

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902050064A1

Publication Date

20131114

Applicant

AUTOMOBILI LAMBORGHINI S.P.A.

Title

PROCESSO E DISPOSITIVI PER FABBRICARE PRODOTTI IN MATERIALI
COMPOSITI

PROCESSO E DISPOSITIVI PER FABBRICARE PRODOTTI IN MATERIALI COMPOSITI

La presente invenzione riguarda un processo per fabbricare prodotti in materiali
5 compositi, nonché dispositivi di stampaggio, in particolare stampi e relativi master, che
possono essere impiegati per realizzare tale processo.

Il noto processo RTM (Resin Transfer Molding) impiega stampi realizzati in
acciaio per resistere alle alte pressioni, anche maggiori di 15 bar, necessarie per
l'iniezione della resina.

10 La sagomatura degli strati di fibre e la successiva loro deposizione negli stampi
può essere automatizzata, rendendo molto più ripetibili ed economiche le parti prodotte
con questo processo, tuttavia gli stampi del processo RTM sono pesanti, costosi ed
ingombranti. Inoltre, gli stampi metallici richiedono una progettazione complessa che
deve tenere conto della loro dilatazione termica durante il ciclo di polimerizzazione
15 della resina, per evitare che il prodotto stampato possa bloccarsi all'interno di uno
stampo.

EP 1721719, US 2008/203601 A1 e FR 2864801 descrivono processi RTM in cui
gli stampi sono realizzati in materiali compositi. In particolare, gli stampi descritti in FR
2864801 sono a loro volta realizzati mediante un processo RTM in cui la resina viene
20 iniettata solo dopo che le fibre sono state disposte tra uno stampo in materiale
composito ed un master od una dima. Questi stampi noti sono relativamente costosi a
causa del processo RTM impiegato per la loro fabbricazione e della necessità di
disporre una dima tra un primo stampo già pronto ed un secondo stampo durante la
fabbricazione di quest'ultimo. Gli stampi noti in materiale composito richiedono inoltre
25 strutture di supporto complesse e/o devono essere relativamente spessi, quindi costosi,
per resistere alle pressioni del processo RTM.

EP 1721719 descrive un processo RTM in cui la resina viene iniettata negli
stampi ad una pressione maggiore di 5 bar. In tutti gli esempi descritti di tale processo
noto la resina viene iniettata ad una pressione compresa tra 6 e 7 bar, tuttavia una
30 rivendicazione di tale anteriorità indica un intervallo molto ampio di pressioni compreso
tra 2 e 10 bar. Gli stampi descritti in EP 1721719 sono preferibilmente realizzati in

acciaio al carbonio e presentano una struttura massiccia, il che conferma inequivocabilmente all'esperto del settore che il processo di EP 1721719 è un tradizionale processo RTM. Pertanto, detto intervallo appare eccessivo e viene indicato solo in via accidentale, presumibilmente allo scopo di allargare l'ambito di protezione della domanda con una rivendicazione più ampia del necessario. Infatti, nel processo RTM e negli stampi di EP 1721719 sarebbe controproducente impiegare pressioni minori di 5 bar, poiché questi stampi sono già predisposti per lavorare a pressioni maggiori, come confermato dagli esempi citati nello stesso documento.

Per ovviare a questi problemi tecnici è noto il processo RTM-Light, in cui uno stampo semirigido viene posto sopra uno stampo rigido. La resina viene iniettata ad una pressione inferiore ad 1 bar e viene aspirata aria (0,5 bar) da un punto centrale basso per favorire lo scorrimento della resina. L'unione tra i due stampi è ottenuta creando il vuoto (0,1 bar) lungo i bordi dei due stampi. Questo processo, pur essendo semplice da realizzare con dispositivi leggeri ed economici, non consente di fabbricare prodotti con la stessa velocità e con la stessa qualità del processo RTM, dal momento che la pressione di iniezione è relativamente bassa ed il lato del prodotto rivolto verso lo stampo semirigido presenta una finitura grezza. Inoltre, la bassa pressione impiegata nel processo RTM-Light non garantisce la corretta e completa impregnazione delle fibre secche, causando così la fabbricazione di componenti di bassa qualità.

