



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

(11) PI 0917211-4 B1



(22) Data do Depósito: 31/07/2009

(45) Data de Concessão: 09/07/2019

(54) Título: PROTEÇÃO DE ELEMENTO DE MATERIAL COMPOSTO

(51) Int.Cl.: B64D 45/02; B64F 5/00; B29C 70/88.

(30) Prioridade Unionista: 31/07/2008 ES P200802282.

(73) Titular(es): AIRBUS OPERATIONS, S.L..

(72) Inventor(es): JOSE IGNACIO LÓPEZ-REINA TORRIJOS; LUIS MANUEL DESCALZO FERNÁNDES.

(86) Pedido PCT: PCT ES2009070330 de 31/07/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/018292 de 18/02/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 31/01/2011

(57) Resumo: ELEMENTO DE MATERIAL COMPOSTO, AERONAVE E PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UM ELEMENTO DE MATERIAL COMPOSTO Proteção de elementos -(1) de material composto protegidos em seus pontos de geometria complexa, tais como bordas, arestas, cantos e ângulos, contra descargas elétricas às quais são potencialmente expostos, os ditos elementos (1) sendo obtidos com a aplicação de um ciclo de temperatura e pressão a um material composto disposto sobre um molde (2) projetado de tal forma que, uma vez conhecida a geometria do elemento (1), o molde (2) compreenda vazios (6) livres destinados ao acúmulo de resina do processo de fabricação do dito elemento (1), resina esta que irá conformar a proteção dielétrica das bordas, arestas, cantos ou ângulo do elemento (1) ao ser acumulada formando camadas (3) que são dispostas ao redor das bordas livres do elemento (1), conferindo assim a estas superfícies de bordas, arestas, cantos ou ângulos uma proteção dielétrica de isolamento elétrico que impede possíveis descargas e expulsão de partículas quentes em caso de descarga elétrica sobre o dito elemento (1). A invenção também se refere a um processo de fabricação de tal elemento (1) de material composto.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"PROTEÇÃO DE ELEMENTOS DE MATERIAL COMPOSTO"**.

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a elementos realizados em material composto, em particular, elementos de aeronave, protegidos contra descargas elétricas, assim como a um método de fabricação de tais elementos.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Atualmente, são empregadas cada vez mais na indústria tecnologias com base na utilização de materiais compostos para a realização de componentes. Assim, é de especial relevância o incremento na proporção de materiais compostos que são aplicados no âmbito aeronáutico, constituindo-se as denominadas aeroestruturas. Contudo, esta evolução na direção de materiais que são pouco condutores com relação aos componentes tradicionais em materiais metálicos exige uma exaustiva proteção dos mesmos contra agentes externos, como são as descargas elétricas, principalmente, para o caso de elementos que compõem estruturas de aeronaves, para as descargas produzidas pelo impacto de um raio. Esta proteção será de suma importância quando o componente ou elemento em questão contiver vapores de combustível ou atmosferas potencialmente inflamáveis, como é o caso dos depósitos de combustível ou das asas em uma aeronave, estes últimos componentes cumprindo adicionalmente a função de depósitos de combustível. Nestes casos, todas as zonas internas devem ser protegidas para evitar descargas de partículas incandescentes ou arcos elétricos que poderiam supor focos de ignição.

Apesar dos avanços atuais na proteção contra raios e outros agentes externos que supõem uma descarga elétrica, em especial no campo das aeronaves, existem grandes dificuldades na aplicação no tocante à fabricação dos elementos de proteção teóricos propostos. Este problema é evidenciado no âmbito da proteção de bordas e arestas de geometrias complexas de aeronave, nas quais é exigido um material dielétrico (isolante elétrico) ao longo de todo o canto da borda ou aresta, com a finalidade de impedir arcos e descargas. Não obstante, a partir do ponto de vista prático, a apli-

cação de produtos isolantes apresenta uma grande complexidade nestas bordas ou arestas que exercem a função tanto de barreira física como de barreira elétrica, de forma robusta e íntegra e ao longo de toda a vida útil do componente em questão.

