



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA NUMERO	102007901557695
Data Deposito	20/09/2007
Data Pubblicazione	20/03/2009

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	29	C		

Titolo

PROCEDIMENTO DI FABBRICAZIONE DI UN ELEMENTO STRUTTURALE CURVILINEO IN MATERIALE COMPOSITO AVENTE UNA SEZIONE APERTA COMPLESSA.
--

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Procedimento di fabbricazione di un elemento strutturale curvilineo in materiale composito avente una sezione aperta complessa"

di: ALENIA AERONAUTICA S.p.A., nazionalità italiana, Viale Dell'aeronautica snc, 80038 POMIGLIANO D'ARCO (NA)

Inventori designati: Sabato INSERRA IMPARATO, Vincenzo DE VITA, Gianni IAGULLI, Luca DI TOMMASO

Depositata il: 20 settembre 2007

* * *

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un procedimento di fabbricazione di un elemento strutturale curvilineo in materiale composito avente una sezione aperta, secondo il preambolo della rivendicazione 1.

L'esigenza di riduzione del peso e di eliminazione dei problemi di corrosione ha portato la tecnologia aeronautica a realizzare fusoliere di aerei commerciali in materiale composito.

Tra gli elementi strutturali che compongono la fusoliera sono di particolare rilevanza le ordinate circonferenziali, che collegate al fasciame esterno (skin) mediante un altro elemento strutturale,

chiamato shear tie, lo stabilizzano e gli danno la resistenza ai carichi di volo e di pressurizzazione.

Attualmente la tecnologia prevede diversi processi per fabbricare separatamente le ordinate e le shear tie in composito. Queste sono quindi chiodate tra loro e quindi al fasciame esterno per creare l'assemblaggio finale.

È invece una tecnologia particolarmente avanzata quella di realizzare in un solo componente l'assieme di frame e shear tie integrale per poter ridurre sia il peso (l'assenza della chiodatura permette di ridurre gli spessori nelle zone di giunzione e si evita il peso degli organi di collegamento), sia i costi che i tempi di flusso.

La realizzazione di ordinata e shear tie integrali è ad oggi ottenuta con un processo di stampaggio a trasferimento di resina (RTM) che permette l'infusione con resina di preforme di rinforzi secchi in fibra di carbonio prodotti a partire da strati di tessuto unidirezionale secchi preassemblati e posizionati nello stampo di infusione e cura.

Tale processo presenta i seguenti svantaggi:

- nel processo di RTM per consentire il flusso di resina è necessario utilizzare resine molto fluide, che pertanto non possono contenere al loro interno degli elementi tenacizzanti necessari al miglioramento di proprietà quali la compressione dopo impatto o le proprietà di scarsa infiammabilità. Un'alternativa è quella di utilizzare resine il cui tenacizzante è intessuto nella preforma e quindi si solubilizza nella resina al momento dell'infusione. Tuttavia tale processo rende più complicata e costosa la realizzazione della preforma;

- i materiali utilizzati per il rinforzo presentano fibre rettilinee che mal si adattano a realizzare elementi strutturali curvi: infatti il loro forzato adattamento a forme curve provoca grinze e/o distorsioni della direzione delle fibre in modo incontrollato, con conseguente inaffidabilità delle proprietà meccaniche;

- l'ottimizzazione strutturale richiede spesso che gli elementi circonferenziali abbiano una certa percentuale di fibre di rinforzo disposte curvilinearmente. Questo requisito non è ottenibile con i rinforzi utilizzati nello stato dell'arte;

- gli attrezzi per RTM sono complessi da assemblare, da mantenere in assetto con la dovuta precisione durante l'iniezione di resina, complessi al disassemblaggio dopo la polimerizzazione e di difficile pulizia e manutenzione.

Scopo della presente invenzione è pertanto quello di rendere disponibile un procedimento per fabbricare elementi strutturali curvilinei, quali combinazioni ordinata/shear tie integrali, che permetta di eliminare od almeno ridurre gli inconvenienti della tecnica nota.

Tale scopo è raggiunto secondo l'invenzione da un procedimento di fabbricazione di un elemento strutturale curvilineo in materiale composito avente una sezione aperta complessa, che presenta le caratteristiche richiamate nella rivendicazione 1.

Il principio di attrezzatura in congiunzione con preforme preinfuse in piano aventi fibre di rinforzo curvilinee permette di realizzare componenti in materiale composito complessi curvilinei quali ordinate, shear tie o combinazione delle due con fibre di rinforzo curvilinee, eliminando il rischio di grinze o interruzioni di fibre.

Inoltre, il processo descritto permette di usare resine tenacizzate e resistenti alla fiamma per loro natura ad alta viscosità.

Il concetto dell'attrezzatura relativo al dispositivo gonfiabile permette di applicare sul componente una pressione uniforme anche in presenza di variazioni di spessore, variazioni di profilo (joggle), ecc. non ottenibili con i convenzionali attrezzi rigidi. Ciò permette di ottenere componenti privi di scollamenti, vuoti e porosità non accettabili strutturalmente.

Il processo secondo l'invenzione può essere utilizzato per componenti strutturali curvilinei, oltre che in campo aeronautico, anche in campo navale, ferroviario, edile, ecc.

Forme di realizzazione preferite dell'invenzione sono definite nelle rivendicazioni dipendenti.

Verranno ora descritte alcune forme di realizzazione preferite, ma non limitative, dell'invenzione, facendo riferimento ai disegni allegati, in cui:

- la figura 1 rappresenta una vista parziale in prospettiva di un elemento strutturale curvilineo in materiale composito avente una sezione aper-

ta complessa, in particolare un assieme ordinata/shear tie;

- la figura 2 rappresenta una vista semplificata in sezione trasversale di un attrezzo sul quale sono disposti i componenti dell'elemento di figura 1;

- le figure 3a-3e sono viste semplificate in elevazione frontale che rappresentano stadi differenti di una fase di formatura a caldo di un componente dell'elemento di figura 1, nell'ambito di un procedimento di fabbricazione secondo la presente invenzione;

- le figure 4a-4b sono viste semplificate in elevazione frontale che rappresentano stadi differenti di una fase di formatura a caldo di un altro componente dell'elemento di figura 1;

- le figure 5 e 6 rappresentano viste semplificate, rispettivamente in prospettiva ed in elevazione frontale, dell'insieme di figura 2 completo di sacco a vuoto; e

- le figure 7 a 9 sono viste semplificate in sezione longitudinale di una parte di un elemento di attrezzatura secondo differenti forme di realizzazione e varianti di tale elemento;

- la figura 10 rappresenta una vista, analoga

a quella di figura 6, di un attrezzo sul quale sono disposti componenti di un elemento strutturale curvilineo in materiale composito avente sezione differente da quello di figura 1.

