida a escamação localizada, e então reagir o ligante de modo a se obter uma cobertura de reparo a qual cobre a área do componente. A cobertura de reparo resultante compreende as partículas sólidas de cerâmica e as partículas ocas de cerâmica dentro de uma matriz de sílica formada pela decomposição térmica do ligante. Também é incluída na invenção a composição de cobertura e a TBC reparada.

As composições de cobertura e as coberturas de reparo resultantes supra descritas são compatíveis com os materiais de TBC a base de alumina-sílica, e as partículas ocas de cerâmica fornecem o benefício adicional de reduzir a densidade e de aumentar as propriedades de isolamento e de resistência a erosão da cobertura reparada. Os materiais preferidos para as partículas de cerâmica sólidas e ocas são os não transparentes aos comprimentos de onda no IR de preocupação particular na secção do combustor de um motor a turbina, por exemplo, os comprimentos de onda de cerca de 0,3 a cerca de 6 micrometros. Desta feita, os materiais preferidos para a cobertura de reparo não degradam a refletividade térmica da TBC que está sendo reparada.

Em vista do quanto supra, também pode ser notado que o método desta invenção não requer que a TBC seja completamente removida, e não requer que o componente seja removido de modo a reparar a sua TBC. O método também não precisa de um tratamento a alta temperatura, uma vez que o ligante precursor de sílica pode ser inicialmente curado de modo a possibilitar que a câmara de reparo apresente uma resistência suficiente para suportar a operação do motor, sendo que com o transcorrer deste tempo o ligante precursor é gradualmente convertido de modo a formar a matriz de sílica. Como resultado, é necessário um tempo mínimo de parada de operação para completar o reparo e retomar a operação do motor a turbina.

No caso das grandes turbinas de geração de energia, evita-se o custo de parar completamente a planta de geração de energia por um longo período de tempo a fim de remover, repara e então reinstalar um componente que tenha sofrido apenas de uma escamação localizada.

O método da invenção pode ser usado para reparar coberturas cerâmicas em uma grande variedade de componentes expostos a cargas térmicas incluindo, mas não limitados a, TBCs formadas de materiais com composições diferentes das de alumina-sílica e aplicadas nos componentes das secções quentes dos motores de turbinas a gás de aviões e industriais (geração de energia).

Outros objetos e vantagens desta invenção poderão ser melhor apreciados a partir da descrição detalhada que segue.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

- A figura 1 é uma representação de secção transversal de uma superfície de um componente, protegida por uma cobertura de barreira térmica que tenha sofrido uma escamação localizada; e
- As figuras 2 e 3 são representações em secção transversal da superfície do componente da figura 1, durante o reparo da cobertura de barreira térmica, de acordo com uma forma de realização preferida para esta invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

A presente invenção é direcionada aos componentes protegidos por meios de coberturas de barreira térmica para operação dentro de ambientes caracterizados por temperaturas relativamente altas, e são portanto submetidos a tensões térmicas severas, cíclicas e cargas de radiação. Exemplos notáveis de tais componentes incluem os bocais das turbinas de alta e de baixa pressão, o envoltório, as camisas do combustor, as vedações secundárias e o equipamento amplificador dos motores de turbina a gás para uso em aplicações aeronáuticas e industriais. A presente invenção é particularmente direcionada as coberturas de barreira térmica (TBCs) as quais apresentam propriedades de isolamento térmico em relação a condução e a radiação térmica. As vantagens desta invenção serão descritas em uma aplicação em particular para os componentes do combustor das turbinas a gás, apesar de que a invenção é aplicável, em geral, a quaisquer componentes nos quais as coberturas de tipo barreira térmica, tal como aqui descritas, podem ser usadas para isolar termicamente um componente do ambiente.

