

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901935199A1

Publication Date

20121012

Applicant

ALENIA AERONAUTICA S.P.A.

Title

PROCEDIMENTO PER LA FABBRICAZIONE DI MANUFATTI IN MATERIALE
COMPOSITO CON STRUTTURA A SANDWICH A SEZIONE CHIUSA

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:
"Procedimento per la fabbricazione di manufatti in
materiale composito con struttura a sandwich a se-
zione chiusa"

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

Inventore designato: PIZZOLU Ruggero

Depositata il: 12 aprile 2011

DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda la fabbrica-
zione di manufatti con struttura a sandwich a se-
zione chiusa, comprendenti un'anima (*core*) di mate-
riale leggero circondata da un guscio o pelle di
materiale composito, tipicamente carboresina.
L'invenzione è destinata a trovare applicazione, in
particolare ma non esclusivamente, nel settore del-
la costruzione di aeromobili, ad esempio per la
fabbricazione di superfici mobili come impennaggi o
parti di fusoliera e pannellature in generale di
svariate forme e dimensioni. Più in generale,
l'invenzione è applicabile in qualsiasi settore (ad
esempio nell'industria automobilistica) dove è sen-
tita l'esigenza di avere elementi strutturali rigi-

di e leggeri.

Nelle applicazioni sino ad oggi prevalenti, l'anima è costituita da uno o più pezzi di materiale a nido d'ape. Il procedimento di fabbricazione inizia con la laminazione di uno strato di materiale composito termoindurente polimerizzabile rinforzato di fibre in una condizione non polimerizzata; questo primo strato, destinato a costituire una parte del guscio esterno del manufatto, viene laminato su un attrezzo di formatura inferiore di un'attrezzatura di polimerizzazione a stampo e controstampo (*matched mould*) conformato in modo tale da conferire allo strato composito una forma prestabilita. Successivamente si incolla sopra lo strato laminato un blocco, non ancora sagomato, di materiale a nido d'ape e si trasferisce l'insieme in autoclave, causando la polimerizzazione dello strato inferiore di materiale composito. A polimerizzazione avvenuta, il corpo comprendente il materiale a nido d'ape e lo strato polimerizzato viene trasferito ad una macchina di lavorazione a controllo numerico a 5 assi che lavora la faccia del materiale a nido d'ape ancora scoperta, conferendo ad essa una forma prestabilita. Il corpo viene poi riportato sull'attrezzo di formatura inferiore, e

si lamina un secondo strato di materiale composito termoindurente rinforzato di fibre in una condizione non polimerizzata sulla faccia del blocco a nido d'ape appena lavorata a macchina. Si chiude sopra il secondo strato laminato un attrezzo formatore superiore dell'attrezzatura di polimerizzazione e si effettua un secondo ciclo di polimerizzazione in autoclave. A seconda della complessità della forma dell'anima, possono essere necessari ulteriori lavorazioni a macchina seguite da relativi trasferimenti in autoclave per ulteriori cicli di polimerizzazione.

È scopo dell'invenzione fabbricare manufatti del tipo sopra discusso in modo più semplice, rapido ed economico, facendo uso di attrezzature meno costose di quelle utilizzate tradizionalmente. Si desidera, in particolare, realizzare manufatti aventi elevata precisione di forma e dimensioni, evitando però il ricorso a macchine di lavorazione a controllo numerico di grosse dimensioni, svantaggiose da un punto di vista economico. Si desidera inoltre rendere semplici le operazioni di manipolazione e trasferimento nello stabilimento di produzione.

Questi ed altri scopi e vantaggi, che saranno

compresi meglio in seguito sono raggiunti, secondo l'invenzione, da un procedimento come definito nelle rivendicazioni annesse.

Verrà ora descritta una forma di attuazione preferita ma non limitativa del procedimento secondo l'invenzione; si fa riferimento ai disegni allegati, in cui:

la figura 1 è una vista schematica in sezione orizzontale di un'attrezzatura di polimerizzazione a stampo e controstampo, in condizione chiusa, per la formatura in autoclave del guscio di composito di un manufatto avente un'anima di materiale leggero;

la figura 2 è una vista schematica in sezione trasversale, in scala ingrandita, secondo la linea II-II della figura 1; e

la figura 3 è vista prospettica schematica di una fase di taglio di un blocco di materiale leggero per l'ottenimento di uno dei segmenti componenti l'anima del manufatto delle figure 1 e 2.

Facendo inizialmente riferimento alle figure 1 e 2, è indicata con 10 un'attrezzatura di polimerizzazione, di tipo di per sé noto, comprendente uno stampo inferiore 11 ed un controstampo superiore 12 (di per sé noti come "matched mould"), defi-

menti insieme una cavità di stampaggio capace di conferire una determinata forma esterna finale ad un manufatto o elemento strutturale 14 mediante l'applicazione contemporanea di pressione e temperatura, particolarmente, ma non esclusivamente, in autoclave. L'elemento strutturale 14, in questo esempio una superficie di comando di aeromobile, ha una struttura a sandwich a sezione chiusa, con un'anima (*foam core*) 15 di materiale leggero circondata da un guscio o pelle 16 di carboresina o altro materiale composito termoindurente polimerizzabile rinforzato di fibre, indifferentemente di tipo lungo o corto.