In figura 1 è illustrato un elemento strutturale curvilineo 1 in materiale composito avente una sezione aperta complessa, in particolare un assieme in un sol pezzo formato dalla combinazione di una ordinata e di una shear tie. Nella figura, la porzione indicata con 2 rappresenta la parte dell'elemento 1 con funzione di shear tie, mentre la porzione indicata con 3 rappresenta la parte con funzione di ordinata. Con il termine "curvilineo" si intende che l'elemento 1 è allungato e si estende lungo un asse principale s curvilineo. L'elemento 1 raffigurato nell'esempio presenta una sezione aperta del tipo ad F. Benché tale sezione sia preferita dal punto di vista dell'applicazione specifica considerata dell'elemento, cioè come elemento strutturale di una fusoliera dei velivolo, in realtà la presente invenzione è applicabile ad elementi strutturali di sezione differente, ad esempio del tipo a C o ad E (si veda la figura 10), purché tale sezione sia aperta.

Come si può osservare in figura 2, l'elemento

strutturale 1 è formato dall'unione di tre componenti, indicati con 10, 20 e 30 nelle figure. Le modalità di tale unione verranno chiarite nel corso della descrizione.

Ciascuno dei componenti 10, 20 e 30 è costituito da almeno uno strato piano di fibre curvilinee preliminarmente infuse con resina unito con almeno uno strato di preimpregnato con fibre rettilinee.

La preparazione di tali componenti avviene secondo l'insegnamento contenuto nella domanda di brevetto italiano n.TO2007A000557 di Alenia Aeronautica S.p.A. e Cytec Engineered Materials Ltd., a cui si rimanda per una più completa spiegazione del processo.

Comunque, a fini descrittivi si richiamano brevemente qui di seguito alcune caratteristiche del procedimento oggetto dalla domanda n.TO2007A000557, con riferimento specifico ai componenti 10, 20 e 30.

1) Ciascuno dei componenti 10, 20 e 30 è prodotto a partire da una preforma secca. Tale preforma ha sostanzialmente la forma di una striscia piana e presenta un andamento curvilineo nel piano della striscia.

2) La preforma secca è costituita da uno strato di fibre di rinforzo, in cui una prima percentuale predefinita di tali fibre ha orientamento curvilineo, ovvero sostanzialmente parallelo all'asse di estensione curvilineo della preforma (coincidente con l'asse s dell'elemento strutturale 1), una seconda percentuale predefinita di tali fibre ha andamento rettilineo, con una direzione angolata rispetto all'asse curvilineo, compresa tra 0 e +70 gradi, ed una terza percentuale predefinita di tali fibre ha andamento rettilineo, con una direzione angolata rispetto all'asse curvilineo, compresa tra 0 e -70 gradi. Tale disposizione è ottenuta con una tecnica convenzionale di braiding. L'intreccio fra le fibre delle tre diverse frazioni con andamento differente permette di ottenere un tessuto consistente in cui le fibre non si spostano in quanto intrecciate. La percentuale per ognuna delle direzioni viene scelta in base alle esigenze dei carichi, ma con dei vincoli derivanti dalla necessità di stabilizzare la direzione delle fibre mediante l'intreccio. Si ottiene così uno strato di rinforzo piano. Oltre che con la tecnica di braiding, la preparazione dello strato di rinforzo può avvenire con altre tecniche di tipo convenzionale, quali tow

placement e tecniche di tessuto a spirale, le quali possono essere scelte in funzione delle caratteristiche strutturali che si desidera ottenere nell'elemento curvo 1 finito. Anche le caratteristiche geometriche (raggio di curvatura, larghezza in senso radiale, lunghezza circonferenziale) e fisiche (tipo di fibra di rinforzo, peso areale delle fibre) sono scelte in funzione delle caratteristiche strutturali dell'elemento curvo 1 finito. Le fibre curvilinee dello strato di rinforzo presentano pertanto orientamenti predefiniti, rispetto all'asse curvilineo, stabiliti in fase di realizzazione dello strato di rinforzo e dipendenti dalle caratteristiche desiderate dell'elemento 1 finito.

3) Lo strato di rinforzo piano secco così ottenuto viene accoppiato ad un film di resina. Si applicano quindi in modo controllato temperatura e pressione, così da provocare l'infusione, ovvero la penetrazione, della resina nello strato di rinforzo ed ottenere uno strato di materiale preinfuso.

4) Il procedimento per la realizzazione di ciascuno dei componenti 10, 20 e 30 prevede poi la preparazione di uno o più strati di preimpregnato, formati da fibre rettilinee impregnate con resina compatibile con la resina del materiale preinfuso,

da utilizzare prevalentemente per introdurre nel laminato direzioni angolari superiori ai 70 gradi e/o per realizzare aumenti di spessore locali. Con il termine "preimpregnato" si intende in modo convenzionale un semilavorato comprendente fibre di rinforzo rettilinee ed una matrice di resina in cui tali fibre sono immerse. Le fibre possono essere disposte secondo differenti configurazioni, ad esempio in uno strato unidirezionale, in due strati aventi orientazioni differenti l'uno dall'altro, o come tessuto. I preimpregnati sono generalmente preparati in forma di nastri ed avvolti in rotoli.

5) Il procedimento per la realizzazione di ciascuno dei componenti 10, 20 e 30 prevede quindi di sovrapporre fra loro, secondo una disposizione prestabilita, lo/gli strato/i di materiale preinfuso e lo/gli strato/i di preimpregnato in modo tale da ottenere una struttura stratificata. Tale stratificazione avviene posizionando, in accordo con il disegno del componente finito, gli strati con la direzione delle fibre previste dal progetto.

Applicando alla presente invenzione le caratteristiche 1)-5) sopra indicate del procedimento descritto nella domanda n.T02007A000557 si ottengono quindi, come "materiale" di partenza, i tre com-

ponenti curvilinei 10, 20 e 30 in forma piana e "freschi", in cui cioè la matrice di resina del materiale che li costituisce non è ancora polimerizzata.

Secondo il procedimento secondo la presente invenzione, si esegue quindi una formatura a caldo dei componenti freschi 10, 20 e 30. La formatura a caldo avviene con un processo in cui il materiale viene riscaldato ad una temperatura che non attiva la polimerizzazione, applicando contemporaneamente del vuoto mediante una membrana di formatura. Tale processo di per sé noto è chiamato "hot drape forming". Un esempio di implementazione di tale processo è illustrato nelle figure 3a-3e e 4a-4b.