Scopo della presente invenzione è pertanto quello di fornire un processo esente da tutti i suddetti inconvenienti, ovvero un processo che sia veloce, economico e facilmente automatizzabile, e che consenta di ottenere prodotti di alta qualità con dispositivi leggeri e compatti. Detto scopo viene conseguito con un processo e alcuni dispositivi le cui caratteristiche principali sono specificate nelle rivendicazioni 1, 7 e 12, mentre altre caratteristiche sono specificate nelle restanti rivendicazioni.

Il processo secondo la presente invenzione prevede stampi ottenuti da strati di fibre di carbonio pre-impregnate con resina (note anche come pre-preg) e la polimerizzazione dei prodotti finali con il riscaldamento di questi stampi in un forno od un'autoclave, invece di impiegare una pressa con stampi riscaldati. Pertanto, è possibile iniettare la resina a pressioni più basse rispetto al processo RTM ma comunque sufficienti a garantire la corretta e completa impregnazione delle fibre secche che

formano il substrato del prodotto finale.

Dette pressioni sono preferibilmente superiori rispetto al processo RTM-Light, soprattutto se gli stampi sono irrigiditi mediante centine od altri elementi di rinforzo.

5 L'unione tra gli stampi è ottenuta mediante particolari dispositivi di fissaggio meccanico e guarnizioni, che consentono di mantenere gli stampi ermeticamente chiusi alle pressioni di iniezione della resina.

Gli stampi preferibilmente incorporano particolari boccole che consentono sia un fissaggio meccanico preciso e resistente tra gli stampi sia l'aggiunta facile e veloce di particolari dispositivi, come iniettori, bocchette d'aspirazione e/o estrattori.

10 Almeno uno stampo comprende particolari canali e/o fessure per distribuire uniformemente la resina prima che questa raggiunga le cavità, in modo da ottenere prodotti privi di difetti quali spazi vuoti, pori, delaminazioni o zone secche. Particolari pozzi disposti in corrispondenza degli iniettori evitano l'usura degli stampi dovuti alla pressione di iniezione della resina.

15 La produzione degli stampi è preferibilmente ottenuta in maniera semplice ed accurata mediante master particolari provvisti di dime tridimensionali del prodotto finale e accorgimenti meccanici, come superfici di riferimento per ottenere particolari interfacce negli stampi, pareti laterali per ottenere corrispondenti pareti atte ad irrobustire gli stampi, perni per disporre le boccole con precisione negli stampi, profilati
20 elastomerici removibili e/o gobbe per ottenere canali o pozzi negli stampi. Con un singolo master è possibile realizzare più stampi uguali tra loro, in modo da aumentare in maniera relativamente semplice ed economica la produttività del processo secondo la presente invenzione.

Inoltre, gli stampi secondo la presente invenzione sono leggeri e poco
25 ingombranti, per cui possono essere maneggiati facilmente prima, durante e dopo l'uso, ad esempio quando vengono preparati, riempiti e disposti nel forno o nell'autoclave.

Poiché gli stampi sono realizzati sostanzialmente nello stesso materiale dei prodotti, essi subiscono le sostanzialmente stesse dilatazioni termiche, così da compensare eventuali effetti negativi dovuti a queste dilatazioni.

30 Tutti i suddetti vantaggi sono notevolmente incrementati se nel processo viene impiegata un'unità di stampaggio in cui tutti gli stampi, ovvero almeno due stampi

complementari, sono realizzati secondo la presente invenzione.

Ulteriori vantaggi e caratteristiche del processo e dei dispositivi secondo la presente invenzione risulteranno evidenti agli esperti del ramo dalla seguente descrizione dettagliata e non limitativa di due loro forme realizzative con riferimento agli annessi disegni in cui:

- la figura 1 mostra una vista prospettica di un prodotto che può essere fabbricato col processo secondo la presente invenzione;
- la figura 2 mostra una vista dal basso del primo master secondo la prima forma realizzativa;
- 10 - la figura 3 mostra la sezione III-III di figura 2;
- la figura 4 mostra una vista dall'alto del secondo master secondo la prima forma realizzativa;
- la figura 5 mostra la sezione V-V di figura 4;
- la figura 6 mostra la figura 3 parzialmente ingrandita col primo stampo secondo la prima forma realizzativa;
- 15 - la figura 7 mostra il dettaglio VII di figura 6;
- la figura 8 mostra una vista dall'alto del primo stampo di figura 6, rimosso dal primo master;
- la figura 9 mostra la sezione IX-IX di figura 8;
- 20 - la figura 10 mostra la figura 5 col secondo stampo secondo la prima forma realizzativa;
- la figura 11 mostra una vista dal basso del secondo stampo di figura 10, rimosso dal secondo master;
- la figura 12 mostra la sezione XII-XII di figura 11;
- 25 - la figura 13 mostra un'unità di stampaggio con gli stampi di figura 10 e 12 durante l'uso;
- la figura 14 mostra la sezione XIV-XIV di figura 13;
- la figura 15 mostra una sezione longitudinale ingrandita di un iniettore;
- la figura 16 mostra una sezione longitudinale ingrandita di un estrattore;
- 30 - la figura 17 mostra una sezione longitudinale ingrandita di una coppia di dispositivi di centraggio; e

- la figura 18 mostra una sezione verticale di una seconda forma realizzativa dell'unità di stampaggio.

Facendo riferimento alla figura 1, si vede che un prodotto 1 in materiale composito presenta in modo noto una forma tridimensionale, ad esempio parallelepipeda, con un'altezza H, una larghezza W ed una profondità P. Nella pratica, il prodotto 1 presenta generalmente forme più complesse, anche curve e/o irregolari, secondo la funzione richiesta, come ad esempio telai, scocche, coperture, accessori ed altre parti strutturali, fluidodinamiche e/o estetiche di veicoli terrestri, navali e aerei.

Facendo riferimento alle figure 2 e 3, si vede che una prima fase operativa del processo comprende la fabbricazione, ad esempio con un sistema CAD/CAM, di una prima dima 2 che presenta sostanzialmente la stessa forma tridimensionale e le stesse dimensioni di almeno una prima porzione del prodotto 1. Nella presente forma realizzativa, la prima dima 2 presenta sostanzialmente la stessa larghezza W e la stessa profondità P, ma un'altezza H1 minore dell'altezza H del prodotto 1. La prima dima 2 è unita o è solidale ad almeno una prima superficie di riferimento 3a di un primo master 3, in particolare di forma sostanzialmente parallelepipeda. La prima superficie di riferimento 3a è sostanzialmente piana, più larga e profonda della prima dima 2, in modo da sporgere intorno ad essa. Una o più prime pareti 4, ad esempio in alluminio, legno o resina epossidica, sostanzialmente perpendicolari alla prima superficie di riferimento 3a sono fissate intorno al primo master 3, in modo da circondare la prima superficie di riferimento 3a. Una o più prime nervature 5 sono disposte sulla prima superficie di riferimento 3a del primo master 3 intorno alla prima dima 2, mentre almeno una seconda nervatura 6 è disposta sulla prima superficie di riferimento 3a intorno alle prime nervature 5. Le prime nervature 5 sono collegate ad una o più gobbe 7, in particolare aventi una forma emisferica. La sezione trasversale delle prime nervature 5 è convessa, in particolare sostanzialmente semicircolare o semiellittica, mentre la sezione trasversale della seconda nervatura 6 è sostanzialmente rettangolare, in particolare quadrata. Una pluralità di primi perni 8 sporgono a loro volta perpendicolarmente dalla prima superficie di riferimento 3a del primo master 3 intorno alla seconda nervatura 6. La prima dima 2, le prime nervature 5, la seconda nervatura 6 e/o le gobbe 7 possono essere realizzate in un solo pezzo di resina epossidica sulla

prima superficie di riferimento 3a del primo master 3 con frese a controllo numerico oppure possono comprendere elementi separati uniti tra loro e/o applicati sulla prima superficie di riferimento 3a. In particolare, le prime nervature 5 e/o la seconda nervatura 6 sono preferibilmente costituite da profili elastomerici incollati in maniera removibile
5 sulla prima superficie di riferimento 3a. La prima dima 2 può essere un blocco di resina epossidica sagomata da una fresa a controllo numerico e poi incollata sulla prima superficie di riferimento 3a.