Representada na figura 1 está uma região superficial de um componente 10 com um sistema 12 de cobertura de barreira térmica (TBC) apresentando uma região exposta 20, por exemplo, como resultado de uma escamação localizada. O sistema TBC 12 é mostrado como sendo composto de uma cobertura adesiva 14 na superfície do componente 10, e de uma camada cerâmica (TBC) 16 depositada sobre a

cobertura adesiva 14 na forma de uma cobertura de barreira térmica. Tal como é a situação para os componentes dos motores de turbina a gás, o componente 10 pode ser formado a partir de uma liga "superalloy" a base de níquel, de cobalto ou de ferro. A cobertura adesiva 14 é preferencialmente formada de uma material resistente a oxidação, de modo a proteger o componente 10 jazente da oxidação e permitir que a cobertura cerâmica 16 adira de forma mais forte ao componente 10. Os materiais apropriados para a cobertura adesiva 14 incluem, mas não estão limitados a, camadas de revestimento MCrAlX e camadas de alumineto difundido. Após o depósito da cobertura adesiva 14, uma película oxida 18 se forma na superfície da cobertura adesiva 14 em temperaturas elevadas. A película oxida 18 prove a uma superfície na qual a camada cerâmica 16 pode aderir de modo mais forte, assim promovendo a resistência a escamação da camada cerâmica 16.

A camada cerâmica 16 pode ser formada a partir de uma diversidade de materiais, incluindo os materiais de YSZ amplamente empregados como materiais de TBC, sendo que os resultados do método de reparo da invenção irão depender, em parte, do grau de compatibilidade entre as propriedades de expansão térmica da camada cerâmica 16 com os materiais de reparo descritos abaixo. Em uma forma preferencial de realização da presente invenção, a camada cerâmica 16 é um material baseado em alumina/sílica (alumina, sílica e/ou aluminossilicatos são os constituintes predominantes) que não seja transparente aos comprimentos de onda do IR com foco particular para as secções do combustor nos motores a turbina. Exemplos particulares destes materiais incluem os das supra citadas patentes norte-americanas de números US 6.165.600, US 6.177.186, US 6.210.791, US 6.465.090 e US 6.827.969, cujos conteúdos relativos às composições de revestimento e aos processos de revestimento são aqui referenciados. A camada cerâmica 16 pode ter sido formada de fitas aplicadas na superfície do componente 10, ou de uma composição aspergida sobre a superfície do componente, ou através de um outro processo de depósito apropriado. Exemplos preferidos destes matérias de cobertura contém partículas em pó de alumina, opcionalmente particular cerâmicas adicionais, e um precursor de sílica, os quais são misturados e aplicados na superfície do componente e então aquecidos até a decomposição térmica do precursor de modo a se formar uma matriz de sílica na qual as partículas em pó estão dispersas. O material de cobertura é depositado com uma espessura que seja suficiente de forma que a camada cerâmica 16 resultante esteja apta a fornecer a proteção térmica necessária para o componente 10.

Caso estejam localizadas dentro da secção do combustor de uma turbina a gás, as superfícies do componente 10 são submetidas aos gases quentes da combustão durante a operação do motor e são, portanto, submetidas a severos ataque pela oxidação, corrosão e erosão. Desta forma, o componente 10 deve

permanecer protegido do seu ambiente operacional hostil pelo sistema TBC 12. A perda da camada cerâmica 16 devido a escamação leva a uma deterioração prematura e rápida do componente 10. Desta forma, a região 20 de escamação localizada da camada cerâmica 16 representada na figura 1 deve ser reparada ou o componente 10 é descartado. UM processo de reparo da TBC preferido desta invenção é representado nas figuras 2 e 3. Cada uma das seguintes etapas realizadas durante o reparo do componente 10 pode se realizada enquanto o componente 10 permanece instalado no motor a turbina, assim evitando completamente o necessidade de remover e depois de reinstalar o componente.

O processo de reparo começa com a limpeza da superfície 22 exposta pela região escamada 20, de modo a remover óxidos soltos e contaminantes tais como graxa, óleos e fuligem sem danificar a camada cerâmica 16 não danificada. A película de óxido 18, assim como quaisquer restos bem aderidos da camada cerâmica 16 exposta pela região escamada 20 podem permanecer para realizar a adesão da composição de cobertura 24 depositada na região escamada 20, tal como representado na figura 2. De acordo com a invenção, a composição de cobertura 24 é uma mistura contendo um ou mais pós de partículas cerâmicas sólidas (não ocas) 26, um ou mais pós de partículas cerâmicas ocas 28 e um precursor de sílica o qual, quando suficientemente aquecido, forma uma cobertura cerâmica de reparo 30, mostrada na figura 3. Em adição, a composição de cobertura 24 pode conter outros materiais de carga, incluindo composições de vidro.