Nelle figure 3a-3e sono illustrati gli stadi del processo di formatura a caldo dei componenti 10, 20, al termine dei quali ai componenti 10, 20 viene conferita una forma con sezione trasversale aperta a Z.

A tal fine è utilizzato un attrezzo di formatura scomponibile comprendente tre elementi di formatura 31, 32 e 33. In un primo stadio di formatura, illustrato in fig. 3a, il componente 10 o 20 piano viene posato su un attrezzo formato dalla combinazione degli elementi di formatura 31 e 32,

nel seguito indicati come primo e secondo elemento di formatura, uniti tramite mezzi di giunzione rilasciabili 34. Il componente 10, 20 è disposto in modo tale che una sua porzione laterale 10a, 20a sporga lateralmente rispetto all'attrezzo 31, 32, dalla parte opposta rispetto al secondo elemento di formatura 32. In corrispondenza della porzione laterale 10a, 20a del componente 10, 20 il primo elemento di formatura 31 presenta uno spigolo arrotondato 31a.

In un secondo stadio di formatura, illustrato in fig. 3b, il componente 10 o 20 piano viene piegato attorno allo spigolo arrotondato 31a del primo elemento di formatura 31, in modo tale che la porzione laterale formi una prima ala 10a, 20a del componente 10, 20. Ciò avviene, come sopra indicato, applicando calore e vuoto mediante una membrana di formatura (non illustrata).

In un terzo stadio di formatura, illustrato in fig. 3c, l'attrezzo formato dal primo e dal secondo elemento di formatura 31, 32 viene ribaltato e posizionato in modo coordinato sull'elemento di formatura 33, nel seguito indicato come terzo elemento di formatura. Tale terzo elemento di formatura 33 presenta un profilo a gradino, comprendente un rac-

cordo di gradino 33a con una curvatura complementare rispetto alla curvatura dello spigolo arrotondato 31a del primo elemento di formatura 31. L'attrezzo formato dal primo e dal secondo elemento di formatura 31, 32 viene posizionato in modo tale che la linea di piegatura del componente 10, 20 giaccia sul raccordo di gradino 33a. Il componente 10, 20 è disposto in modo tale che una sua porzione laterale 10b, 20b, opposta all'ala 10a, 20a, sporga lateralmente rispetto al terzo elemento di formatura 33, dalla parte opposta rispetto al raccordo di gradino 33a. Inoltre, anche il secondo elemento di formatura 32 sporge lateralmente rispetto al terzo elemento di formatura 33. In corrispondenza della porzione laterale 10b, 20b del componente 10, 20 il terzo elemento di formatura 33 presenta uno spigolo arrotondato 33b.

In un quarto stadio di formatura, illustrato in fig. 3d, il secondo elemento di formatura 32 viene rimosso dal primo elemento di formatura 31, lasciando così scoperta superiormente la porzione laterale 10b, 20b del componente 10, 20.

In un quinto stadio di formatura, illustrato in fig. 3d, il componente 10, 20 viene piegato attorno allo spigolo arrotondato 33b del terzo ele-

mento di formatura 33, in modo tale che la porzione laterale formi una seconda ala 10b, 20b del componente 10, 20. Ciò avviene, come sopra indicato, applicando calore e vuoto mediante una membrana di formatura (non illustrata). Si ottiene così un componente 10, 20 fresco e sagomato con una sezione trasversale a Z, avente un'anima 10c, 20c che interconnette le ali 10a, 10b, 20a, 20b.

Nelle figure 4a-4b sono illustrati gli stadi del processo di formatura a caldo del componente 30, al termine dei quali al componente 30 viene conferita una forma con sezione trasversale aperta a C.

A tal fine è utilizzato un attrezzo di formatura 35. In un primo stadio di formatura, illustrato in fig. 4a, il componente 30 piano viene posato sull'attrezzo di formatura 35. Il componente 30 è disposto in modo tale che sue porzioni laterali 30a, 30b sporgano lateralmente rispetto all'attrezzo 35, da parti opposte del componente 30. In corrispondenza delle porzioni laterali 30a, 30b del componente 30 l'attrezzo di formatura 35 presenta rispettivi spigoli arrotondati 35a, 35b.

In un secondo stadio di formatura, illustrato in fig. 3b, il componente 30 piano viene piegato

attorno agli spigoli arrotondati 35a, 35b dell'attrezzo di formatura 35, in modo tale che le porzioni laterali formino rispettive ali 30a, 30b del componente 30. Ciò avviene, come sopra indicato, applicando calore e vuoto mediante una membrana di formatura (non illustrata). Si ottiene così un componente 30 fresco e sagomato con una sezione trasversale a C, avente un'anima 30c che interconnette le ali 30a, 30b.

Al termine della fase di formatura a caldo si ottengono quindi il componente a C 30 ed i due componenti a Z 10, 20 illustrati in figura 2. La fase di formatura sopra descritta è quindi programmata specificamente per l'esempio di elemento strutturale 1 qui considerato. Più in generale, a seconda del tipo di elemento strutturale 1 che si desidera ottenere, e del numero di componenti di tale elemento, è concepibile di produrre più componenti con sezione a C. Qualora secondo il progetto dell'elemento strutturale curvilineo siano previsti anche componenti di rinforzo da disporre localmente in zone piane dell'elemento strutturale, tali specifici componenti non richiederanno alcuna formatura propedeutica all'assemblaggio finale dei componenti.

Il procedimento secondo l'invenzione prevede quindi la deposizione e l'assemblaggio dei componenti freschi 10, 20, 30 formati a caldo su un attrezzo di polimerizzazione, illustrato nelle figure 2, e 5 a 8. Tale attrezzo comprende un primo ed un secondo elemento di attrezzatura 41, 42; 42', i quali sono supportati da un pianale 43.

Il primo elemento di attrezzatura 41 presenta un profilo a gradino e, come si può osservare in figura 5, si estende anch'esso in modo curvilineo. Tale primo elemento di attrezzatura 41 è realizzato in materiale rigido, ad esempio invar o carboresina.

Il secondo elemento di attrezzatura 42; 42' è invece un dispositivo gonfiabile. Alcune forme di realizzazione di tale dispositivo gonfiabile sono descritte qui di seguito, ed indicate con differenti riferimenti numerici 42, 42', 42''.

Una prima forma di realizzazione del dispositivo gonfiabile è costituita da un dispositivo semirigido utilizzabile per una molteplicità di cicli di autoclave.