In una prima fase del procedimento, si lamina sull'attrezzo inferiore 11 una serie di strati sovrapposti o pelli di materiale composito fresco 16, ad esempio deponendo in successione tele o fibre unidirezionali (tipicamente di fibre di carbonio) preimpregnate di resina termoindurente non polimerizzata, secondo modalità note che non necessitano di essere qui descritte in dettaglio.

Per realizzare l'anima 15, si predispongono una pluralità di segmenti d'anima consecutivi 15a-15d, che vengono posizionati uno adiacente all'altro lungo una direzione x qui definita longi-

tudinale, sopra lo strato inferiore fresco 16. In tutta la presente descrizione e nelle rivendicazioni, termini ed espressioni che indicano posizioni e direzioni quali "longitudinale" e "trasversale" sono da intendersi riferite alla direzione x. Espressioni quali "interno", "esterno", "superiore" o "inferiore" sono, invece, riferite all'attrezzatura di stampaggio.

In altri termini, l'anima 15 è frazionata e composta dall'insieme dei segmenti d'anima 15a-15d, aventi in questo esempio la forma di tronchi di prisma allineati nella direzione x. Ai segmenti d'anima viene conferita la forma desiderata mediante il taglio di blocchi (in questo esempio parallelepipedi) di schiuma a cella chiusa. A scopo indicativo possono essere considerati materiali adatti allo scopo: Klegecell® TR o Divinycell® HT della ditta DIAB o in alternativa Rohacell Type A o WF.

Uno di questi blocchi di schiuma, in questo esempio di forma parallelepipedica, è rappresentato con 15' nella figura 3. Per il taglio del blocco è conveniente utilizzare un utensile a filo teso tondo sottile diamantato 20. In alternativa, a seconda del tipo di schiuma prescelto, può essere preferibile utilizzare un utensile di taglio a filo caldo.

I blocchi 15' sono ottenuti a partire da un blocco iniziale (non illustrato), il quale viene così suddiviso preliminarmente in più blocchi 15' aventi ciascuno una dimensione massima prestabilita in funzione del manufatto da fabbricare; vantaggiosamente si scelgono dimensioni tali da rispettare la scomposizione scelta in fase progettuale e tali da agevolare la manipolazione ed il trasporto manuale dei singoli blocchi. Ciascun blocco 15' (figura 3) viene trattenuto tra una coppia di dime laterali 18a, 18b, che riproducono ciascuna il profilo o sagoma 19a, 19b delle due rispettive estremità dei segmenti d'anima.

Le dime servono anche da guide di controllo per tracciare il taglio dei blocchi in modo tale da conferire ad essi una sagoma corrispondente a quella di una porzione della cavità di stampaggio, compresa tra l'attrezzo inferiore e l'attrezzo superiore. Il filo diamantato che esegue il taglio vibra in moto alternato in direzione perpendicolare alle dime, e quindi in direzione sostanzialmente parallela alla direzione longitudinale x dell'anima.

I profili 19a, 19b delle dime 18a, 18b hanno dimensioni leggermente eccedenti rispetto alle di-

mensioni nominali previste, riferite cioè allo spazio libero nella cavità di stampaggio definita tra gli elementi 11 e 12 dell'attrezzatura a stampo e controstampo 10. In altre parole, le dime 18a, 18b definiscono contorni (o sagome o profili) 19a, 19b aventi forme corrispondenti a sezioni trasversali della cavità di stampaggio, ma dimensioni leggermente maggiorate rispetto al cosiddetto "net trim" e alla cavità di stampaggio, come indicato qui di seguito.

L'entità della maggiorazione o sovradimensionamento dei segmenti d'anima rispetto allo stampo dipende da una serie di fattori, primo fra tutti il tipo di schiuma, la sua densità ed il suo "*softening point*". Con questa espressione, si intende la temperatura di formabilità, cioè la temperatura, tabellata per ciascun tipo di schiuma, alla quale è possibile deformarlo plasticamente. Si deve anche tenere conto della dimensione dello stampo considerate nella direzione di apertura e chiusura, della temperatura e della pressione di polimerizzazione previste in autoclave. Il margine o strato eccedente dei segmenti d'anima può essere indifferentemente previsto sul lato superiore o sul lato inferiore dei segmenti, o su entrambi. Studi preliminari ef-

fettuati dalla Richiedente hanno dimostrato che risultati eccellenti, in termini di precisione del manufatto finito, possono essere ottenuti se i segmenti d'anima sono sovradimensionati, quando considerati in piani trasversali o perpendicolari alla direzione x , di circa 0,2 - 1,5 mm rispetto al cosiddetto "net trim". Con questa dicitura si indica la dimensione nominale determinata dalla cavità di stampaggio in condizione chiusa, al netto dello spessore degli strati di materiale composito che circondano l'anima. L'invenzione non è limitata al suddetto "range" specifico e ottimale.