As partículas sólidas 26 são preferencialmente de alumina, a despeito de que também é previsto o uso de outros materiais cerâmicos, ou misturas entre estes. Os materiais preferidos são óxidos refratários que não são transparentes em relação aos comprimentos de onda do IR, incluindo alumina, magnésia (MgO), titânia (TiO₂) e cálcia (CaO). Adicionalmente, as partículas de YSZ podem ser incluídas como parte das partículas sólidas 26 como locais de difusão para os comprimentos de onda de cerca de 0,9 a cerca de 2,5 micrometros. Os tamanhos de partícula apropriados para as partículas em pó 26 e outros constituintes sólidos da composição de cobertura 24 estão geralmente dentro da faixa de cerca de 0,01 a cerca de 100 micrometros, mais preferivelmente de cerca de 0,1 a cerca de 25 micrometros. Dependendo da aplicação em particular e da construção desejada para a cobertura 30, os pós de alumina preferidos para as partículas sólidas 26 podem incluir o A-14 (um pó de alumina calcinado não moído; tamanho de partícula dentro de uma gama de cerca de 3 e 5,5 micrometros) disponibilizado pela Almatiss, o A-16SG (um pó de alumina termicamente reativo e super moído; tamanho de partícula dentro de uma gama de cerca de 0,3 a 0,5 micrometros) também disponibilizado pela Almatiss, e o SM8 (tamanho de partícula dentro de uma gama de cerca de 0,10 a 0,6 micrometros) disponibilizado pela Baikowski

International Corp.

Dependendo da aplicação em particular e da construção desejada para a cobertura 30, as partículas cerâmicas ocas 28 podem ser de alumina, outro material cerâmico, ou uma mistura de um ou mais materiais cerâmicos, com os materiais preferidos sendo aqueles que não são transparentes aos comprimentos de onda do IR, tais como a alumina e os silicatos incluindo os aluminossilicatos. Apesar de serem mostradas por toda a composição de cobertura 24 e a cobertura de reparo 30 nas figuras 2 e 3, as partículas ocas 26 podem ficar limitadas a certas regiões da composição 24 e da cobertura 30, por exemplo, as regiões mais internas, as mais externas e/ou as regiões intermediárias. De acordo com um aspecto preferido da presente invenção, um papel importante realizado pelas partículas cerâmicas ocas 28 é o de aumentar as propriedades de isolamento da cobertura de reparo 30 sem diminuir a não transparência total da camada cerâmica 16 de alumina-sílica aos comprimentos de onda do IR, com foco em particular para as secções do combustor dos motores a turbina. Outros benefícios potenciais incluem uma melhora da resistência a erosão da cobertura de reparo 30 com um mínimo ou nenhum aumento adverso no peso. A baixa densidade das partículas em pó ocas 28, em comparação com as partículas em pó 26, permite uma maior espessura para a cobertura de reparo 30 com exceder o peso de uma cobertura de composição similar apenas com as partículas sólidas 26, ou coberturas de reparo 30 com espessura similar mas peso menor. Os materiais preferidos para as partículas ocas 26 incluem os aluminossilicatos apresentando uma densidade da partícula menor que 0,40 g/cm³. Existem diversas fontes para os pós cerâmicos ocas, incluindo a Sphere One, Inc (Extendospheres[®]), 3M (Zeeospheres), Sphere Services Inc (cenospheres) e Trelleborg Emerson & Cuming, Inc (Eccospheres[®]). As partículas cerâmicas ocas preferidas 28 incluem os aluminossilicatos com uma gama de tamanho de partícula de cerca de 0,05 a cerca de 200 micrometros, tais como a Extendospheres[®] SL (cerca de 10 a cerca de 150 micrometros) disponibilizadas pela Sphere One Inc, e Zeeospheres (D50 com cerca de 18 micrometros) disponibilizadas pela 3M.