Secondo una prima opzione costruttiva, illustrata in figura 7 ed indicata con 42, tale dispositivo semirigido è costituito da un elemento di

forma interno rigido 42a su cui è applicato uno strato di gomma 42d capace di sostenere la pressione e la temperatura dell'autoclave. Nell'elemento di forma 42a sono ricavati passaggi d'aria, in particolare un passaggio longitudinale 42e estendentesi longitudinalmente da un capo all'altro dell'elemento di forma 42a, ed un passaggio trasversale 42f estendentesi trasversalmente dal passaggio longitudinale 42e alla superficie laterale dell'elemento di forma 42a.

Un'alternativa, illustrata nelle figure 5, 6 ed 8 ed indicata con 42', prevede che il dispositivo semirigido sia costituito da un adeguato spessore di gomma tale da garantire una forma adeguatamente precisa, in modo tale da formare un elemento tubolare di gomma che definisce al suo interno una cavità 42a'.

In entrambi i casi, il dispositivo semirigido 42; 42' è chiuso alle due estremità da rispettivi elementi terminali 42b di chiusura, uno dei quali è visibile con maggior chiarezza in figura 7 ed 8. Tali elementi terminali vengono incollati alla gomma del dispositivo semirigido 42; 42' per garantire la tenuta alla pressione ed alla temperatura di autoclave. Come si può osservare in figura 7 ed 8, da

una delle estremità del dispositivo semirigido 42; 42' il rispettivo elemento terminale 42b è realizzato in materiale idoneo per l'applicazione e la rimozione di sigillante necessario per approntare un sacco a vuoto con le modalità che si descriveranno nel seguito, e presenta un'apertura 42c per consentire alla pressione dell'autoclave di gonfiare il dispositivo semirigido 42; 42' quando il tutto è sotto il sacco preparato come descritto di seguito.

Una seconda forma di realizzazione del secondo elemento di attrezzatura dispositivo gonfiabile, illustrata in figura 8 ed indicata con 42'', è costituita da un dispositivo rigido riutilizzabile e da un sacco in nylon tubolare da cambiare ad ogni ciclo di autoclave.

In questo caso l'elemento gonfiabile è costituito da un supporto rigido 42a'' che definisce la forma del secondo elemento di attrezzatura 42'', su cui si calza un sacco in nylon tubolare 42b'' con sezione avente perimetro maggiorato rispetto al perimetro del supporto 42a''. Il sacco tubolare viene calzato sul supporto rigido 42a'' ed il materiale in eccesso raccolto in una o più pieghe posizionate

sulle zone che non saranno a contatto con il componente da realizzare.

Tale sacco 42b'' viene preparato preliminarmente alla posa del componente fresco 30 sull'elemento di attrezzatura 42''. Sopra il sacco in nylon 42b'' si posiziona un convenzionale tessuto di ventilazione (non illustrato). Successivamente sul tutto si posiziona uno strato di film separatore (non illustrato) chiuso longitudinalmente con nastro adesivo. Anche in questo caso il materiale in eccesso è raccolto in pieghe da posizionare nelle zone non a contatto con il componente. Successivamente il film separatore reso tubolare viene sigillato alle due estremità. Quindi ad una delle estremità viene applicato il vuoto, tramite una valvola convenzionale, per far aderire tutti i materiali (film separatore, tessuto di ventilazione e sacco tubolare 42b'') alle pareti del supporto rigido 42a'' per ottenere un assieme gonfiabile con dimensioni sufficientemente precise per accogliere il componente 30 da polimerizzare già formato ma non polimerizzato.

Si descrive ora una sequenza di assemblaggio dei componenti 10, 20 e 30.

Il primo componente a Z 10 viene posizionato sul primo elemento di attrezzatura 41 già posizionato sul pianale 43.

Il componente a C 20 viene quindi posizionato a cavallo del secondo elemento di attrezzatura 42; 42'; 42''. Quest'ultimo viene poi disposto sul pianale 43 in posizione coordinata rispetto all'elemento di attrezzatura 41, in modo tale che un'ala 10b del primo componente con sezione a Z 10 aderisca con un'ala 30b del componente con sezione a C 30.

Si applica quindi una striscia di riempimento (filler) 50 di sezione triangolare, di tipo di per sé noto, tra il primo componente a Z 10 ed il secondo componente a C 30, in corrispondenza delle loro linee di piegatura.

Il secondo componente a Z 20 viene poi posizionato sopra il componente a C 30 ed il primo componente a Z 10, in modo tale che l'anima 20c del secondo componente con sezione a Z 20 aderisca in parte con l'anima 10c del primo componente con sezione a Z 10 ed in parte con l'anima 30c del componente con sezione a C 30, ed in modo tale che una prima ala 20a del secondo componente con sezione a Z 20 aderisca con l'ala libera 10a del primo compo-

nente con sezione a Z 10, ed una seconda ala 20b del secondo componente con sezione a Z 20 aderisca con l'ala libera 30a del componente con sezione a C 30.

Si prepara quindi un sacco a vuoto per l'assieme fresco così ottenuto.

A tal fine, l'assieme viene ricoperto con film separatore (non illustrato), e al di sopra di tale film si posiziona un tessuto di ventilazione (non illustrato).

A completamento si posiziona il film in nylon 60 che realizza il sacco a vuoto (visibile nelle figure 6 a 8). Il film di nylon 60 ricopre l'intero attrezzo 41, 42; 42'; 42'' ed è sigillato, 61, lungo i bordi del pianale 43 di appoggio dell'attrezzatura. In aggiunta, una cornice di sigillante 62 è posizionata su una delle estremità (quella predisposta per la sigillatura) del dispositivo gonfiabile 42; 42'; 42''. Il film da sacco 60 viene quindi sigillato anche contro l'estremità del dispositivo gonfiabile 42; 42'; 42'', come illustrato nelle figure 7 a 9. Nella forma di realizzazione di figura 7, la cornice di sigillante 62 viene applicata attorno all'apertura terminale 42c del dispositivo gonfiabile 42. In questo modo, ri-

cavando un'apertura 63 nel film di nylon 60 (posizionata all'interno del bordo di sigillatura 62 sull'estremità del dispositivo gonfiabile 42) i passaggi 42e e 42f, e quindi l'intercapedine fra la superficie laterale dell'elemento di forma 42a e lo strato di gomma 42d del dispositivo gonfiabile, saranno in comunicazione di fluido con l'esterno, mentre l'involucro creato dal sacco a vuoto 60 resterà isolato. La pressione dell'autoclave potrà quindi entrare nel dispositivo gonfiabile 42 ma non sotto l'involucro creato dal sacco a vuoto 60. Nella forma di realizzazione di figura 8, la cornice di sigillante 62 viene applicata attorno all'apertura terminale 42c del dispositivo gonfiabile 42'. In questo modo, ricavando un'apertura 63 nel film di nylon 60 (posizionata all'interno del bordo di sigillatura 62 sull'estremità del dispositivo gonfiabile 42') la cavità 42a' del dispositivo gonfiabile sarà in comunicazione di fluido con l'esterno, mentre l'involucro creato dal sacco a vuoto 60 resterà isolato. La pressione dell'autoclave potrà quindi entrare nel dispositivo gonfiabile 42' ma non sotto l'involucro creato dal sacco a vuoto 60. Nella forma di realizzazione di figura 9, la cornice di sigillante 62 viene applli-