- 5 Na técnica, são conhecidos meios para a proteção das bordas ou arestas de componentes realizados em material composto. Contudo, estes meios apresentam um alto custo, principalmente por terem que ser realizados de forma manual, visto que a dita aplicação manual é muito difícil. Assim, são conhecidos atualmente elementos vedantes que são colocados
- 10 nas bordas ou arestas dos componentes de material compostos, que apresentam o problema da durabilidade com o passar do tempo, já que perdem sua integridade. Também é conhecida a aplicação de películas ou camadas de materiais isolantes nas bordas ou arestas dos componentes compostos (esta aplicação é produzida posteriormente à fabricação do componente
- 15 realizado em material composto), estas películas ou camadas sendo comumente constituídas por fibra de vidro ou outra camada de material dielétrico. Esta solução apresenta o inconveniente de exigir um processo trabalhoso e custoso adicional, e não se adapta corretamente a superfícies de difícil geometria, por exemplo, àquelas que apresentam curvaturas.
- 20 A presente invenção é dirigida à solução dos inconvenientes recém-apresentados.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

- Assim, de acordo com um primeiro aspecto, a presente invenção se refere a elementos, particularmente de aeronave, realizados em material
- 25 composto e protegidos contra descargas elétricas às quais são potencialmente expostos, por exemplo, provenientes do impacto de um raio. A invenção é especialmente relevante naquelas estruturas, em particular de aeronave, que, devido a sua função de conter líquidos, gases ou sólidos inflamáveis, devem ser convenientemente protegidas contra focos de ignição que
- 30 possam representar risco de explosão.

Conforme descrito anteriormente, a presente invenção é aplicada particularmente no contexto aeronáutico, no qual a realização de mate-

riais compostos é muito comum atualmente, os ditos componentes cumprindo adicionalmente em determinados casos a função de depósitos de combustível, como é, por exemplo, o caso das asas e dos estabilizadores horizontais (empenagens).

5 Desse modo, a invenção desenvolve elementos realizados em material composto protegidos contra descargas elétricas, os ditos elementos compreendendo uma camada de resina isolante não condutora disposta nas bordas ou arestas que exigem proteção, de tal forma que a dita camada de resina seja produzida no próprio processo de fabricação do elemento de
10 material composto, de uma única vez e sem a necessidade de operações posteriores para a proteção específica das bordas ou arestas. Deste modo, a invenção não apresenta em sua aplicação limitações técnicas importantes, visto que o que se deseja obter é a proteção das arestas ou bordas dos elementos de material composto ao mesmo tempo e no mesmo processo de
15 fabricação do dito elemento.

A invenção é particularmente relevante no que se refere à capacidade de aplicar a resina em geometrias especialmente complexas, devido ao fato de não ser exigido um processo adicional e específico para a aplicação da barreira isolante, pois no próprio processo de fabricação do elemento já é integrada a aplicação da resina não condutora.
20

De acordo com um segundo aspecto, a invenção desenvolve um processo para a fabricação de elementos como aqueles descritos anteriormente, particularmente elementos de aeronave, realizados em material composto e potencialmente expostos a descargas elétricas. Este processo compreende as seguintes etapas:
25

a) Projeto do elemento ou componente: a geometria do dito elemento ou componente é definida sem levar em consideração a espessura da proteção nos cantos ou bordas que sejam de difícil aplicação.

b) Identificação das bordas ou arestas do elemento ou componente nas quais é exigida a proteção com base no isolamento das ditas bordas ou arestas. Normalmente, para a invenção, são consideradas aquelas
30 bordas ou arestas nas quais a aplicação de proteções dielétricas comuns,

tais como vedantes, fibras de vidro, etc., é complexa, de difícil acesso ou exige um trabalho manual de alto custo.

5 c) Definição e projeto do molde no qual é fabricado o elemento ou componente de aeronave, considerando as distâncias para definir os vazios nas arestas ou bordas identificadas e que exigem proteção dielétrica. Nestes vazios dispostos nas arestas ou bordas será disposta, durante o próprio processo de fabricação do elemento ou componente em material composto, uma camada de resina isolante não condutora.

