

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102010901824392A1

Publication Date

20110929

Applicant

ALENIA AERONAUTICA S.P.A.

Title

PROCEDIMENTO E DISPOSITIVO PER LA RIPARAZIONE DI PANNELLI DI
MATERIALE COMPOSITO

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Procedimento e dispositivo per la riparazione di pannelli di materiale composito"

di: ALENIA AERONAUTICA S.p.A., nazionalità italiana, Viale dell'Aeronautica s.n.c., 80038 POMIGLIANO D'ARCO (NA)

Inventori designati: CACACE Pierluigi; GALLO Nicola

Depositata il: 29 marzo 2010

* * *

DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda la riparazione di pannelli materiale composito costituenti parte della superficie esterna di un aeromobile. Con l'espressione "materiale composito" si intende indicare una resina termoindurente polimerizzata rinforzata di fibre, che viene largamente utilizzata per realizzare la cosiddetta "pelle esterna" dell'aeromobile, in particolare della fusoliera, delle ali e degli impennaggi.

Ad oggi, nella maggior parte dei casi, difetti di fabbricazione quali linee di incollaggio interrotte o zone a porosità troppo elevata vengono riparati applicando esclusivamente una depressione sotto un sacco a vuoto. In questi interventi di riparazione, una toppa di fibra di carbonio (o di ve-

tro o altra fibra, a seconda del tipo di materiale composito da riparare) impregnata di resina viene preliminarmente applicata sulla parte difettosa del pannello interponendo un foglio adesivo. Al di sopra si pone una termocoperta ed un sacco a vuoto che compatta la toppa contro il pannello ed evacua l'aria che inficerebbe una compattazione corretta. Le riparazioni effettuate utilizzando solamente il vuoto (bassa pressione) sono causa di una porosità elevata (con peggiori caratteristiche meccaniche) e una linea di incollaggio di qualità non soddisfacente.

È stato proposto di riparare corpi in composito facendo uso di un'autoclave portatile per ottenere, grazie alla pressione esercitata dall'autoclave, riparazioni di qualità migliore; l'utilizzo di queste autoclavi è limitato, perché esse non possono essere applicate direttamente su un aeromobile o su altre grandi strutture in composito. Tali autoclavi richiedono infatti che il pezzo da riparare vi sia introdotto, e quindi non possono servire per riparare pannelli di grosse dimensioni. Le autoclavi sono inoltre molto costose.

In passato sono state progettate scatole pressurizzate, ma queste necessitavano di un sistema

esterno di fissaggio per rimanere aderenti al pannello; le scatole sono sigillate su un sacco a vuoto ma l'ancoraggio al pannello, oltre a non essere semplice da adattare alle diverse situazioni, provoca un carico non accettabile per le parti. Pertanto queste scatole non hanno mai trovato applicazione pratica.

La presente invenzione si prefigge lo scopo di ovviare ai limiti della tecnica nota sopra discussa e, in modo specifico, di eseguire riparazioni strutturali di qualità elevata.

Questi ed altri scopi e vantaggi, che saranno compresi meglio in seguito sono raggiunti, secondo l'invenzione, da un procedimento e da un dispositivo di riparazione portatile come definiti nelle rivendicazioni annesse.

Verrà ora descritta una forma di attuazione preferita ma non limitativa del procedimento e del dispositivo secondo l'invenzione; si fa riferimento al disegno allegato, che è una vista schematica, in sezione, di un pannello al quale è applicato un dispositivo di riparazione portatile.

Facendo riferimento al disegno, con 10 è indicato un pannello in materiale composito, composto da una resina termoindurente polimerizzata rinfor-

zata di fibre, generalmente ma non esclusivamente fibre di carbonio o vetro. Il pannello 10 costituisce parte della superficie esterna di un aeromobile.