cata attorno ad un'apertura 42c'' ricavata in un'estremità del sacco a vuoto tubolare 42b'' successivamente alla posa dei componenti freschi 10-30. In questo modo, ricavando l'apertura 63 nel film di nylon 60 (posizionata all'interno del bordo di sigillatura 62 sull'estremità del dispositivo gonfiabile 42'') l'intercapedine fra il supporto rigido 42a'' ed il sacco a vuoto tubolare 42b'' del dispositivo gonfiabile 42'' sarà in comunicazione di fluido con l'esterno, mentre l'involucro creato dal sacco a vuoto 60 resterà isolato.

Idonee pieghe consentono al film di nylon 60 di serrarsi contro l'attrezzatura senza formare ponti od altre tensioni nel momento di applicare il vuoto. Sul film da sacco 60 si applicano poi le convenzionali valvole per applicare il vuoto (non illustrate).

Successivamente l'assieme provvisto del sacco a vuoto 60 viene posizionato in autoclave per realizzare mediante un ciclo di pressione e temperatura la compattazione e la polimerizzazione dei componenti 10 a 30, e quindi la formazione dell'elemento strutturale 1 in un sol pezzo.

In autoclave, grazie al contributo della pressione esercitata dal dispositivo gonfiabile sul la-

to interno del componente a C, sui componenti 10, 20 e 30 assemblati si applica una pressione uniforme, come indicato dalle frecce in figura 6, che garantisce la compattazione dei componenti senza rischio di vuoti e porosità.

Con riferimento alla figura 10, si descrive ora brevemente il procedimento secondo l'invenzione applicato alla fabbricazione di un elemento strutturale curvilineo avente sezione ad E.

Tale procedimento, analogamente a quanto sopra descritto, prevede la preparazione di tre componenti freschi 110, 120, 130 piani costituiti ciascuno da almeno uno strato piano di fibre curvilinee preliminarmente infuse con resina unito con almeno uno strato di preimpregnato con fibre rettilinee.

Come per il procedimento precedente, è prevista una formatura a caldo dei componenti freschi piani in modo tale da conferire loro rispettive forme a sezione aperta. Diversamente dal procedimento precedente, a tutti e tre i componenti freschi formati viene impartita una sezione a C.

Come per il procedimento precedente, è previsto l'assemblaggio secondo una sequenza prestabilita dei componenti freschi formati a caldo su un attrezzo di polimerizzazione 141, 42', in cui l'at-

trezzo comprende almeno un dispositivo gonfiabile sagomato 42', in particolare due dispositivi gonfiabili 42', configurati secondo una delle forme di realizzazione precedentemente indicate. Diversamente dal procedimento precedente, l'attrezzo di polimerizzazione comprende, come primo elemento di attrezzatura 141 rigido e curvilineo, un elemento femmina con un incavo 141a destinato a ricevere i componenti 110, 120, 130.

La sequenza di assemblaggio dei componenti 110, 120 e 130 è quindi la seguente.

Il primo componente a C 110 viene posizionato sul primo elemento di attrezzatura 141 già posizionato sul pianale 43.

Il secondo ed il terzo componente a C 120, 130 vengono quindi posizionati a cavallo dei rispettivi secondo e terzo elemento di attrezzatura 42'. Il secondo e terzo elemento di attrezzatura 42' vengono poi ribaltati e disposti affiancati all'interno dell'incavo 141a del primo elemento di attrezzatura 141 in posizione coordinata rispetto ad esso, in modo tale che le anime del secondo e terzo componente 120, 130 aderiscano con l'anima del primo componente 110, mentre ogni ala di ciascuno dei tre

componenti 110, 120, 130 aderisce con un'ala di uno degli altri due componenti.

Preliminarmente all'assemblaggio dei componenti 110, 120, 130 si applica quindi una striscia di riempimento (filler) 50 di sezione triangolare, di tipo di per sé noto, tra il secondo componente 120 ed il terzo componente 130, in corrispondenza delle loro linee di piegatura.

Analogamente al procedimento precedente, i componenti freschi 110, 120, 130 assemblati sull'attrezzo 141, 42' vengono sottoposti ad un ciclo di polimerizzazione in autoclave, per ottenere l'elemento strutturale con sezione ad E. Nel caso dell'uso dell'elemento come combinazione ordinata-shear tie in ambito aeronautico, l'attrezzo femmina 141 permette di avere il necessario controllo della superficie di accoppiamento dal lato fusoliera, come avveniva per l'elemento con sezione a Z grazie all'impiego dell'elemento di attrezzatura a gradino 41.

Sebbene nei procedimenti descritti per la polimerizzazione dell'elemento strutturale sia impiegato un sacco a vuoto, in realtà è ipotizzabile usare in alternativa altre tecniche convenzionali,

quali membrane in gomma riutilizzabili o sacchi in nylon con interposta caul plate flessibile.

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento di fabbricazione di un elemento strutturale curvilineo in materiale composito avente una sezione aperta complessa, in cui detto elemento strutturale è formato per assemblaggio di una pluralità di componenti di materiale composito, caratterizzato dal fatto di comprendere le fasi seguenti:

- preparare una pluralità di componenti freschi (10, 20, 30; 110, 120, 130) piani costituiti ciascuno da almeno uno strato piano di fibre curvilinee preliminarmente infuse con resina unito con almeno uno strato di preimpregnato con fibre rettilinee,
- eseguire una formatura a caldo di almeno parte dei componenti freschi piani in modo tale da conferire loro rispettive forme a sezione aperta, in cui almeno uno (30; 110, 120, 130) dei componenti freschi formati presenta una sezione a C,
- assemblare secondo una sequenza prestabilita i componenti freschi formati a caldo su un attrezzo di polimerizzazione, detto attrezzo comprendendo almeno un dispositivo gonfiabile sagomato (42; 42'; 42''), a cavallo del quale viene deposto almeno uno dei componenti freschi con sezione a C, e