I segmenti d'anima 15a-15d vengono poi rivestiti con uno strato 21 di adesivo espandente sugli spigoli (secondo modalità di per sé note), sulle zone più sottili e sulle superfici che sono affacciate a segmenti adiacenti. L'adesivo espandente serve a garantire che in tutte le zone della cavità di stampaggio la pressione del materiale sia sostanzialmente uniforme e comunque non insufficiente, e per garantire inoltre che eventuali gap o vuoti (ad esempio a causa di rotture delle zone periferiche più sottili dell'anima) siano riempiti di materiale, con ottenimento della forma finale del manufatto secondo i requisiti di progetto. Anche le

intercapedini tra due segmenti consecutivi sono riempite da adesivo espandente che, ad indurimento effettuato darà luogo a setti trasversali longitudinalmente distanziati 24. Quali resine espandenti, a titolo indicativo, possono utilizzati i prodotti SynSpand 9899 e SynSpand 9890 commercializzati dalla ditta Henkel.

Secondo una forma di attuazione preferita, i segmenti d'anima vengono depositati sull'attrezzo inferiore ponendo a contatto con questo una parte dei segmenti che non è stata sovradimensionata o il cui sovradimensionamento sia quello minimo rispetto agli altri lati. In questo modo si dà la possibilità ai segmenti di adagiarsi meglio nello stampo da un lato dove eventuali difetti di non perfetto accoppiamento tra le superfici di due segmenti adiacenti siano minimi.

Contemporaneamente o successivamente alla laminazione del materiale composito 16 sull'attrezzo inferiore, anche sull'attrezzo superiore 12 si lamina una serie di strati sovrapposti o pelli di materiale composito 26 comprendente resina termoindurente polimerizzabile in una condizione non polimerizzata rinforzata di fibre, secondo le stesse modalità seguite per gli strati inferiori.

Quindi, dopo aver posizionato nello stampo o attrezzo inferiore 11 i segmenti d'anima opportunamente rivestiti di adesivo espandente, si posa lo stampo superiore 12 con gli strati laminati superiori 26 sopra i segmenti d'anima. Le diverse parti dell'attrezzatura a stampo e controstampo sono accoppiate con precisione mediante perni di centraggio conici 17. A causa del sovradimensionamento sopra descritto, lo stampo non si chiude in accoppiamento completo in questa fase.

Si applica quindi un sacco a vuoto 22 con un nastro sigillante periferico 23, secondo in modo di per sé convenzionale, e si pone lo stampo in autoclave per la polimerizzazione. Vantaggiosamente si esegue un singolo ciclo di polimerizzazione che produce la polimerizzazione dell'intero guscio di materiale composito, e quindi sia della parte superiore e sia di quella inferiore. L'utilizzazione di un'autoclave non è indispensabile per l'applicazione delle temperature e pressioni necessarie alla polimerizzazione; il procedimento può essere ugualmente attuato utilizzando stampi riscaldabili e posti sotto una pressa.

Il ciclo di polimerizzazione deve osservare una serie di fasi predefinite in funzione del tipo

di schiuma. Inizialmente si esegue una fase di riscaldamento senza l'applicazione di pressione. La fase di riscaldamento prevede rampe di gradiente termico opportuno (ad esempio 5°C/min) fino al raggiungimento di una temperatura che si avvicina ad un valore di temperatura non inferiore al 75% e non superiore al 100% del cosiddetto *softening point* (o punto di rammollimento o temperatura di formabilità) che dipende dal tipo di schiuma. In generale la rampa deve essere sufficientemente lenta per non danneggiare la schiuma né causare una polimerizzazione precoce della resina.

Al raggiungimento della suddetta condizione di rammollimento (o formabilità) dell'anima, segue una fase nella quale la temperatura viene mantenuta costante, con l'applicazione controllata di pressione regolata dall'autoclave con una rampa ad esempio di 1 bar/ogni 5 minuti, fino a raggiungere una pressione costante predeterminata, ad esempio di 2-10 bar, in base alle caratteristiche meccaniche della schiuma costituente l'anima. La pressione applicata progressivamente in questa fase provoca una deformazione plastica della schiuma, con un conseguente incremento di densità dei segmenti d'anima, soprattutto nelle zone dove i segmenti sono maggiorati.

La stessa pressione esercitata dall'autoclave, o dalla pressa che agisce sull'attrezzatura di polimerizzazione, causa la chiusura dello stampo.