Facendo riferimento alle figure 4 e 5, si vede che una seconda fase operativa del processo comprende la fabbricazione, ad esempio con un sistema CAD/CAM, di una
10 seconda dima 9 che presenta sostanzialmente la stessa forma tridimensionale e le stesse dimensioni di almeno una seconda porzione del prodotto 1. Nella presente forma realizzativa, la seconda dima 9 presenta sostanzialmente la stessa larghezza W e la stessa profondità P , ma un'altezza H_2 minore dell'altezza H del prodotto 1, in modo che la somma dell'altezza H_1 della prima dima 2 con l'altezza H_2 della seconda dima 9
15 corrisponda sostanzialmente all'altezza H del prodotto 1. La seconda dima 9 è unita o è solidale ad almeno una seconda superficie di riferimento 10a di un secondo master 10, in particolare di forma sostanzialmente parallelepipedica. La seconda superficie di riferimento 10a è sostanzialmente piana, più larga e profonda della seconda dima 9, in modo da sporgere intorno ad essa. Una o più seconde pareti 11, ad esempio in
20 alluminio, legno o resina epossidica, sostanzialmente perpendicolari alla seconda superficie di riferimento 10a sono fissate intorno al secondo master 10, in modo da circondare la seconda superficie di riferimento 10a. Una pluralità di secondi perni 12 sporgono dalla seconda superficie di riferimento 10a del secondo master 10 intorno alla seconda dima 9. La posizione dei primi perni 8 sul primo master 3 è sostanzialmente
25 uguale alla posizione dei secondi perni 12 sul secondo master 10. Uno o più terzi perni 13 sporgono dalla seconda superficie di riferimento 10a del secondo master 10 in posizioni sostanzialmente uguali alle posizioni delle gobbe 7 sulla prima superficie di riferimento 3a del primo master 3. Almeno un quarto perno 14 ed uno o più quinti perni 15 sporgono dalla seconda dima 9 del secondo master 10.

30 Facendo riferimento alle figure 6 e 7, si vede che una terza fase operativa del processo comprende una spruzzatura del primo master 3 con uno liquido sigillante che

chiude le porosità presenti per ottenere superficie liscia e regolare, nonché la pulizia di queste superfici con una sostanza distaccante, dopodiché un primo stampo 16 viene realizzato applicando sulla prima dima 2, sulla prima superficie di riferimento 3a e sulle prime pareti 4 del primo master 3 una pluralità di strati di fibre, in particolare fibre di carbonio, pre-impregnate con una resina, noti anche col nome di pre-preg. Nelle figure, per semplicità, la prima dima 2 e la prima superficie di riferimento 3a sono mostrate rivolte verso il basso, ma è preferibile che durante questa fase operativa esse siano rivolte verso l'alto per facilitare la disposizione di questi strati. In particolare, il primo stampo 16 comprende un primo strato interno 17 e/o un secondo strato interno 18. Preferibilmente, il primo strato interno 17 comprende pre-preg con fibre del tipo 1K (1000 fili per fibra), PW (Plain Weave), grammatura 100 g/m² e spessore 0,1 mm, mentre il secondo strato interno 18 comprende pre-preg con fibre del tipo 3K (3000 fili per fibra), TW (Twill Weave) 2x2, grammatura 200 g/m² e spessore 0,25 mm. Le fibre degli strati interni 17 e/o 18 sono sostanzialmente parallele o perpendicolari tra loro. Strisce di pre-preg (non mostrate nelle figure) possono essere disposte tra lo strato interno 17 o 18 e gli spigoli della prima dima 2 e/o gli angoli compresi tra la prima superficie di riferimento 3a e la prima dima 2, le prime pareti 4 e/o la seconda nervatura 6, in modo da rendere questi spigoli e/o angoli più vivi.

Il primo master 3 comprende almeno una porzione sporgente 3b tra le prime nervature 5 e la prima dima 2 che sporge dalla prima superficie di riferimento 3a con un differenza d'altezza H3 compresa tra 0,1 mm e 1 mm.