- sottoporre i componenti freschi assemblati sull'attrezzo ad un ciclo di polimerizzazione in autoclave, in cui il dispositivo gonfiabile viene gonfiato per mezzo della pressione generata in autoclave per applicare una pressione determinata dal lato interno del/i componente/i fresco/i con sezione a C su esso applicato/i.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, in cui nella fase di preparazione vengono preparati tre componenti freschi distinti (10, 20, 30), in cui nella fase di formatura a caldo ad uno di tali componenti (30) viene conferita una forma con sezione aperta a C, mentre agli altri due (10, 20) viene conferita una forma con sezione aperta a Z, ed in cui nella fase di deposizione uno (10) dei componenti con sezione a Z viene deposto direttamente su un elemento di attrezzatura rigido (41) avente forma corrispondente, mentre l'altro (20) dei componenti con sezione a Z viene sovrapposto ad esso, detti componenti essendo assemblati in modo tale che un'ala (10b) del componente con sezione a Z (10) sull'elemento di attrezzo rigido (41) aderisca con un'ala (30b) del componente con sezione a C (30) sul dispositivo gonfiabile (42; 42'; 42''), mentre l'anima (20c) del componente con sezione a Z

(20) sovrapposto aderisce in parte con l'anima (10c) del componente con sezione a Z (10) sull'elemento di attrezzatura rigido (41) ed in parte con l'anima (30c) del componente con sezione a C (30), una prima ala (20a) del componente con sezione a Z (20) sovrapposto aderisce con l'ala libera (10a) del componente con sezione a Z (10) sull'elemento di attrezzo rigido (41), ed una seconda ala (20b) del componente con sezione a Z (20) sovrapposto aderisce con l'ala libera (30a) del componente con sezione a C (30).

3. Procedimento secondo la rivendicazione 1, in cui nella fase di preparazione vengono preparati tre componenti freschi distinti (110, 120, 130), in cui nella fase di formatura a caldo a tutti e tre tali componenti viene conferita una forma con sezione aperta a C, ed in cui nella fase di deposizione un primo (110) dei componenti viene deposto direttamente su un elemento di attrezzatura femmina rigido (141) avente un incavo (141a), mentre gli altri due componenti (120, 130), disposti a cavallo di rispettivi dispositivi gonfiabili, vengono sovrapposti al primo dopo essere stati ribaltati, detti componenti essendo assemblati in modo tale che le anime degli altri due componenti (120, 130)

aderiscano con l'anima del primo componente (110), mentre ogni ala di ciascuno dei tre componenti (110, 120, 130) aderisce con un'ala di uno degli altri due componenti.

4. Procedimento secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui il dispositivo gonfiabile è un dispositivo semirigido riutilizzabile.

5. Procedimento secondo la rivendicazione 4, in cui il dispositivo gonfiabile è costituito da un elemento di forma interno rigido (42a) su cui è applicato uno strato di gomma (42d), nell'elemento di forma (42a) essendo ricavati un passaggio longitudinale (42e) estendentesi longitudinalmente da un capo all'altro dell'elemento di forma (42a), ed un passaggio trasversale (42f) estendentesi trasversalmente dal passaggio longitudinale (42e) alla superficie laterale dell'elemento di forma (42a), in modo tale per cui il passaggio longitudinale (42e) ed il passaggio trasversale (42f) sono in grado di collegare a tenuta l'intercapedine fra strato di gomma (42d) e superficie laterale dell'elemento di forma (42a) con l'ambiente dell'autoclave.

6. Procedimento secondo la rivendicazione 4, in cui il dispositivo gonfiabile è costituito da un elemento tubolare elastomerico che definisce al suo

interno una cavità (42a') suscettibile di essere collegata a tenuta con l'ambiente dell'autoclave.

7. Procedimento secondo le rivendicazioni 1 a 3, in cui il dispositivo gonfiabile è costituito da un supporto rigido (42a'') riutilizzabile che definisce la forma del dispositivo gonfiabile e da un sacco tubolare (42'') a perdere, il quale viene calzato sul supporto rigido ed è suscettibile di essere collegato a tenuta con l'ambiente dell'autoclave.

8. Procedimento secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui l'elemento strutturale curvilineo è un assieme ordinata-shear tie integrale per una fusoliera di velivolo.