Segue una fase di stasi a temperatura e pressione sostanzialmente costanti per consentire la polimerizzazione della resina. Infine si consente il raffreddamento con una rampa preferibilmente lenta (ad esempio di 1°C/min) fino al raggiungimento dei 2/3 del rammollimento (*softening point*) della schiuma. La scelta della resina e degli adesivi da utilizzare deve essere correlata al tipo di schiuma, in modo tale che la resina presenti un grado di viscosità che ne consente la lavorabilità al raggiungimento della temperatura alla quale si verifica il rammollimento della schiuma. In altre parole, il tempo di gelificazione (o "Gel Time") della resina deve essere maggiore del tempo di cui la schiuma necessita per raggiungere il suo *softening point*, o almeno ci si avvicini al 70-80% affinché la resina non risulti precocemente polimerizzata. Diversi tipi di schiuma e di resina richiedono ogni volta una diversa e appropriata applicazione dei carichi di pressione e temperatura.

Come si potrà apprezzare, il procedimento permette di fabbricare manufatti aventi elevata preci-

sione dimensionale senza ricorrere a costose apparecchiature a controllo numerico, ma sfruttando la formabilità del materiale costituente l'anima per arrivare alla geometria desiderata determinata con precisione dallo stampo e controstampo dell'attrezzatura di polimerizzazione.

Rispetto alla tecnica nota che utilizza macchine di lavorazione a controllo numerico per la fabbricazione dell'anima, con la presente invenzione si consegue un notevole risparmio di tempo, poiché non è più necessario effettuare lunghi e costosi controlli dimensionali al termine della fabbricazione dell'anima.

Se si sceglie di utilizzare un'autoclave, il procedimento richiede un singolo passaggio in autoclave, minimizzando i trasferimenti all'interno dello stabilimento industriale.

La scomposizione dell'anima in segmenti di dimensioni maneggevoli agevola il lavoro agli operatori e rende superflue apparecchiature dedicate per lo spostamento delle tradizionali e ingombranti anime monopezzo all'interno dello stabilimento. Per fare un esempio, un impennaggio di velivolo di 5 e più metri di lunghezza può essere allestito componendo segmenti d'anima lunghi ciascuno circa 0,5

metri. Gli studi svolti in via sperimentale indicano che l'invenzione permette un risparmio di tempo di circa il 40% rispetto ad un processo tradizionale del tipo menzionato nell'introduzione.

L'incremento di densità che si ottiene nelle zone dell'anima inizialmente maggiorate comporta un incremento delle caratteristiche meccaniche dell'anima, che vantaggiosamente risulterà più rigida nelle zone periferiche immediatamente adiacenti al guscio di materiale composito. Queste zone, all'interfaccia con gli strati esterni di composito, sono di fatto le parti dell'anima maggiormente assoggettate a sforzi di taglio. Il loro irrigidimento, pertanto, incrementa la resistenza strutturale complessiva del manufatto.

Un ulteriore vantaggio conferito dalla presente invenzione risiede nel fatto che non occorre una precisione particolarmente elevata per effettuare il taglio dei blocchi al fine di ottenere i segmenti d'anima. Più in particolare, non è indispensabile che la maggiorazione o sovradimensionamento dei segmenti d'anima sia costante o uniforme in tutta la loro parte periferica. Grazie al fatto che i segmenti d'anima devono essere formati (e quindi tagliati) sovradimensionati, eventuali segmenti

d'anima tagliati in modo tale da eccedere localmente il sovradimensionamento prestabilito possono essere ugualmente utilizzati senza richiedere ulteriori lavorazioni, dato che le eccedenze di schiuma rispetto alle dimensioni nominali vengono eliminate sfruttando la capacità della schiuma di deformarsi plasticamente sotto l'azione del carico pressotermico applicato. Il taglio dei segmenti d'anima può vantaggiosamente essere effettuato in modo relativamente grezzo, con rapidità e con l'ausilio di apparecchiature notevolmente meno costose rispetto a quelle utilizzate finora, così come discusso nella parte introduttiva della presente descrizione.

Per evitare che i segmenti d'anima siano tagliati con zone superficiali di dimensioni minori rispetto alle dimensioni nominali, sarà sufficiente scegliere una macchina di taglio avente una tolleranza minore del sovradimensionamento prestabilito in funzione del tipo di schiuma.