10 d) Confrontação das bordas ou arestas para uniformizar os excessos de resina à espessura exigida, de tal forma que seja garantida a capacidade dielétrica necessária nas ditas bordas ou arestas.

Outras características e vantagens da presente invenção se tornarão evidentes a partir da descrição detalhada de uma realização ilustrativa de seu objetivo em relação às figuras anexas apresentada em seguida.

15 **DESCRIÇÃO DAS FIGURAS**

A figura 1 mostra uma vista plana esquemática do elemento realizado em material composto protegido contra descargas elétricas em suas arestas (acúmulo localizado de resina), de acordo com a presente invenção.

20 A figura 2 mostra uma vista em elevação esquemática do elemento realizado em material composto protegido contra descargas elétricas, de acordo com a presente invenção, em sua aplicação concreta de travessas de aeronave.

A figura 3 mostra uma vista de um elemento de material composto com excessos de resina fabricado de tal forma que foi acumulada resina, antes da etapa de confrontação de arestas, de acordo com o método de fabricação da presente invenção.

A figura 4 mostra uma vista detalhada da aresta de um elemento de material composto fabricado mediante o método de fabricação da presente invenção, antes da etapa de confrontação de arestas.

30 **DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO**

De acordo com um primeiro aspecto, a invenção desenvolve um elemento fabricado em material composto e protegido contra descargas elé-

tricas em seus pontos de geometria complexa, tais como bordas, arestas, cantos e ângulos, o dito elemento sendo fabricado em material composto de fibra de carbono, e sendo principalmente um elemento para aeronave. Frequentemente, os cantos e as bordas de elementos de aeronave potencialmente expostos a descargas elétricas devem ser protegidos com um material dielétrico (isolante elétrico) com a finalidade de impedir arcos elétricos ou partículas incandescentes que danificam o material de forma imprevisível, prejudicando suas propriedades mecânica, ou que constituem focos de ignição no caso de estarem em atmosferas inflamáveis (como é o caso de tanques de combustíveis realizados em fibra de carbono).

A invenção, embora aplicável em um contexto mais amplo, foi desenvolvida em um meio aeronáutico. A probabilidade de uma aeronave comercial sofrer um impacto de raio (descarga elétrica) é elevada: calcula-se que uma aeronave sofre de quase a metade dos impactos de raio ao ano. Portanto, é necessário tomar medidas adequadas que assegurem em primeiro lugar a segurança dos passageiros e, em segundo lugar, que este impacto de raio tenha o menor efeito possível na operação da aeronave.

Assim, diante da dificuldade de cobrir todas as arestas ou bordas internas que potencialmente possam provocar descargas elétricas em uma aeronave devido ao impacto de um raio, a solução desenvolvida pela invenção cumpre com a exigência de isolar eletricamente as bordas ou arestas, mediante uma solução robusta e de grande integridade, a partir do ponto de vista elétrico, assim como de simples aplicação, graças a sua integração no processo de fabricação.

No processo de fabricação de materiais compostos (fibra mais resina co-curadas em um processo de temperatura e vazio) são obtidos excessos de material restante produzido pelo fluxo de resina na direção das extremidades da peça ou elemento. A ideia que desenvolve a presente invenção é a de aproveitar o dito material restante de grande capacidade isolante (com constante dielétrica muito elevada) para cumprir com o requisito de proteção de arestas contra descargas elétricas.

Assim, com o uso da resina epóxi integrante do material com-

posto que inerentemente se concentra nas bordas das peças ou elementos produzidos de forma controlada (através das dimensões adequadas do molde da peça ou elemento e da quantidade precisa de resina), é possível a obtenção de uma única vez e sem necessidade de operações posteriores de um sistema para a proteção específica das bordas ou arestas contra descargas elétricas.