O precursor de sílica serve como um ligante na composição de cobertura 24. Os precursores de sílica preferidos são tidos como as composições baseadas em silicone tal como o polimetil siloxano, apensar de que é possível que outras fontes de silício e de precursores de cerâmica possam ser usadas, tais como TEOS (tetra-etila-orto-silicato) ou possivelmente uma fonte de silício coloidal. Os precursores particularmente apropriados incluem as misturas de metilsesquisiloxano da família do polisiloxano disponibilizadas por fontes tais como a Apollo Plastics Corporation (por exemplo, SR350 e SR355) e pela Dow Chemical Corporation, e um polivinil butiral disponibilizado através da marca B-79 pela Monsanto Co.

Os constituintes restantes da composição 24 são

preferencialmente orgânicos, primariamente um transportador ou solvente orgânico e opcionalmente surfactantes, dispersantes e/ou ligantes/plastificantes adicionais aptos a causar a adesão das partículas em pó 26 e 28 de modo a render uma composição 24 a qual pode ser aplicada na superfície 22. Dependendo dos tipos e das quantidades dos ingredientes adicionais, a composição 24 pode ser formulada e processada como fitas laminares mas sólidas as quais podem ser individualmente aplicadas na superfície 22, ou um material maleável mais laminar, o qual pode ser aplicado como uma pasta ou massa. Um transportador apropriado líquido/solvente é um álcool anidro tal como o etanol, um álcool denaturado e álcool isopropílico, apesar de que poderiam ser usados a acetona, o tricloroetileno e outros materiais compatíveis com o silicone. Os plastificantes apropriados incluem o ftalato de dibutila (DBP) e o polivinil butiral (por exemplo, o supra citado B-79). Caso a composição 24 deve ser usada na forma de uma fita, uma fração suficiente dos ligantes e dos plastificantes deve estar presente a fim de permitir que a fita seja aplicada e quimicamente ou mecanicamente unida na superfície 22, através do uso de calor e pressão. Os surfactantes também podem ser usados para que se obtenha uma consistência pegajosa apropriada a qual permite que a composição 24, em particular aquelas preparadas na forma de fitas, adiram na superfície 22 exposta pela região escamada 20. Os surfactantes apropriados incluem um surfactante de ácido de éster fosfato orgânico alquila, comercialmente disponibilizado como PS21A pela Whitco Chemical. Um outro surfactante que pode ser empregado é o disponibilizado com o nome de Mergal A pela Stephan.

A fração dos componentes orgânicos usados na composição 24 também pode depender da hipótese em que o processo de reparo tenha por objetivo produzir uma cobertura 30 cujas propriedades estruturais variem em função de espessura, em cujo caso diversas camadas da composição 24, com composições diferenciadas, são aplicadas na superfície 22. Por exemplo, pode ser desejado que a camada ou região mais interna do material de revestimento 24 aplicado contenha uma quantidade suficiente de ligantes/plastificantes de modo a produzir vazios sub-micra e obter um nível de porosidade desejável o qual aumenta a capacidade de isolamento da cobertura 30, enquanto que a fração dos componentes orgânicos, usada na camada mais externa ou em quaisquer camadas intermediárias, é preferencialmente menor de modo a minimizar a porosidade a fim de se conseguir resistência a abrasão e a infiltração.

Qualquer que seja a formulação, em pasta ou em fita, pode ser desejável que se formule certas regiões da cobertura 30 de modo a apresentarem propriedades adicionais melhoradas. Por exemplo, a região da superfície mais externa da camada 30 pode incorporar partículas reflexivas ao IR ou absorventes do IR, assim como outros constituintes tais como materiais resistentes a erosão e/ou a corrosão. Um outro

exemplo é o de formular a região da superfície mais externa da cobertura 30 a fim de se conseguir uma superfície mais lisa a qual aumente a aerodinâmica do componente 10. Neste caso, pode ser desejável aplicar, como a camada mais externa, uma composição de cobertura 24 a qual emprega partículas 26 e 28 sólidas mais finas e/ou ocas. Por exemplo, o interior da cobertura 30 pode ser formado por uma composição de cobertura 24 a qual contenha uma alumina em pó tal como a A14, enquanto que o exterior da cobertura 30 pode ser formado por uma composição 24 a qual contenha um pó de alumina mais fino, tal como o A16SG, e pode omitir completamente as partículas ocas 28.