Si intende che l'invenzione non è limitata alla particolare forma di attuazione qui descritta ed illustrata, che è da considerarsi come un esempio di fabbricazione. L'invenzione è suscettibile di modifiche relative a forme, dimensioni, disposizioni di parti, materiali utilizzati e modalità a di

applicazione della temperatura e pressione in autoclave, al fine di fabbricare virtualmente qualsiasi manufatto con struttura a sandwich a sezione chiusa avente un'anima di materiale leggero circondata da un guscio di materiale composito. Ad esempio, il frazionamento dell'anima, e cioè la suddivisione in un numero maggiore (o minore) di segmenti di lunghezza minore (o maggiore) potrà variare in funzione della forma e delle dimensioni dell'anima, della sua complessità, della sua variazione lungo la direzione x , e del livello di precisione dimensionale da conseguire. Diverse coppie di dime con relative sagome potranno essere predisposte per tagliare segmenti d'anima secondo le esigenze contingenti di progetto. Infine, a seconda della forma e delle dimensioni del manufatto, i segmenti d'anima potranno essere disposti in adiacenti l'uno all'altro secondo più di una direzione predeterminata, ad esempio secondo due o più fasci di rette parallele, ad esempio secondo uno schema a griglia.

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per la fabbricazione di un manufatto con struttura a sandwich a sezione chiusa, comprendente un'anima (15) di materiale leggero circondata da un guscio di materiale composito, il procedimento comprendendo le fasi seguenti:

- predisporre un'attrezzatura di polimerizzazione a stampo e controstampo (10) definente una cavità di stampaggio e comprendente almeno un attrezzo di formatura inferiore (11) ed almeno un attrezzo di formatura superiore (12);

- laminare sull'attrezzo di formatura inferiore (11) una prima serie di strati sovrapposti (16) di materiale composito termoindurente polimerizzabile rinforzato di fibre in una condizione non polimerizzata;

- laminare sull'attrezzo di formatura superiore (12) una seconda serie di strati sovrapposti (26) di materiale composito termoindurente polimerizzabile rinforzato di fibre in una condizione non polimerizzata;

- predisporre una pluralità di segmenti d'anima (15a-15d), ottenuti da blocchi (15') di schiuma a cella chiusa, atti a costituire insieme l'anima (15) del manufatto;

- posare i segmenti d'anima (15a-15d) adiacenti l'uno all'altro su detta prima serie di strati (16) secondo almeno una direzione predeterminata (x), dove i segmenti d'anima sono sovradimensionati, quando considerati in un piano trasversale a detta direzione predeterminata, di uno spessore predeterminato rispetto alla dimensione nominale determinata dalla cavità di stampaggio in condizione chiusa, al netto dello spessore della prima (16) e della seconda (26) serie di strati compositi;
- posare l'attrezzo di formatura superiore (12) con la seconda serie di strati (26) sopra i segmenti d'anima (15a-15d), senza chiudere completamente lo stampo e controstampo (10, 11, 12);
- inizialmente applicare una temperatura controllata tale da permettere la deformazione plastica dei segmenti d'anima (15a-15d),
- successivamente applicare temperatura e pressione per provocare la chiusura completa dello stampo e controstampo (10, 11, 12), e la polimerizzazione della matrice resinosa termoindurente degli strati laminati (16, 26).

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, in cui la iniziale fase di applicazione della temperatura include una fase di riscaldamento controllato,

senza l'applicazione di pressione sull'attrezzatura di polimerizzazione, fino al raggiungimento di una determinata temperatura non inferiore al 75% e non superiore al 100% del softening point del materiale di schiuma a cella chiusa costituente i segmenti d'anima (15a-15d).

3. Procedimento secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui detta fase successiva di applicazione di temperatura e pressione include le fasi di:

- applicare progressivamente la pressione sull'attrezzatura di polimerizzazione fino a raggiungere un livello di pressione predeterminato, con conseguente chiusura completa di stampo e controstampo, e

- al raggiungimento di quel livello di pressione predeterminato, mantenere quella pressione sostanzialmente costante.

4. Procedimento secondo la rivendicazione 3, in cui la temperatura è mantenuta sostanzialmente costante durante dette fasi di applicazione progressiva della pressione e di mantenimento del livello di pressione predeterminato.

5. Procedimento la rivendicazione 1, in cui la fase di polimerizzazione della matrice resinosa termoindurente degli strati laminati (16, 26) pre-

vede l'applicazione di pressione e temperatura costanti, e detta fase di polimerizzazione è seguita da una fase finale di raffreddamento controllato fino a raggiungere una temperatura che corrisponde a circa 2/3 del softening point della schiuma costituente l'anima.

6. Procedimento secondo qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la matrice resinosa termoidurente degli strati laminati (16, 26) è scelta in modo tale da avere un tempo di gelificazione non inferiore al 70% del tempo impiegato dalla schiuma per raggiungere il softening point, così da prevenire una polimerizzazione precoce della matrice resinosa.

7. Procedimento secondo qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui ai segmenti d'anima viene conferita la forma desiderata mediante il taglio di blocchi di schiuma a cella chiusa (15').

8. Procedimento secondo la rivendicazione 7, in cui ciascun blocco di schiuma viene trattenuto tra una coppia di dime laterali (18a, 18b) che riproducono ciascuna il profilo (19a, 19b) di una delle due rispettive estremità di un segmento d'anima (15a-15d).