Assim, o elemento 1 de material composto, este material composto sendo, por exemplo, fibra de carbono com resina epóxi, é obtido com a aplicação de um ciclo de temperatura e pressão a partir de um molde 2 projetado de tal forma que, uma vez conhecida a geometria do elemento 1 em questão, o molde 2 seja projetado compreendendo vazios 6 destinados a alojar resina do processo de fabricação do elemento 1, resina que conformará a proteção dielétrica das bordas ou arestas do elemento 1. Assim, o molde 2 compreende vazios 6 nas bordas livres projetadas, nas quais é exigida proteção dielétrica (isolante) do elemento 1, sendo permitido assim o acúmulo de resina nos ditos vazios 6 durante o processo de fabricação do dito elemento 1. A resina é acumulada formando uma camada 3 que é disposta ao redor da borda livre do elemento 1, sendo conferida a esta superfície em aresta, uma proteção dielétrica (isolamento elétrico) que evita possíveis descargas e expulsão de partículas quentes no caso de impacto de raio ou descarga elétrica equivalente severa no dito elemento 1.

A camada 3 de resina terá que ter uma espessura compreendida entre 4 e 5 mm, de tal forma que assegure uma capacidade dielétrica ou de isolamento importante nas bordas ou arestas do elemento 1.

Todas as resinas de aplicação a materiais compostos que são usadas para fabricar atualmente aeroestruturas são isolantes, embora sua capacidade de isolamento (capacidade para suportar diferenças de potencial) seja maior nas resinas de última geração. A seguir, é mostrada uma tabela com resultados de medidas experimentais que pertencem a resinas muito frequentes na fabricação de peças de material composto para estruturas aeronáuticas. Assim, com o teor dos valores obtidos mostrados na dita tabela, pode ser afirmado que todas as resinas ensaiadas na tabela são

isolantes a partir de um ponto de vista elétrico para a aplicação de proteção de bordas ou arestas, por exemplo, em tanques de combustível de aeronaves. Contudo, quanto maior a capacidade de isolamento da resina, menor a espessura exigida na camada 3 da resina para suportar diferenças de potencial no elemento 1.

	Resistividade espessura na profundidade (eixo Z) (Ohms)	Resistividade volume (Ohms.cm)
Resina 8552/IM7 (em resina ou endurecedor intercalados)	0,50	25,8
Resina M21/IMA (com resina ou endurecedor intercalados)	5,6 - 7,7	287 - 397
Resina M21E/IMA (com resina ou endurecedor intercalados)	9,1	469

A figura 2 mostra, em esquema, a aplicação específica da invenção para travessas 4 de material composto de aeronave que compreendem revestimentos 5 de material composto, em particular, fibra de carbono.

De acordo com um segundo aspecto, a invenção desenvolve um processo para a fabricação de elementos 1 como aqueles descritos anteriormente, particularmente elementos de aeronave, realizados em material composto e potencialmente expostos a descargas elétricas. Este processo compreende as seguintes etapas:

a) Projeto do elemento 1: é definida a geometria do dito elemento 1 sem levar em consideração a espessura da proteção nos cantos ou bordas que sejam de difícil aplicação.

b) Identificação das bordas ou arestas do elemento 1 nas quais é exigida a proteção com base no isolamento das ditas bordas ou arestas.

Normalmente, para a invenção, são consideradas aquelas bordas ou arestas nas quais a aplicação de proteções dielétricas comuns, tais como vedantes,

fibras de vidro, etc., é complexa, de difícil acesso ou exige um trabalho manual de alto custo.

5 c) Definição e projeto do molde 2 no qual é fabricado o elemento 1 de aeronave, considerando as distâncias para definir os vazios nas arestas ou bordas identificadas e que exigem proteção dielétrica. Nestes vazios dispostos nas arestas ou bordas será disposta, durante o próprio processo de fabricação do elemento ou componente em material composto, uma camada de resina 3 isolante não condutora.

10 d) Confrontação das bordas ou arestas para uniformizar os excessos de resina à espessura exigida, de tal forma que seja garantida a capacidade dielétrica necessária nas ditas bordas ou arestas.