Il pannello 10 ha due facce opposte 11, 12, una delle quali presenta una zona lesionata o difettosa 13. Su questa zona viene posta una toppa 14 in fibra preimpregnata di resina termoindurente polimerizzabile (*prepreg*). Il tipo di fibra e di resina della toppa è scelto di volta in volta in modo tale da essere compatibile con le fibre e la resina di cui è costituito il pannello da riparare. Sopra la toppa 14 si coricano, in successione, un film di partizione 15 del tipo correntemente utilizzato nella tecnologia di produzione dei pezzi compositi in fibra di carbonio, ad esempio un film di FEP, uno strato riscaldante non rigido 16, ed uno strato di ventilazione o *breather* 17, preferibilmente di poliestere o fibra di vetro. Preferibilmente lo strato riscaldante 16 include una termocoperta nella quale sono integrati elementi riscaldanti elettrici.

Si posa una striscia di mastice adesivo sigillante (*vacuum-bag sealant tape*) 18, o un altro elemento di tenuta ad anello chiuso, sulla superficie

del pannello attorno alla zona lesionata, circoscrivendo il *breather* 17. Quindi si posa sul *breather* una prima unità di un dispositivo portatile secondo l'invenzione. Tale unità è composta da una membrana flessibile 19, impermeabile all'aria, che copre con continuità l'intera area circoscritta dall'elemento di tenuta 18, e da una camera gonfiabile 20 che, quando pressurizzata, eserciterà una pressione contro la membrana 19, così da pressare la toppa 14 contro la zona lesionata/difettosa del pannello. Nella forma di attuazione preferita illustrata, la camera gonfiabile 20 è costituita dall'insieme della membrana 19 e di un corpo concavo 21 sovrapposto alla membrana 19 e sigillato ad essa. Nell'esempio illustrato, il corpo concavo 21 è una cupola, preferibilmente di materiale gommoso o altro materiale elasticamente flessibile, provvista di una valvola 22 per l'immissione di aria pressurizzata nella camera 20, in questo esempio attraverso il corpo concavo 21.

Allo scopo di convogliare la pressione della camera pressurizzabile 20 sulla membrana 19, il corpo concavo 21 include un doppio strato di materiale gommoso, di cui quello più interno 23 presenta una flangia perimetrale di base 24 che è ripie-

gata in direzione centrale o interna verso la zona da riparare. Tra i due strati di gommosi è interposto un tessuto di rinforzo 25 per limitarne la deformazione nella condizione pressurizzata e trasferire efficacemente la spinta della pressione dell'aria contro la membrana 19.

Una valvola di aspirazione o valvola per vuoto 26 collocata in una posizione esterna alla camera 20, attraversa la membrana 19 allo scopo di creare il vuoto nello spazio 27 compreso tra la membrana 19 stessa, la faccia 11 del pannello, e la tenuta 18. Il vuoto che viene così creato in questo volume schiaccia la toppa 14 contro la zona lesionata 13 del pannello. Una pressione supplementare è esercitata dall'aria pressurizzata nella camera 20.

Contemporaneamente all'applicazione della pressione nella camera 20 e del vuoto nello spazio 27, si riscalda la toppa di prepreg 14 mediante la termocoperta 16, producendo la polimerizzazione della resina contenuta nella toppa, che si integra così al pannello accoppiandosi ad esso nella zona lesionata, riparandola. Le modalità di applicazione della temperatura e della pressione richieste per la polimerizzazione della resina non sono di per sé rilevanti ai fini della comprensione dell'invenzio-

ne e non verranno pertanto qui descritte.