9. Procedimento secondo la rivendicazione 8, in

cui i blocchi (15') vengono tagliati per mezzo di un filo (20) teso in una direzione perpendicolare alle dime, e quindi in direzione sostanzialmente parallela a detta direzione predeterminata (x).

10. Procedimento secondo la rivendicazione 7, in cui il taglio è effettuato per mezzo di una macchina di taglio avente una tolleranza minore del sovradimensionamento prestabilito in funzione del tipo di schiuma a cella chiusa costituente i segmenti d'anima.

11. Procedimento secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, in cui i segmenti d'anima (15a-15d) vengono depositati sull'attrezzo di formatura inferiore (11) ponendo a contatto con questo una parte dei segmenti che non è stata sovradimensionata o il cui sovradimensionamento sia quello minimo rispetto agli altri lati dei segmenti d'anima.

12. Procedimento secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, in cui il sovradimensionamento dei segmenti d'anima rispetto a dette dimensioni nominali, è compreso tra circa 0,2 mm e circa 1,5 mm.

CLAIMS

1. A method of manufacturing a product of composite material having a closed section sandwich structure including a core (15) of lightweight material surrounded by a shell of composite material, the method comprising the following steps:

- providing a matched mould curing tooling (10) defining a molding cavity and including at least a lower forming tool (11) and at least an upper forming tool (12);
- laminating on the lower forming tool (11) a first set of layers (16) of fiber reinforced thermosetting composite material in an uncured condition;
- laminating on the upper forming tool (12) a second set of layers (26) of fiber reinforced thermosetting composite material in an uncured condition;
- providing a plurality of core segments (15a-15d), made from blocks (15') of closed cell foam adapted to compose together the core (15) of the product;
- laying the core segments (15a-15d) adjacent to one another on the first set of layers (16) according to at least a predetermined direction (x),

wherein the core segments are oversized, when considered in a plane transversal to said predetermined direction, by a predetermined thickness with respect to the nominal size determined by the molding cavity with closed, minus the thickness of the first (16) and second (26) sets of composite layers;

- laying the upper forming tool (12) with the second set of layers (26) over the core segments (15a-15d), without closing completely the matched mould (10, 11, 12);

- initially applying a controlled temperature to allow the plastic deformation of the core segments (15a-15d);

- then applying pressure and temperature to cause the complete closure of the matched mold (10, 11, 12), and cure the thermosetting resin matrix of the laminated layers (16, 26).

2. The method of claim 1, wherein the initial phase of applying temperature includes a controlled heating step without applying pressure on the curing tooling, until the temperature reaches a predetermined temperature not below 75% and not exceeding 100% of the softening point of the closed cell foam material constituting the core segments (15a-

15d).

3. The method of claim 1 or 2, wherein said subsequent step of applying pressure and temperature includes the steps of:

- progressively applying pressure on the curing tooling until the pressure reaches a predetermined level of pressure, resulting in the complete closure of the matched mould, and
- upon reaching that predetermined pressure level, keeping that pressure substantially constant.

4. The method of claim 3, wherein the temperature is kept substantially constant during said steps in which pressure is first applied gradually and then kept at the predetermined pressure level.

5. The method of claim 1, wherein the step of curing the thermosetting resin matrix of the laminated layers (16, 26) provides for the application of constant pressure and temperature, and wherein said curing step is followed by a final controlled cooling step up to reaching a temperature which corresponds to about 2/3 of the softening point of the foam constituting the core.

6. The method of any of the preceding claims, in which the thermosetting resin matrix of the laminated layers (16, 26) is chosen so as to have a gel

time of not less than 70% of the time it takes for the foam to reach the softening point, so as to prevent premature polymerization of the resin matrix.

7. The method of any of the preceding claims, wherein the core segments are given the desired shape by cutting closed cell foam blocks (15').

8. The method of claim 7, wherein each block of foam is held between a pair of lateral templates (18a, 18b) each having the profile (19a, 19b) of one of the two respective ends of a core segment (15a-15d).

9. The method of claim 8, wherein the blocks (15') are cut by a wire (20) stretched in a direction perpendicular to the templates, and therefore in a direction substantially parallel to said predetermined direction (x).

10. The method of claim 7, wherein the cut is made by a cutting machine having a tolerance below the predetermined oversizing, which oversizing depends on the type of closed cell foam core constituting the core segments.

11. The method of any of the preceding claims, wherein the core segments (15a-15d) are laid on the lower forming tool (11) placing this in contact

with parts of the core segments that have not been oversized or the oversizing of which is the minimum compared to the other sides of the core segments.

12. The method of any of the preceding claims, wherein the oversizing of the core segments with respect to the nominal size, is between about 0.2 mm and 1.5 mm.