Na realização preferida recém-descrita podem ser introduzidas aquelas modificações compreendidas dentro do alcance definido pelas seguintes reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. Elemento (1) de material composto protegido em seus pontos de geometria complexa, tais como várias arestas e cantos, contra descargas elétricas às quais é potencialmente exposto, o dito elemento (1) sendo obtido
5 pela aplicação de um ciclo de temperatura e pressão a um material composto disposto sobre um molde (2) projetado de tal forma que, uma vez conhecida a geometria do dito elemento (1), o molde (2) compreenda espaços (6) livres destinados ao acúmulo de resina do processo de fabricação do elemento (1), resina esta que irá formar a proteção dielétrica das várias arestas ou cantos
10 do elemento (1) ao ser acumulada formando camadas (3) que são dispostas ao redor das arestas livres do elemento (1), conferindo assim a estas superfícies de várias arestas ou cantos uma proteção dielétrica de isolamento elétrico que impede possíveis descargas e expulsão de partículas quentes em caso de descarga elétrica sobre o dito elemento (1), **caracterizado pelo fato**
15 **de** que as camadas (3) de resina têm uma espessura entre 4 e 5 mm, de modo a assegurar uma resistência dielétrica ou capacidade de isolamento suficiente nas várias arestas e cantos do referido elemento (1).

2. Elemento (1) de material composto, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** quanto maior for a capacidade de
20 isolamento da resina, menor será a espessura exigida nas camadas (3) de resina para suportar diferenças de potencial no dito elemento (1).

3. Elemento (1) de material composto, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado pelo fato de** o material composto ser fibra de carbono com resina epóxi.

25 4. Elemento (1) de material composto, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado pelo fato de** que o elemento (1) tem a função de conter líquidos, gases ou sólidos inflamáveis.

5. Elemento (1) de material composto, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado pelo fato de** o elemento (1)
30 ser uma peça de aeronave.

6. Aeronave **caracterizada pelo fato de** que inclui um elemento (1) de material composto como definido em qualquer uma das reivindicações

anteriores.

7. Processo de fabricação de um elemento (1) de material composto, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de o** processo compreender as seguintes etapas:

- 5 a) projeto do elemento (1) mediante definição de sua geometria;
- b) identificação das bordas, arestas, cantos ou ângulos do elemento (1) nos quais é exigida a proteção com base no isolamento das ditas superfícies;
- c) definição e projeto do molde (2) no qual é fabricado o elemento
- 10 (1), considerando as distâncias para definir os espaços (6) nas várias arestas ou cantos que exigem proteção dielétrica, sendo dispostas nestes espaços (6), durante o próprio processo de fabricação do elemento (1), camadas (3) de resina isolante não condutora;
- d) confrontação das arestas ou cantos do elemento (1) para
- 15 uniformizar os excessos de resina das camadas (3) à espessura exigida, de tal forma que seja garantida a capacidade dielétrica necessária nas ditas superfícies.