As faixas preferidas e aproximadamente amplas são indicadas em percentual em peso nas tabelas I e II abaixo, em relação aos constituintes individuais para as composições de cobertura 24 na forma de pasta e fitas, respectivamente.

Tabela I

Constituintes	Ampla	Preferida	Exemplo
Solvente	10 - 60 %	15 - 45 %	29,3 %
Partículas sólidas em pó	5 - 55	12 - 35	22,0
Partículas ocas em pó	5 - 45	10 - 35	30,2
Precursor de sílica (ligante)	6 - 40	10 - 25	18,5

Para as quantidades indicadas para o Exemplo da Tabela I, o solvente é preferencialmente um álcool desnaturado ou acetona, as partículas do pó sólido são preferencialmente a alumina A16SG ou A14 e o precursor de sílica é preferencialmente o SR350.

Tabela II

Constituintes	Ampla	Preferida	Exemplo
Solvente	10 - 60 %	12 - 40 %	21,5 %
Partículas sólidas em pó	5 - 55	15 - 40	28,4
Partículas ocas em pó	5 - 45	10 - 40	33,3
Precursor de sílica (ligante)	3 - 40	5 - 20	8,5
Outros ligantes	2 - 20	3 - 10	4,0
Plastificante(s)	1 - 10	1 - 5	2,0
Surfactante(s)	0 - 9	1 - 5	2,6

Para as quantidades indicadas para o Exemplo da Tabela II, o solvente é preferencialmente um álcool desnaturado ou acetona, as partículas do pó sólido são preferencialmente a alumina A16SG, o precursor de sílica é preferencialmente o SR355, o ligante adicional é de preferência o B-79, o plastificante é de preferência o DBP e o surfactante é de preferência o PS21A. O solvente é evaporado das

composições das fitas da Tabela II antes da aplicação da fita na superfície do componente 22 e sinterizada de modo a formar a cobertura de reparo 30.

A escolha do precursor de sílica nas Tabelas I e II é devida, em parte, aos seus rendimentos diferenciados da sílica. O ligante SR350 indicado na Tabela I gera uma sílica em uma quantidade de cerca de 60 a cerca de 75 por cento em peso em relação a quantidade original do ligante SR350 presente na composição de cobertura 24, enquanto que uma quantidade igual do ligante Sr355 indicado na Tabela II rende a sílica em uma quantidade de cerca de 30 a cerca de 40 por cento em peso em relação a quantidade original do ligante SR355 presente na composição de cobertura 24 em fita.

Um processo apropriado para a formação das composições de cobertura 24 desta invenção como uma pasta envolve combinar os constituintes supra citados da Tabela I para que se obtenha uma consistência apropriada tipo pasta, após o que a composição 24 pode ser aplicada para preencher a região escamada 20 de qualquer forma apropriada, tal como através de uma espátula. Dependendo da sua composição, o ligante da composição em pasta 24 pode reagir a temperatura ambiente, ou a sua reação pode ser acelerada através de aquecimento, tal como através de uma lâmpada de aquecimento, até que a resistência da cobertura de reparo 30 resultante tenha alcançado o nível requerido para a operação em um motor a turbina. Um tratamento de cura apropriado é de cerca de dezesseis horas a temperatura ambiente para curar os ligantes de silicone preferidos, apesar de que os tempos de cura podem ser significativamente reduzidos em temperaturas elevadas. A conformação da composição em pasta 24 na região escamada 20 e a cura do ligante podem ser promovidos através do emprego de um tratamento térmico, o qual inclui comprimir a composição 24 aplicada com um ferro aquecido. Então, podem ser realizadas as operações de pós-processamento de modo a preparar a componente 10 para uso.

Durante a operação no motor a turbina, a cobertura de reparo 30 continua a reagir, associada a um aumento na resistência e em outras propriedades mecânicas da cobertura 30. Os ligantes de silicone preferidos inicialmente curam por polimerização de modo a formarem um matriz de silicone cuja resistência é suficiente para a operação do motor. Com o uso continuado em altas temperaturas, o silicone é termicamente decomposto em sílica, formando uma matriz de sílica na qual as partículas cerâmicas 26 e 28 são dispersas.