FIG.2

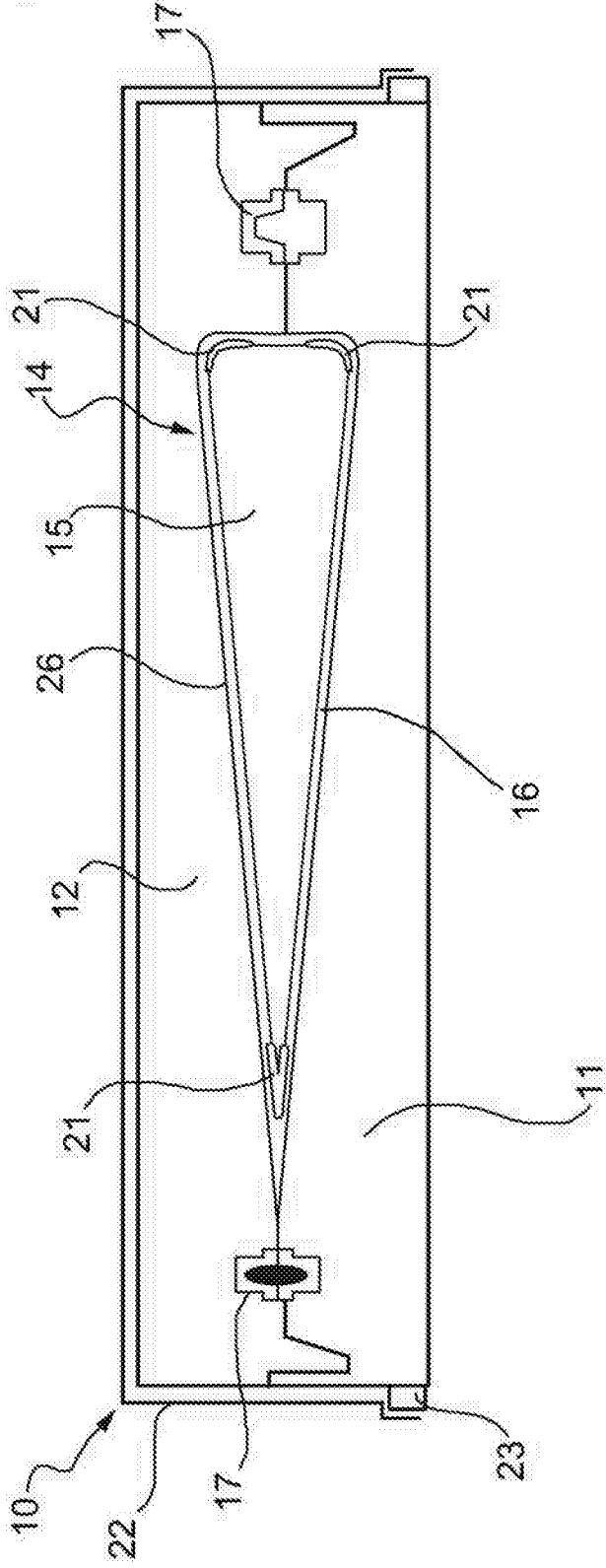
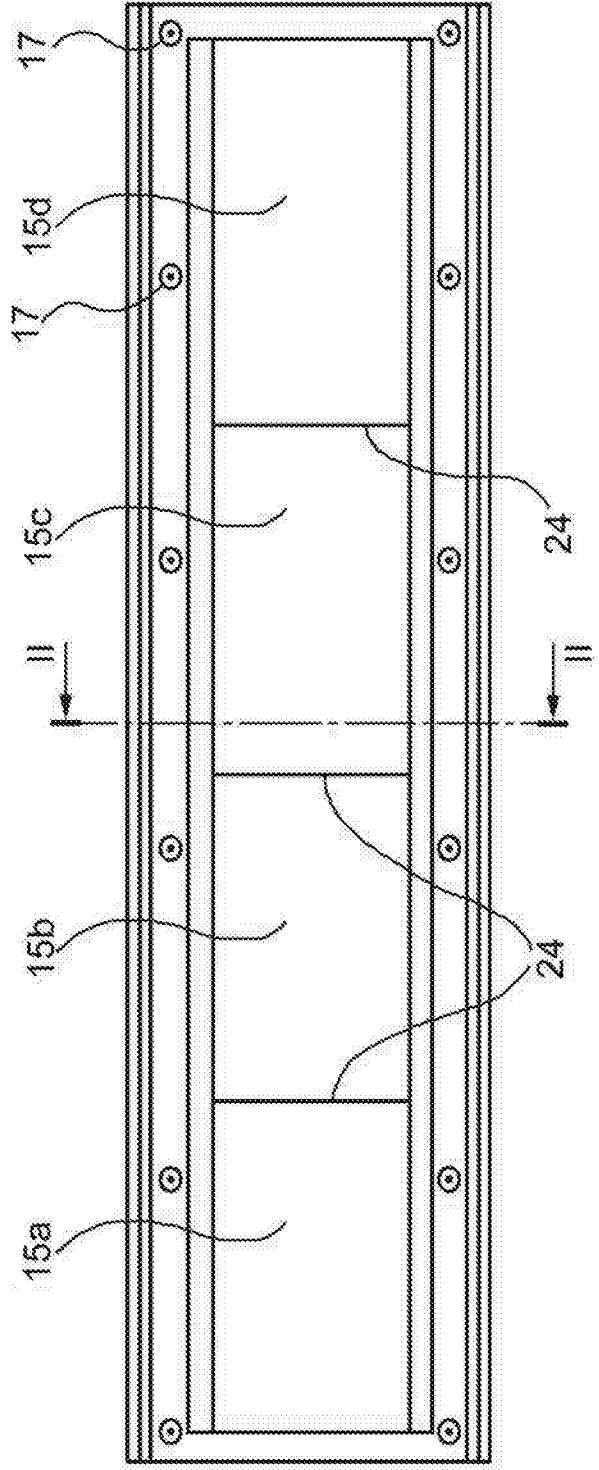