Nel disegno allegato è illustrata una particolare forma di attuazione dell'invenzione, dove si effettua la riparazione di un pannello piuttosto sottile (ad esempio dello spessore di 4.0 mm). Al fine di impedire che le pressioni e il vuoto applicato durante la fase di riparazione possano imbozzare o altrimenti deformare indebitamente un pannello sottile, si è scelto di esercitare una contropressione sulla faccia integra 12, atta a bilanciare le sollecitazioni agenti sulla faccia lesionata o difettosa 11. Contro la faccia 12 è applicato, secondo una configurazione sostanzialmente simmetrica rispetto al pannello, uno stato *breather* 17a, circoscritto da un elemento di tenuta 18a (preferibilmente una striscia di mastice adesivo sigillante) e coperto da una seconda membrana flessibile 19a ermetica all'aria facente parte di una seconda unità del dispositivo. Questa seconda unità include una ulteriore membrana 21a, associata ad un tessuto di rinforzo 25a, è accoppiata alla seconda membrana flessibile 19a e sigillata perimetralmente a questa in modo tale da formare una seconda camera pressurizzabile 20a in cui viene immessa aria pressurizzata tramite una valvola di immissione 22a.

Entrambe le membrane 19a, 21a sono attraversate da una valvola di aspirazione o valvola per vuoto 26a attraverso la quale si crea il vuoto nello spazio 27a compreso tra la faccia 12 del pannello, la membrana e la tenuta 18a. Questo vuoto tiene la camera 20a in posizione contro la faccia 12 del pannello. La pressione presente nella camera 20a, contrasta la pressione agente contro la faccia opposta 11 e impedisce l'imbozzamento del pannello 10.

Prove sperimentali effettuate dalla Richiedente hanno dimostrato che l'azione di compattazione supplementare procurata dalla camera pressurizzata 20 è triplicata rispetto a quanto ottenibile con i metodi tradizionali che prevedono solo al'applicazione di un sacco a vuoto. Al fine di verificare l'efficacia del presente procedimento, è stata applicata una cella di carico (non illustrata) tra la membrana 19 e la zona del pannello da riparare. È stato dapprima applicato il vuoto attraverso la valvola 26, senza però pressurizzare la camera 20. Il carico misurato sotto vuoto dalla cella di carico è stato di 0.022KN per effetto della pressione atmosferica sulla membrana 19. Pressurizzando la camera 20, la cella di carico ha misurato un carico di 0.75KN, agente sulla toppa 14,

valore più che triplo rispetto al primo valore rilevato in assenza di pressurizzazione.

Si potrà apprezzare che la presente invenzione consegue un certo numero di vantaggi. La compattazione data dalla camera pressurizzabile produce riparazioni di qualità paragonabile a quelle ottenute in autoclave, con la differenza che l'invenzione permette di effettuare le riparazioni direttamente sull'aeromobile (sul sito del campo di volo), senza la necessità di smontare la parte da riparare. I costi sono drasticamente ridotti rispetto all'uso di un'autoclave. La flessibilità della membrana e, nella forma di attuazione preferita, anche del corpo concavo gommoso 21 che concorre a formare la camera pressurizzabile, permette di applicare il dispositivo portatile adattandolo a superfici non solo piane, ma anche a superfici curve o di altre forme moderatamente complesse; per adattare al meglio il corpo concavo 21 alla superficie del pannello occorre che almeno la parte di base del corpo 21, cioè la parte più vicina alla membrana 19, sia elasticamente flessibile. In vista della qualità elevata della riparazione, il numero di teli o *plies* aggiuntivi componenti la toppa può essere ridotto. Grazie all'effetto di adesione dato dalla

depressione applicata, non sono necessari mezzi di ancoraggio esterni per tenere il dispositivo portatile contro il pannello da riparare. Ciò riduce i costi e il rischio di danneggiare ulteriormente il pannello nel corso della stessa riparazione. L'invenzione è infine applicabile a pannelli da riparare aventi dimensioni qualsiasi.

Si intende che l'invenzione non è limitata alla forma di attuazione qui descritta ed illustrata, che è da considerarsi come un esempio; l'invenzione è invece suscettibile di modifiche relative a forma e dimensioni, disposizioni di parti e materiali usati. Ad esempio, l'invenzione è applicabile utilizzando, in alternativa ad un corpo a cupola in gomma, un recipiente pressurizzabile di materiale più rigido, purché in grado di trasferire la pressione di compattazione alla membrana agente sulla toppa di riparazione.