Uno o più primi strati intermedi 19, in particolare da quattro a sei strati intermedi, sono quindi applicati sugli strati interni 17 e/o 18, dopodiché prime boccole 20 sono inserite sui primi perni 8 ed uno o più secondi strati intermedi 21, in particolare da quattro a sei strati intermedi, sono applicati sopra i primi strati intermedi 19 e le prime boccole 20, in modo da incorporare queste ultime nel primo stampo 16. Gli strati intermedi 19 e/o 21 comprendono pre-preg con fibre del tipo 12K (12000 fili per fibra), TW (Twill Weave) 2x2, grammatura 700 g/m² e spessore 0,4 mm. Le fibre degli strati intermedi 19 e/o 21 sono sostanzialmente parallele, diagonali ($\pm 45^\circ$) o perpendicolari tra loro. Almeno uno strato esterno 22 è applicato sopra i secondi strati intermedi 21 e comprende pre-preg con fibre del tipo 3K (3000 fili per fibra), TW (Twill Weave) 2x2,

grammatura 200 g/m² e spessore 0,25 mm. La grammatura e/o lo spessore degli strati intermedi 19, 21 sono quindi maggiori della grammatura e/o dello spessore degli strati interni 17, 18 e/o dello strato esterno 22. Le prime boccole 20 sono provviste di un filetto interno 23.

5 Durante l'applicazione, in particolare dopo aver applicato due, tre o quattro strati uno sull'altro, gli strati interni 17, 18, gli strati intermedi 19, 21 e/o lo strato esterno 22 sono compressi sul primo master 3 mediante fasi di compattazione in cui lo strato più esterno viene coperto da un foglio anti-adesivo e da uno strato di materiale ventilante, dopodiché il primo master 3 viene inserito in un sacco a vuoto che schiaccia gli strati
10 già disposti sul primo master 3 per effetto della pressione esterna che agisce sul sacco a vuoto. Queste fasi di compattazione possono comprendere l'inserimento del primo master 3 col sacco a vuoto in un'autoclave ad una pressione compresa tra 1 e 10 bar per creare una pressione aggiuntiva sul sacco a vuoto.

Gli strati interni 17 e/o 18, gli strati intermedi 19, 21 e/o lo strato esterno 22
15 coprono anche le prime nervature 5, la seconda nervatura 6 e le gobbe 7, mentre sono provvisti di fori per essere attraversati dai primi perni 8 del primo master 3. Il primo stampo 16 comprende complessivamente almeno dieci strati, ovvero almeno uno strato interno 18, otto strati intermedi 19, 21 ed uno strato esterno 22. Prima dell'applicazione, ciascuno strato 17, 18, 19, 21 e/o 22 viene sagomato con un dispositivo a controllo
20 numerico sulla base di dati ottenuti in funzione della forma e delle dimensioni del primo master 3.

Il primo stampo 16 viene quindi completato con una fase di polimerizzazione sotto pressione, in cui il primo master 3 provvisto delle prime boccole 20 e degli strati 17, 18, 19, 21 e 22 viene inserito in un sacco a vuoto, sempre con un foglio anti-adesivo
25 e con uno strato di materiale ventilante, a sua volta disposto in un'autoclave, in modo che gli strati vengono uniti tra loro con una pressione e con una temperatura che sono atte a polimerizzare la resina che li impregna.

Facendo riferimento alle figure 8 e 9, si vede che il primo stampo 16, una volta tolto dall'autoclave, raffreddato e separato dal primo master 3, comprende almeno una
30 prima cavità 24 sostanzialmente complementare alla prima dima 2 del primo master 3, con sostanzialmente la stessa larghezza W, la stessa profondità P e la stessa altezza H1.