Um processo apropriado para a formação das composições de cobertura 24 desta invenção como uma fita envolve a moldagem de uma ou mais fitas em uma folha de tetrafluoretileno (isto é, TEFLON[®]). As composições dentro das faixas definidas na Tabela II são aplicadas na folha de Teflon e então são secadas por um tempo suficiente para evaporar o solvente. As fitas secas são então removidas da folha

de Teflon em transferidas para a superfície do componente a ser protegido pela cobertura de reparo 30. Caso seja desejada uma cobertura 30 com diversas camadas com propriedades diferenciadas, uma fita formulada para produzir a camada ou região mais interna da cobertura 30 pode ser primeiramente aplicada, seguida de uma ou mais fitas para formar as mais externas e quais camadas ou regiões intermediárias da cobertura 30. De forma alternativa, pode ser moldada uma única fita multicamadas a qual contenha as desejadas composições de cobertura 24 diferenciadas, de forma que é necessária apenas a aplicação de uma única fita. Uma vantagem do uso de uma única fita multicamadas está em que as quantidades relativas das partículas sólidas 26, partículas ocas 28 e ligante podem ser variadas a fim de se obter níveis de porosidade diferenciados dentro da cobertura 10, por exemplo, maior porosidade próxima da superfície 22 do componente 12 e menor porosidade próximo da superfície externa da cobertura 30. Tal como supra indicado, a planura da superfície da cobertura de reparo 30 também pode ser incrementada através da seleção apropriada dos tamanhos relativos das partículas sólidas e ocas 26 e 28, e das quantidades relativas das partículas sólidas e ocas 26 e 28 e do ligante.

Após a aplicação da fita, preferencialmente é aplicada pressão na superfície externa da fita(s) através do emprego de uma placa de calafetação, forma de borracha, ou de quaisquer outros meios apropriados de modo a produzir o acabamento final superficial desejado e a geometria para a cobertura 30. Caso o componente 10 tenha sido removido, um saco de vácuo pode ser usado em conjunto com uma autoclave para aplicar o calor e a pressão necessárias para unir quimicamente e mecanicamente a fita(s) ao componente 10. A fita, ou fitas, não sinterizadas podem então ser sinterizadas através da operação do motor ou de um tratamento térmico adicional para consolidar e juntar a fita(s). Em qualquer dos casos, a sinterização é realizada a uma temperatura a qual não irá afetar adversamente as propriedades desejadas para o componente 10, mas acima das temperaturas nas quais os ligantes e os plastificantes irão se desprender por queima e as partículas cerâmicas 26 e 28 irão sinterizar.

Apesar da invenção ter sido descrita em termos das suas formas particulares de realização, fica claro que outras formas podem ser adotadas por um perito na arte. Deste modo, o escopo da invenção deve ser limitado apenas pelas seguintes reivindicações.

Reivindicações

1. Método de reparo de uma cobertura de barreira térmica (16) em um componente (10) o qual é formado de um material baseado em alumina/sílica, **caracterizado** pelo fato que o método compreende as etapas de:

- preparar ao menos uma primeira composição de cobertura (24) compreendendo partículas sólidas de cerâmica (26), partículas ocas de cerâmica (28) e um ligante precursor de sílica;
- aplicar a primeira composição de cobertura (24) em uma área superficial (22) do componente (10) exposta por uma abertura (20) na cobertura de barreira térmica (16); e então
- reagir o ligante para gerar uma cobertura de reparo (30) a qual cobre a área superficial (22) da componente (10), a cobertura de reparo (30) compreendendo as partículas sólidas de cerâmica (26) e as partículas ocas de cerâmica (28) em uma matriz de sílica formada pela decomposição térmica do ligante.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de preparação compreende preparar a primeira composição de cobertura (24) como uma pasta e a etapa de aplicação compreende aplicar a pasta na área superficial (22).