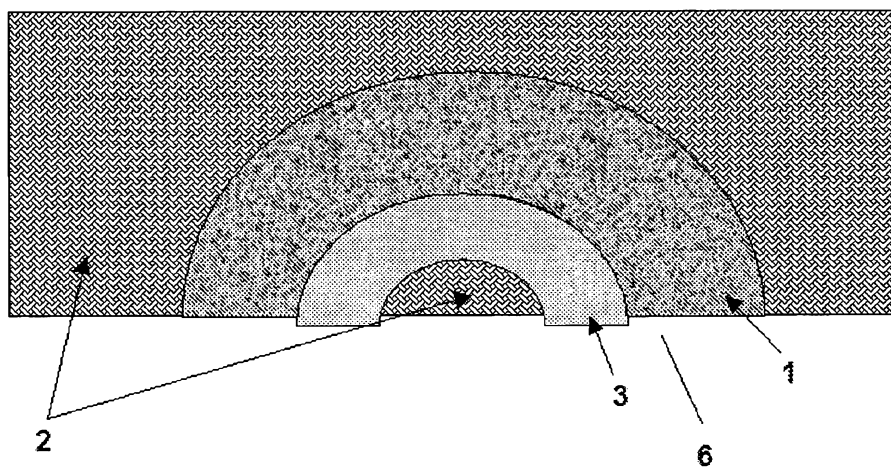


FIG. 1

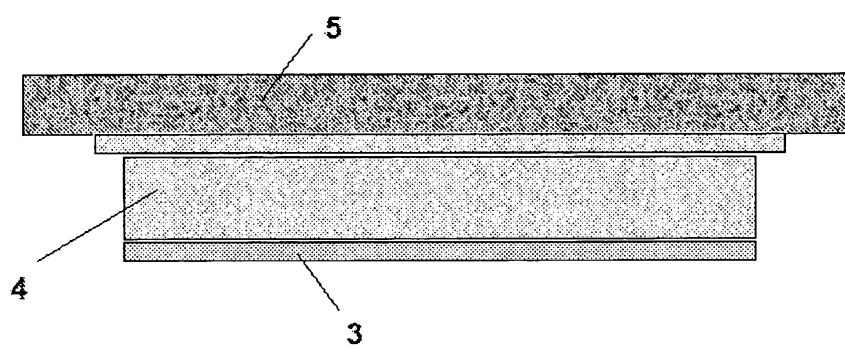


FIG. 2

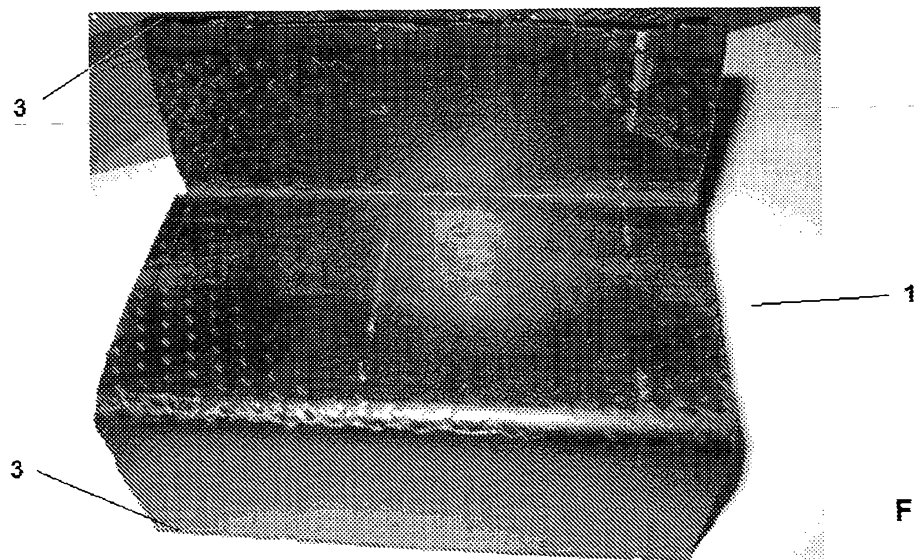


FIG. 3

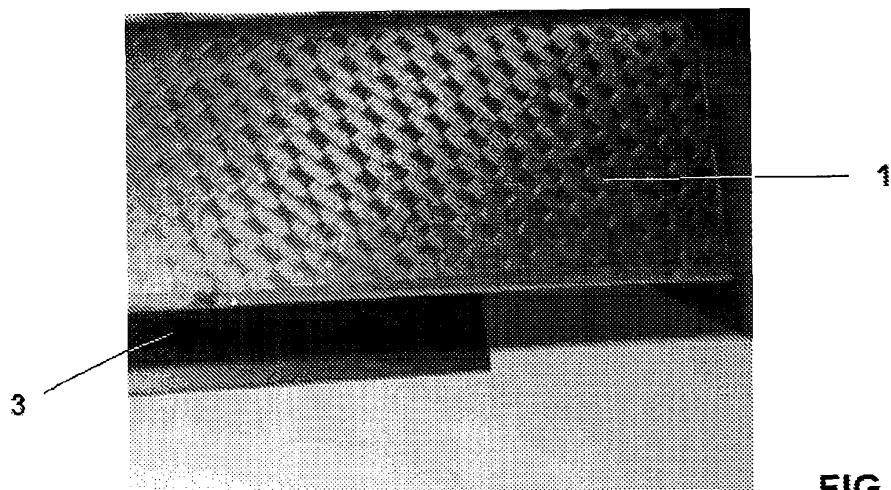


FIG. 4