Il primo stampo 16 comprende almeno una prima interfaccia 16a realizzata in un solo pezzo con la prima cavità 24. La prima interfaccia 16a sporge interamente, o almeno parzialmente, intorno alla prima cavità 24 ed è sostanzialmente complementare alla prima superficie di riferimento 3a del primo master 3. Il primo stampo 16 comprende
5 anche una o più prime pareti laterali 16b sostanzialmente corrispondenti alle prime pareti 4 del primo master 3 e sostanzialmente perpendicolari alla prima interfaccia 16a. Uno o più primi canali 25 sostanzialmente complementari alle prime nervature 5 del primo master 3 sono disposti sulla prima interfaccia 16a del primo stampo 16 intorno alla prima cavità 24, mentre almeno un secondo canale 26 sostanzialmente
10 complementare alla seconda nervatura 6 del primo master 3 è disposto sulla prima interfaccia 16a intorno ai primi canali 25. I primi canali 25 sono collegati ad uno o più pozzi 27 sostanzialmente complementari alle gobbe 7 del primo master 3. Una pluralità di primi fori 28 sono disposti sulla prima interfaccia 16a del primo stampo 16 in corrispondenza delle prime boccole 20, ovvero dei primi perni 8 del primo master 3.

15 Quando il primo stampo 16 viene separato dal primo master 3, i primi canali 25 e/o il secondo canale 26 possono ancora includere i profili impiegati per le prime nervature 5 e/o la seconda nervatura 6, in quanto i profili possono staccarsi dal primo master 3. In questo caso, i profili vengono estratti dai primi canali 25 e/o dal secondo canale 26 per essere riutilizzati o sostituiti. Almeno una guarnizione tubolare 29,
20 resistente a temperature comprese tra -60° e 220° C ed avente una rigidità fino a 60 Shore, è disposta nel secondo canale 26.

La prima interfaccia 16a è provvista di almeno una fessura 30 sostanzialmente complementare alla porzione sporgente 3b del primo master 3 tra i primi canali 25 e la prima cavità 24. Lo spessore H3 della fessura 30 è compreso tra 0,1 e 1 mm, mentre la
25 lunghezza L1 della fessura 30 è compresa tra 5 e 300 mm.

Una o più prime centine 31, preferibilmente in materiale composito, in particolare con fibre di carbonio, sono fissate al primo stampo 16 dal lato opposto alla prima interfaccia 16a, in particolare mediante adesivo e/o ulteriori strati 32 di pre-preg applicati a cavallo delle prime centine 31 e del primo stampo 16, nonché pressati e
30 polimerizzati con sacco a vuoto in un'autoclave. Le prime centine 31 formano un reticolo e sono preferibilmente unite alle prime pareti laterali 16b del primo stampo 16.

Primi dispositivi di centraggio 33 e/o primi dispositivi di fissaggio meccanico 34, ad esempio chiusure a leva, sono fissati all'esterno delle prime pareti laterali 16b del primo stampo 16.

5 Facendo riferimento alla figura 10, si vede che una quarta fase operativa del processo comprende una sigillatura a spruzzo ed una pulitura con distaccante del secondo master 10, nonché la realizzazione di un secondo stampo 36 applicando sulla seconda dima 9, sulla seconda superficie di riferimento 10a e sulle seconde pareti 11 del secondo master 10 una pluralità di strati di pre-preg, alcuni dei quali sono provvisti di fori per i perni 12, 13 e 14. In particolare, il secondo stampo 36 comprende un primo
10 strato interno e/o un secondo strato interno, una pluralità di strati intermedi, in particolare almeno otto strati intermedi, nonché almeno uno strato esterno dello stesso tipo degli strati del primo stampo 16. Strisce di pre-preg possono essere disposte tra uno strato interno e gli spigoli della seconda dima 9 e/o gli angoli compresi tra la seconda superficie di riferimento 10a e la seconda dima 9 e/o le seconde pareti 11, in modo da
15 rendere questi spigoli e/o angoli più vivi.

Seconde boccole 37, una o più terze boccole 38 ed almeno una quarta boccola 39 sono inserite rispettivamente sui secondi perni 12, sui terzi perni 13 e sul quarto perno 14 del secondo master 10, tra due strati intermedi, in particolare tra un gruppo di quattro primi strati intermedi ed un gruppo di otto secondi strati intermedi. Una o più quinte
20 boccole 40 sono invece disposte sui quinti perni 15 del secondo master 10 prima di applicare gli strati su quest'ultimo, per cui le quinte boccole 40 sono a filo con la seconda dima 9. Le terze boccole 38 sono sostanzialmente uguali alla quarta boccola 39. Le terze boccole 38, la quarta boccola 39 e le quinte boccole 40 sono filettate all'interno. La distanza tra due prime boccole 20 o seconde boccole 37 adiacenti è
25 compresa tra 35 e 100 mm, preferibilmente 70 mm.