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que a primeira composição de cobertura (24) é preparada de modo a conter, em peso, de cerca de 10 a cerca de 60 por cento de um solvente, de cerca de 5 a cerca de 55 por cento de partículas sólidas de cerâmica (26), de cerca de 5 a cerca de 45 por cento de partículas ocas de cerâmica (28), e de cerca de 6 a cerca de 40 por cento do ligante precursor de sílica, o balanço de impurezas incidentais, e ao menos uma porção do solvente sendo removida da primeira composição de cobertura (24) antes da aplicação da primeira composição de cobertura (24) na área superficial (22).

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de preparação compreende preparar a primeira composição de cobertura (24) como uma fita e a etapa de aplicação compreende aplicar a fita na área superficial (22).

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que a primeira composição de cobertura (24) é preparada de modo a ainda conter ao menos um segundo ligante, ao menos um plastificante e opcionalmente ao menos um surfactante.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** pelo fato de que a primeira composição de cobertura (24) é preparada de modo a conter, em peso, de cerca de 10 a cerca de 60 por cento de um solvente, de cerca de 5 a cerca de 55 por cento de partículas sólidas de cerâmica (26), de cerca de 5 a cerca de 45 por

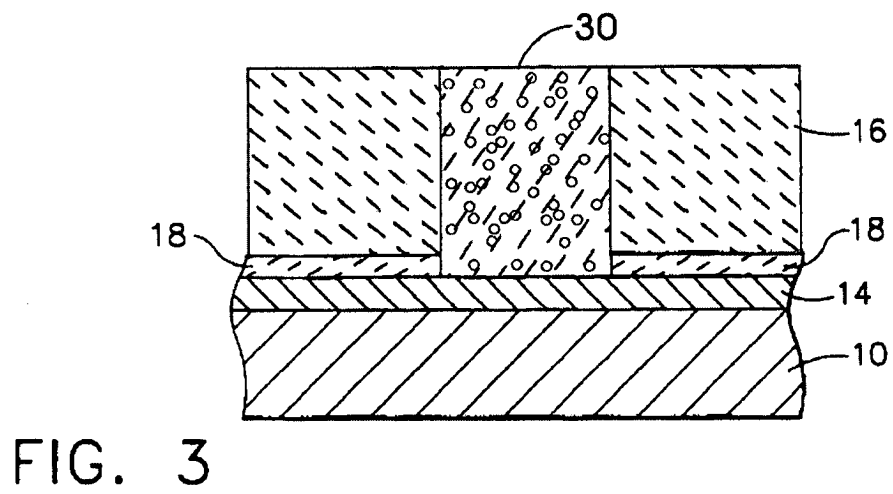
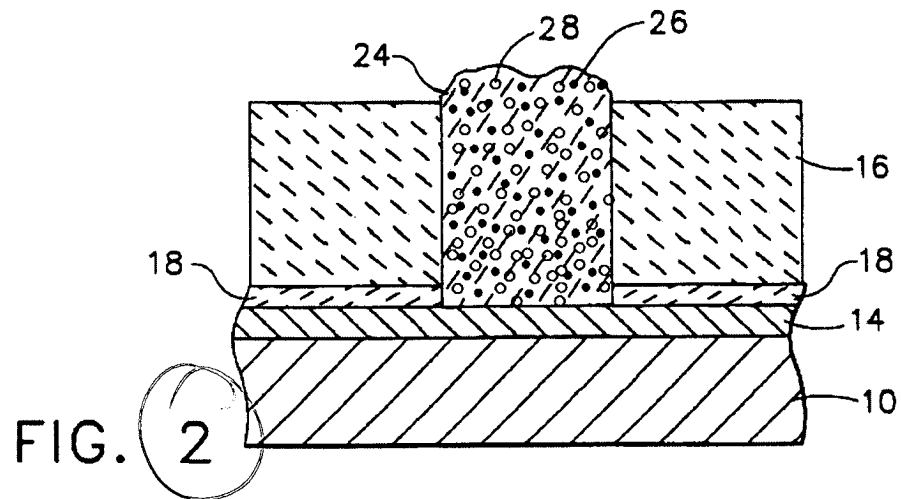
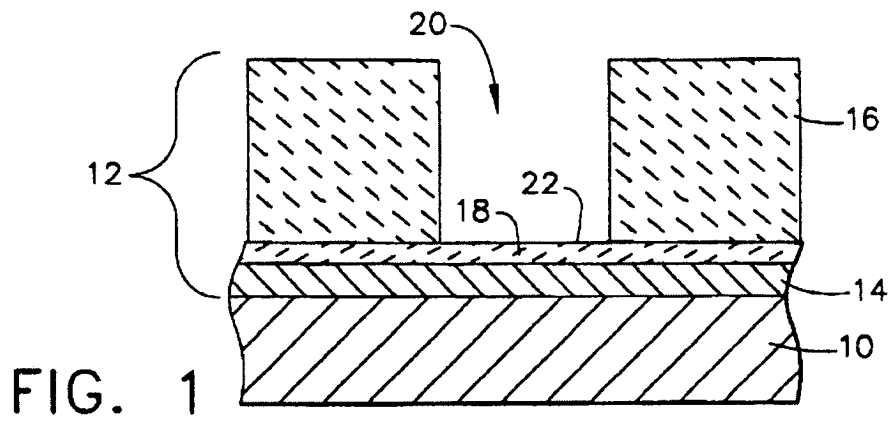
cento de partículas ocas de cerâmica (28), e de cerca de 6 a cerca de 40 por cento do ligante precursor de sílica, de cerca de 2 a cerca de 20 por cento do ao menos um segundo ligante, de cerca de 1 a cerca de 10 por cento do ao menos um plastificante, e até cerca de 9 por cento do ao menos um surfactante, o balanço de impurezas incidentais, e ao menos uma porção do solvente sendo removida da primeira composição de cobertura (24) para formar a fita e antes da aplicação da fita na área superficial (22).