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per la riparazione di un pannello (10) di materiale composito costituente parte della superficie esterna di un aeromobile, comprendente le fasi di

a) applicare una toppa (14) di fibra preimpregnata di resina polimerizzabile sulla superficie (11) da riparare del pannello;

b) applicare sopra la toppa (14), uno strato riscaldante non rigido (16), ed una membrana (19) impermeabile all'aria;

c) riscaldare la toppa per mezzo dello strato riscaldante e applicare il vuoto tra la membrana e la superficie del pannello per compattare la toppa contro il pannello;

caratterizzato dal fatto che la fase di applicazione del vuoto comprende la pressurizzazione di una camera gonfiabile (20) agente contro la membrana (19) per pressare la toppa (14) contro la superficie del pannello da riparare.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che la fase di pressurizzazione della camera gonfiabile è effettuata pressurizzando un corpo concavo (21) sigillato alla membrana (19).

3. Procedimento secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che il corpo concavo (21) è elasticamente flessibile almeno nella sua parte prossima alla membrana (19).

4. Procedimento secondo una qualunque delle rivendicazioni da 1 a 3, caratterizzato dal fatto che il corpo concavo (21) include almeno uno strato di materiale elasticamente flessibile di consistenza gommosa, solidale ad uno strato di rinforzo (25).

5. Procedimento secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che il corpo concavo (21) include un doppio strato gommoso con un tessuto di rinforzo (25) interposto solidale ad entrambi gli strati.

6. Procedimento secondo la rivendicazione 4 o 5, caratterizzato dal fatto che lo strato più interno (23) di detto doppio strato gommoso presenta una flangia perimetrale di base (24) che è ripiegata in direzione centrale o interna verso la zona (13) da riparare del pannello (10).

7. Procedimento secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che il corpo concavo (21) è a forma di cupola.

8. Procedimento secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto

che la fase b) include la fase di:

applicare un elemento di tenuta (18) ad anello chiuso sulla superficie (11) del pannello circoscrivendo la zona (13) da riparare.

9. Procedimento secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che la fase di applicazione del vuoto include l'aspirazione dell'aria attraverso una valvola (26) che attraversa la membrana (19) in una posizione esterna alla camera gonfiabile (20), così da creare il vuoto in uno spazio (27) compreso tra la membrana (19), la superficie (11) del pannello, e l'elemento di tenuta (18).

10. Procedimento secondo la rivendicazione 9, caratterizzato dal fatto che la fase b) include la fase di:

interporre uno strato di ventilazione (17) tra la membrana (19) e lo strato riscaldante (16).

11. Procedimento secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che, simultaneamente alla pressurizzazione della camera (20) contro la superficie (11) del pannello, si applica una contropressione sulla superficie opposta (12) dello stesso pannello, mediante insufflazione di aria pressurizzata in una seconda camera gonfiabile (20a) applicata contro la superficie

opposta (12) in una posizione sostanzialmente simmetrica alla camera (20).

12. Procedimento secondo la rivendicazione 11, caratterizzato dal fatto che la fase di applicazione della contropressione è preceduta dalle fasi di:

applicare un secondo elemento di tenuta (18a) ad anello chiuso sulla superficie (12) opposta alla superficie (11) da riparare, circoscrivendo una zona della superficie opposta (12) che si trova in corrispondenza della zona (13) da riparare;

applicare una seconda membrana flessibile (19a) ermetica all'aria sul secondo elemento di tenuta (18a), dove la seconda membrana (19a) fa parte della seconda camera gonfiabile (20a);

applicare il vuoto in un secondo spazio (27a) compreso tra la superficie opposta (12) del pannello, la seconda membrana (19a) e il secondo elemento di tenuta (18a), in modo tale per cui il vuoto nel secondo spazio (27a) tiene la seconda camera (20a) pressata contro la superficie (12) del pannello.