Fig. 1

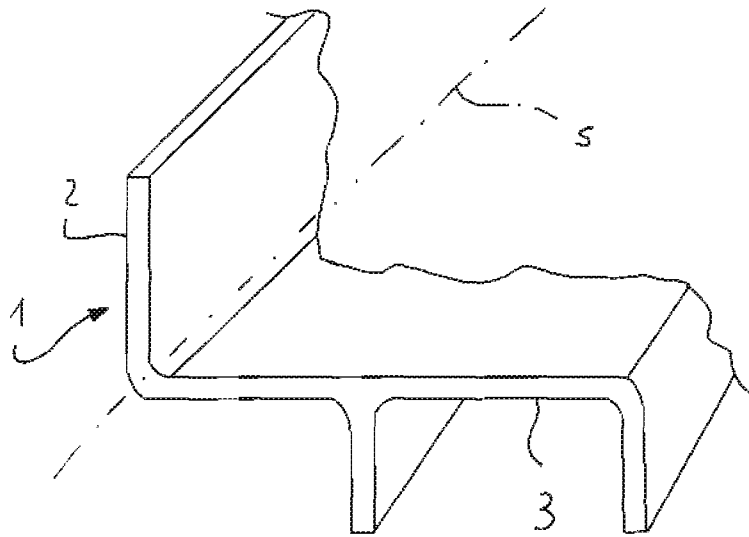


Fig. 2

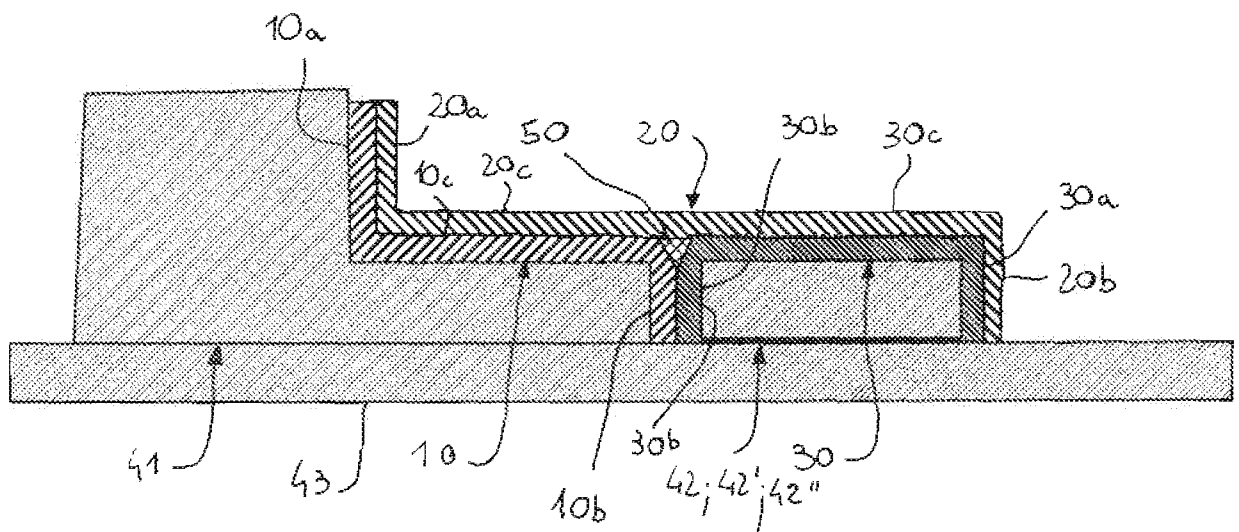


Fig. 3a

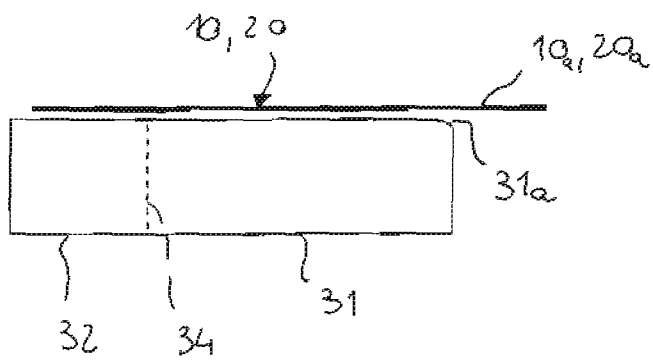


Fig. 3b

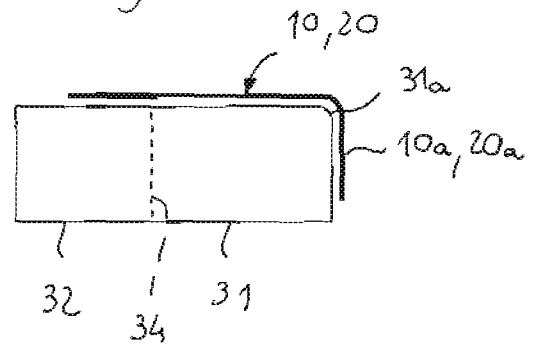


Fig. 3c

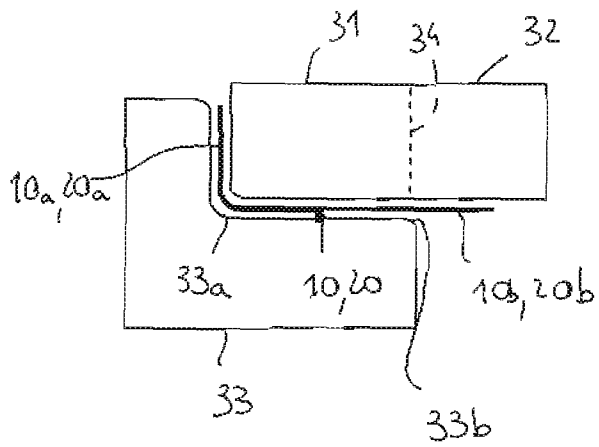


Fig. 3d

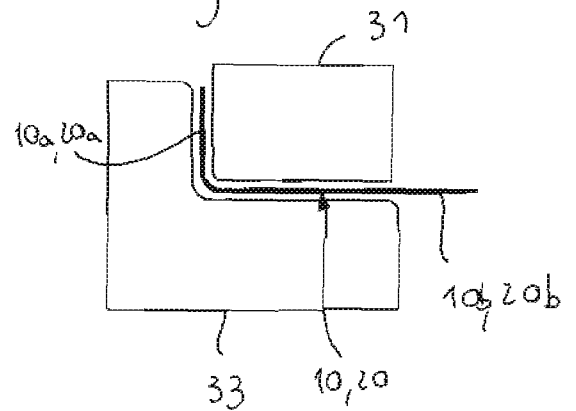