7. Método, de acordo com uma qualquer dentre as reivindicações de 1 a 6, **caracterizado** pelo fato de que as partículas sólidas de cerâmica (26) consistem de ao menos um material cerâmico escolhido do grupo que consiste de alumina, magnésia, titânia e cálcia.

8. Método, de acordo com uma qualquer dentre as reivindicações de 1 a 7, **caracterizado** pelo fato de que as partículas ocas de cerâmica (28) consistem de ao menos um material cerâmico escolhido entre o grupo que consiste de alumina e aluminossilicatos.

9. Método, de acordo com uma qualquer dentre as reivindicações de 1 a 7, **caracterizado** pelo fato de que ainda compreende preparar uma segunda composição de cobertura (24) compreendendo um ligante precursor de sílica e ao menos um constituinte adicional escolhido do grupo que consiste de partículas que são mais refletivas ao IR, absorventes do IR, resistentes a erosão, resistentes a corrosão e/ou mais finas que as partículas sólidas de cerâmica (26) e que as partículas ocas de cerâmica (28) da primeira composição de cobertura (24), e a segunda composição de cobertura (24) sendo aplicada para formar a região da superfície mais externa da cobertura de reparo (30).

10. Método, de acordo com uma qualquer dentre as reivindicações de 1 a 9, **caracterizado** pelo fato de que as etapas de aplicação e de reação são realizadas enquanto o componente (10) é instalado no motor de turbina a gás.



Resumo

Método de reparo de uma cobertura de barreira térmica e cobertura reparada assim formada.

5 Uma composição de cobertura e um método de reparo
apropriados para o reparo de coberturas de barreira térmica (TBCs), e em particular
TBCs baseadas em composições de alumina-sílica. O método inclui preparar ao menos
uma composição de cobertura (24) contendo partículas sólidas de cerâmica (26),
partículas ocas de cerâmica (28) e um ligante precursor de sílica, aplicar a composição
de cobertura (24) em uma área superficial (22) do componente (10) exposta por uma
10 abertura (20), por exemplo, escamação (20) da TBC (16), e então reagir o ligante para
gerar uma cobertura de reparo (30) a qual cobre a área superficial (22) da componente
(10). A cobertura de reparo (30) resultante contém as partículas sólidas de cerâmica (26)
e as partículas ocas de cerâmica (28) em uma matriz de sílica formada pela
decomposição térmica do ligante.