13. Procedimento secondo la rivendicazione 12, caratterizzato dal fatto che i due elementi di tenuta (18, 18a) sono applicati simmetricamente sulle superfici opposte (11, 12) rispetto al pannello (10).

14. Procedimento secondo una qualunque delle ri-

vendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che il procedimento è applicato al pannello (10) senza smontare quest'ultimo dall'aeromobile.

15. Dispositivo portatile per la riparazione di un pannello (10) di materiale composito costituente parte della superficie esterna di un aeromobile, comprendente una prima unità da applicare da un lato di un pannello in materiale composito (10) da riparare, dove la prima unità include

- una camera gonfiabile (20) costituita da una membrana flessibile e impermeabile all'aria (19) e di un corpo concavo (21) sovrapposto alla membrana (19) e sigillato ad essa;
- una valvola (22) per l'immissione di aria pressurizzata nella camera (20);
- una valvola (26), che attraversa la membrana (19) in una zona della membrana esterna alla camera (20), per aspirare l'aria da una parte all'altra della membrana (19).

16. Dispositivo portatile secondo la rivendicazione 15, in cui almeno la porzione del corpo concavo (21) più vicina alla membrana (19) è elasticamente flessibile.

17. Dispositivo portatile secondo la rivendicazione 15 o 16, in cui il corpo concavo (21) include un

doppio strato di materiale gommoso, di cui lo strato più interno (23) presenta una flangia perimetrale di base (24) che è ripiegata verso l'interno della camera (20).

18. Dispositivo portatile secondo la rivendicazione 15, in cui tra i due strati gommosi è interposto uno strato intermedio di rinforzo (25), preferibilmente un tessuto di rinforzo.

19. Dispositivo portatile secondo una qualunque delle rivendicazioni da 15 a 18, comprendente inoltre una seconda unità da applicare ad un lato (12) del pannello (10) opposto a quello (11) della prima unità, dove la seconda unità include

- una seconda camera gonfiabile (20a) comprendente una seconda membrana flessibile e impermeabile all'aria (19a);
- una seconda valvola (22a) per l'immissione di aria pressurizzata nella seconda camera gonfiabile (20a); e
- una seconda valvola di aspirazione (26a), che attraversa la membrana (19) in una zona della membrana esterna alla seconda camera (20a), per aspirare l'aria da una parte all'altra della seconda membrana flessibile (19a).

20. Dispositivo portatile secondo la rivendicazione

ne 19, in cui la seconda camera gonfiabile è definita dalla seconda membrana (19a) e da un'ulteriore membrana (21a) sigillata alla seconda membrana (19a) e associata ad uno strato di rinforzo (25a).

21. Dispositivo portatile secondo una qualunque delle rivendicazioni da 15 a 20, in cui la valvola (26) e/o la valvola (26a) sono valvole per vuoto.

CLAIMS

1. A method of repairing a composite panel (10) forming part of the outer surface of an aircraft, the method including the steps of:

a) applying a fibre patch (14) preimpregnated with curable resin on the panel surface (11) to repair;

b) applying on the patch (14) a non-rigid heating layer (16) and an airtight membrane (19);

c) heating the patch by means of the heating layer and applying a vacuum between the membrane and the panel surface so as to bring the patch against the panel;

characterised in that the vacuum step includes pressurizing an inflatable chamber (20) acting against the membrane (19) so as to press the patch (14) against the panel surface to repair.

2. A method according to claim 1, characterised in that the step of pressurising the inflatable chamber is accomplished by pressurising a concave body (21) sealed to the membrane (19).

3. A method according to claim 2, characterised in that the concave body (21) is elastically flexible at least in its part proximate to the membrane (19).

4. A method according to any one of claims 1 to 3, characterised in that a concave body (21) includes at least one layer of rubber-like elastically flexible material, secured to a reinforcing layer (25).

5. A method according to claim 4, characterised in that the concave body (21) includes a dual rubber-like layer with an interposed reinforcing fabric (25) secured to either layer.