Fig. 3e

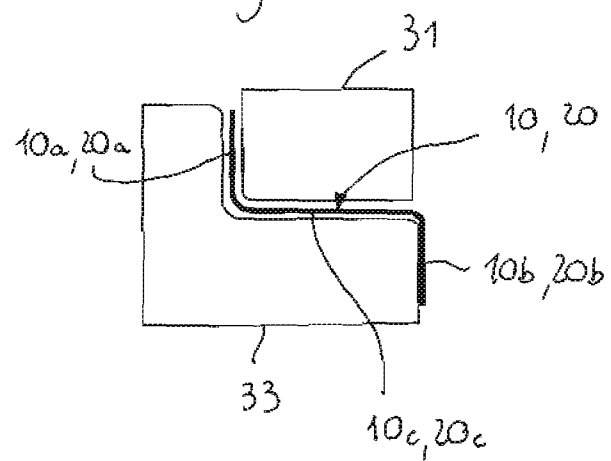


Fig. 4a

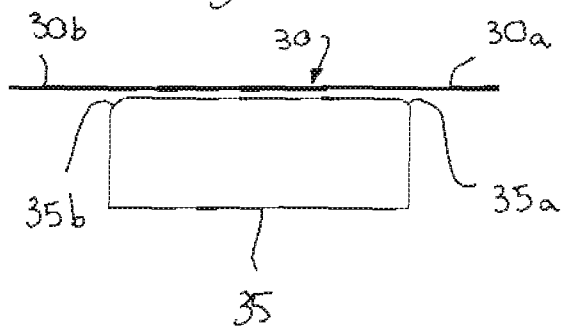


Fig. 4b

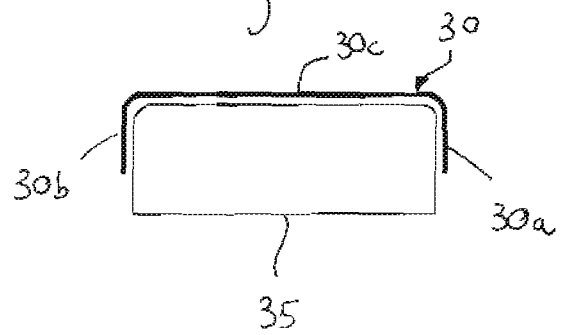


Fig. 5

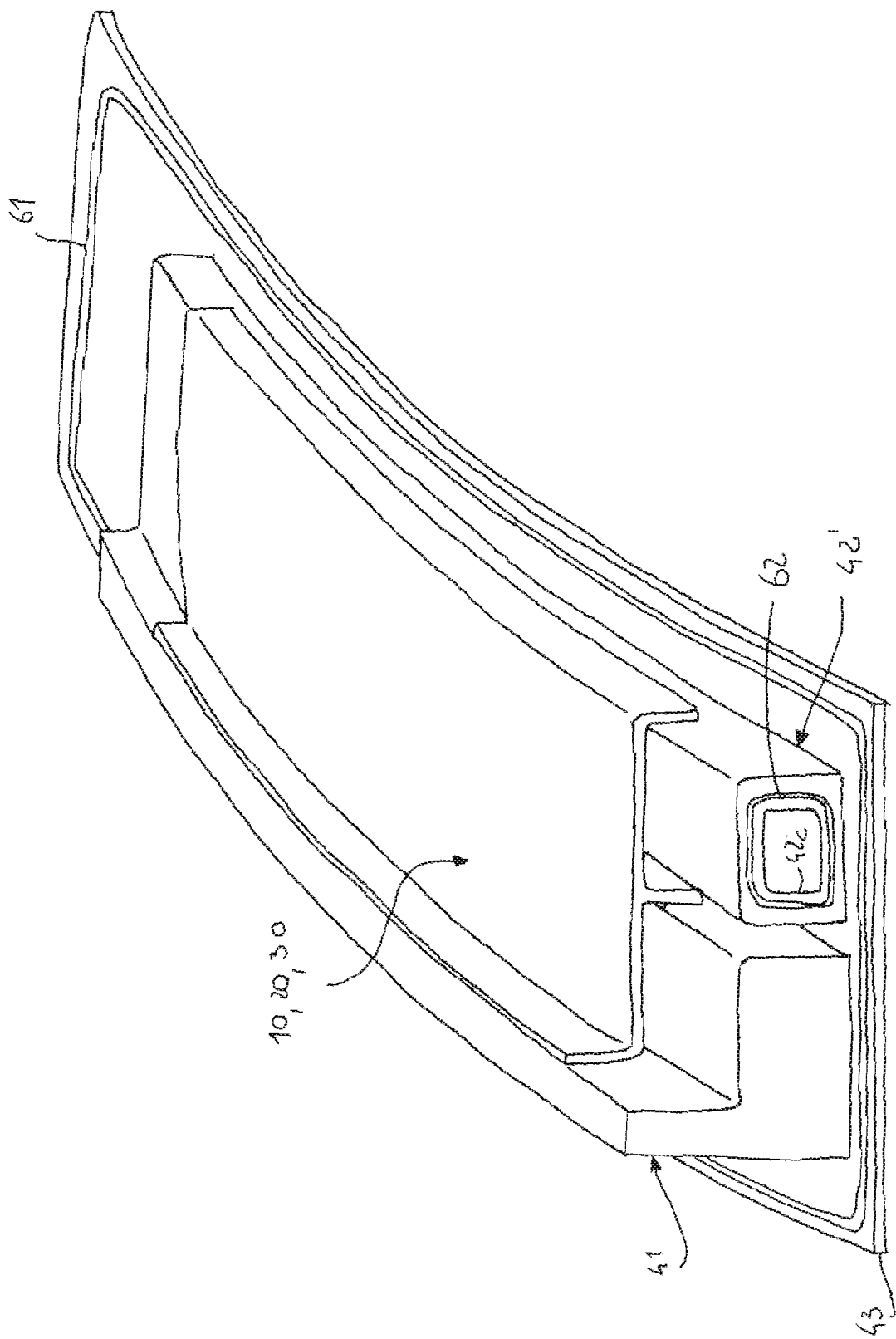


Fig. 6

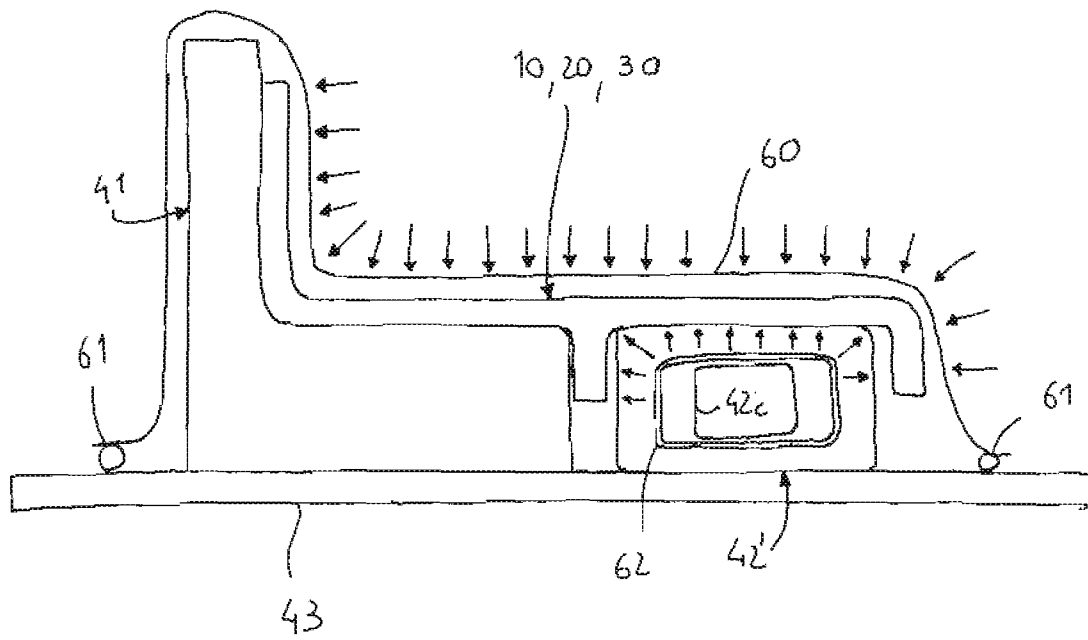


Fig. 8

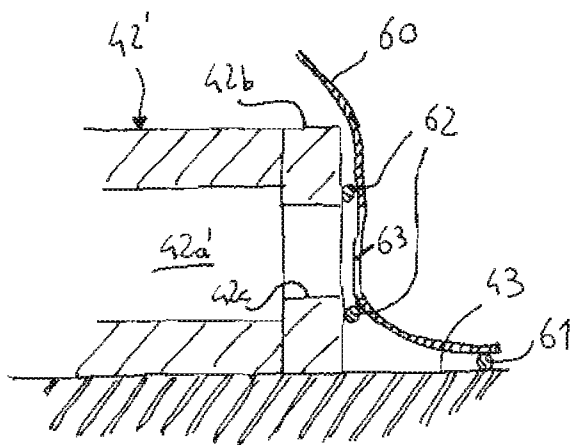


Fig. 9