FIG.1



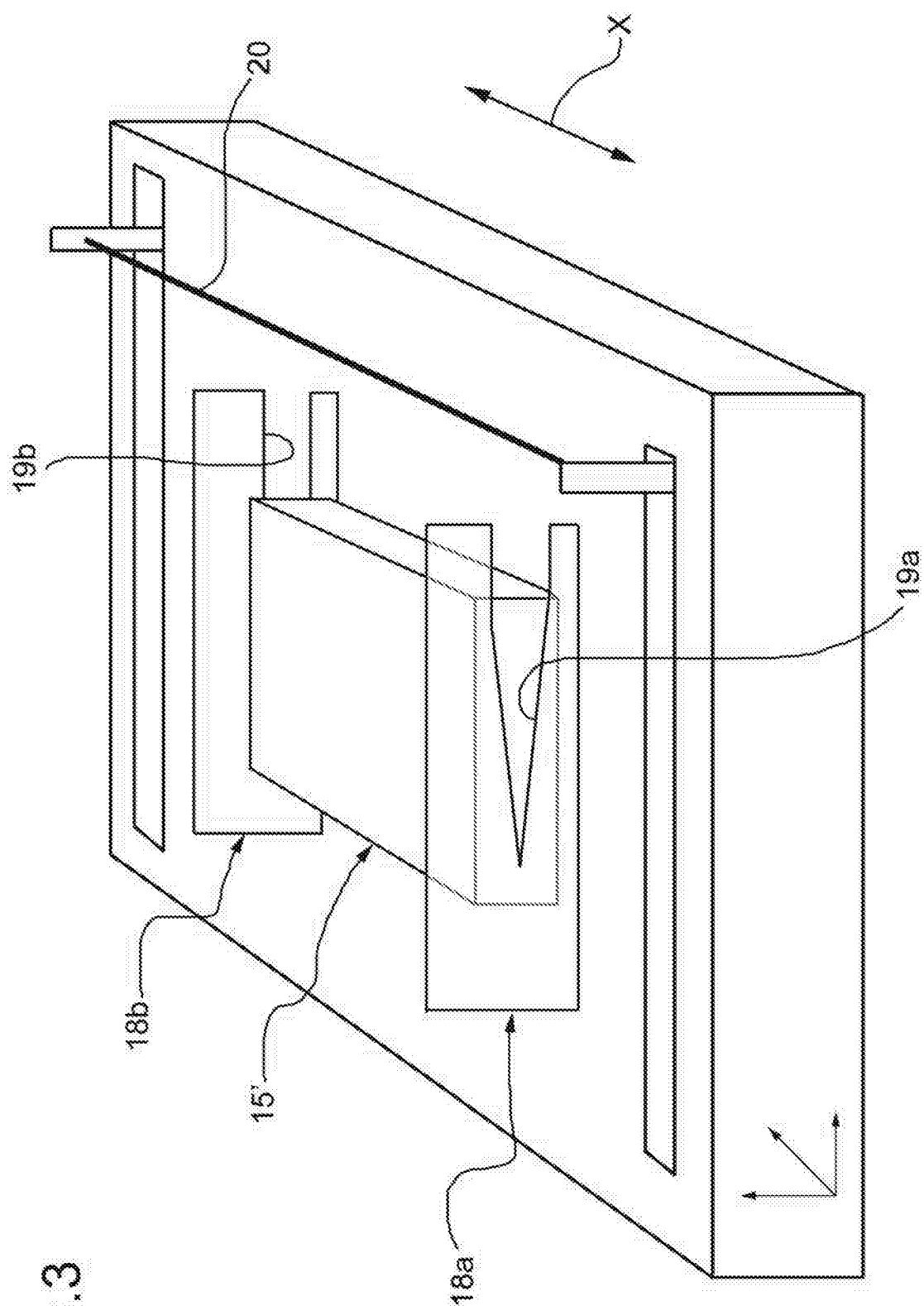


FIG. 3