6. A method according to claim 4 or 5, characterised in that the innermost layer (23) of said dual rubber-like layer provides a peripheral base flange (24) which is folded in an inner or central direction towards to the zone (13) of the panel to be repaired.

7. A method according to any one of the preceding claims, characterised in that the concave body (21) is dome-shaped.

8. A method according to any one of the preceding claims, characterised in that the step b) includes the step of:

applying a closed loop sealing element (18) on the surface (11) of the panel surrounding the zone (13) to be repaired.

9. A method according to claim 8, characterised

in that the vacuum phase includes the suction of the air through a valve (26) fitted through the membrane (19) at a position external to the inflatable chamber (20), so as to create a vacuum in a space (27) defined between the membrane (19), the panel surface (11) under the sealing element (18).

10. A method according to claim 9, characterised in that step b) includes the step of:

interposing a breathing layer (17) between the membrane (19) and the heating layer (16).

11. A method according to any one of the preceding claims, characterised in that, simultaneously to pressurising the chamber (20) against the panel surface (11), a counter-pressure is applied to the opposite surface (12) of the same panel, by blowing pressurised air into a second inflatable chamber (20a) applied against the opposite surface (12) at a position substantially symmetrical to the chamber (20).

12. A method according to claim 11, characterised in that the step of applying counter-pressure is preceded by the step of:

applying a second closed loop sealing element (18a) on the surface (12) opposite to the surface (11) to be repaired, surrounding a zone of the op-

posite surface (12) located at the level of the zone (13) to be repaired;

applying a second airtight flexible membrane (19a) on the second sealing element (18a), wherein the second membrane (19a) is part of the second inflatable chamber (20a);

applying a vacuum in a second space (27a) defined between the opposite panel surface (12), the second membrane (19a) and the second sealing element (18a), whereby the vacuum in the second space (27a) keeps the second chamber (20a) pressed against the panel surface (12).

13. A method according to claim 12, characterised in that the two sealing elements (18, 18a) are applied symmetrically on opposite surfaces (11, 12) with respect to the panel (10).

14. A method according to any one of the preceding claims, characterised in that the method is applied to the panel (10) without disassembling the latter from the aircraft.

15. A portable device for repairing a composite panel (10) being part of the outer surface of an aircraft, comprising a first unit to be applied on one side of the composite panel (10) to be repaired, wherein the first unit includes

- an inflatable chamber (20) constituted by an airtight flexible membrane (19) and a concave body (21) sealed on the membrane (19);
- an inlet valve (22) for letting pressurised air into the chamber (20);
- a suction valve (26), fitted through the membrane (19) in a zone of the membrane external to the chamber (20), for sucking air from one side of the membrane to the other (19).

16. A portable device according to claim 15, wherein at least the part of the concave body (21) nearer to the membrane (19) is elastically flexible.

17. A portable device according to claim 15 or 16, wherein the concave body (21) includes a dual layer of rubber-like material, the innermost layer (23) of which provides a base peripheral flange (24) folded towards the inside of the chamber (20).

18. A portable device according to claim 15, wherein an intermediate reinforcing layer (25), preferably a reinforcing fabric, is interposed between the two rubber-like layers.

19. A portable device according to any one of claims 15 to 18, further including a second unit to be applied to a side (12) of the panel (10) oppo-

site to the side (11) of the first unit, wherein the second unit includes

- a second inflatable chamber (20a) comprising a second flexible airtight membrane (19a);
- a second inlet valve (22a) for letting pressurised air into the second inflatable chamber (20a); and
- a second suction valve (26a) fitted through the membrane (19) at a zone of the membrane external to the second chamber (20a), for sucking air from one side of the second flexible membrane (19a) to the other side.

20. A portable device according to claim 19, wherein the second inflatable chamber is defined by the second membrane (19a) and a further membrane (21a) sealed to the second membrane (19a) and associated with a reinforcing layer (25a).

21. A portable device according to any one of claims 15 to 20, wherein the valve (26) and/or the valve (26a) are vacuum valves.