Gli strati del secondo stampo 36 sono compressi sul secondo master 10 mediante fasi di compattazione del tipo sopra descritto per il primo stampo 16, con o senza autoclave.

Il secondo stampo 36 viene quindi completato con una fase di polimerizzazione
30 sotto pressione, in cui il secondo master 10 provvisto degli strati di pre-preg e delle boccole 37, 38, 39, 40 viene inserito in un sacco a vuoto, sempre con un foglio anti-

adesivo e con uno strato di materiale ventilante, a sua volta disposto in un'autoclave, in modo che gli strati vengono uniti tra loro sotto pressione e con una temperatura che sono atte a polimerizzare la resina che li impregna.

Facendo riferimento alle figure 11 e 12, si vede che il secondo stampo 36, una volta tolto dall'autoclave, raffreddato e separato dal secondo master 10, comprende almeno una seconda cavità 41 sostanzialmente complementare alla seconda dima 9 del secondo master 10, con sostanzialmente la stessa larghezza W, la stessa profondità P e la stessa altezza H2. Il secondo stampo 36 comprende almeno una seconda interfaccia 36a realizzata in un solo pezzo con la seconda cavità 41. La seconda interfaccia 36a sporge interamente, o almeno parzialmente, intorno alla seconda cavità 41 ed è sostanzialmente complementare alla seconda superficie di riferimento 10a del secondo master 10. Il secondo stampo 36 comprende anche una o più seconde pareti laterali 36b sostanzialmente complementari alle seconde pareti laterali 11 del secondo master 10 e sostanzialmente perpendicolari alla seconda interfaccia 36a. Secondi fori 42 e terzi fori 43 sono disposti sulla seconda interfaccia 36a del secondo stampo 36 in corrispondenza rispettivamente delle seconde boccole 37 e delle terze boccole 38, ovvero dei secondi perni 12 e dei terzi perni 13 del secondo master 10. Quarti fori 44 e le quinte boccole 40 sboccano invece sulla seconda cavità 41, con le quinte boccole 40 a filo con la seconda cavità 41.

Le distanze tra le interfacce 16a, 36a e le boccole 20, 37 o 38, oppure tra la cavità 41 e la quarta boccola 39, sono maggiori di 0,2 mm.

Una o più seconde centine 45, preferibilmente in materiale composito, in particolare con fibre di carbonio, sono fissate al secondo stampo 36 dal lato opposto alla seconda interfaccia 36a, in particolare mediante adesivo e/o ulteriori strati 46 di pre-preg applicati a cavallo delle seconde centine 45 e del secondo stampo 36, nonché pressati e polimerizzati con sacco a vuoto in un'autoclave. Le seconde centine 45 formano un reticolo e sono preferibilmente unite alle seconde pareti laterali 36b del secondo stampo 36. Secondi dispositivi di centraggio 47 e/o secondi dispositivi di fissaggio meccanico 48, ad esempio ganci per chiusure a leva, sono fissati all'esterno delle seconde pareti laterali 36b del secondo stampo 36 in posizioni sostanzialmente corrispondenti rispettivamente ai primi dispositivi di centraggio 33 ed ai primi dispositivi di fissaggio

meccanico 34 del primo stampo 16.

Le centine 31, 45 sono preferibilmente applicate agli stampi 16, 36 prima di rimuovere questi ultimi dai rispettivi master 3, 10.

5 Facendo riferimento alle figure 13 e 14, si vede che una quinta fase operativa del processo comprende la preformatura e la disposizione di uno o più substrati 49 nella prima cavità 24 del primo stampo 16 e/o nella seconda cavità 41 del secondo stampo 36. Le terze boccole 38 del secondo stampo 36 sono provviste di iniettori 50 collegati a condotti d'ingresso 51. La distanza tra due iniettori 50 adiacenti è compresa tra 400 e 1500 mm. La quarta boccola 39 del secondo stampo 36 è provvista di una bocchetta
10 d'aspirazione 52 collegata ad un condotto d'uscita 53. Le quinte boccole 40 del secondo stampo 36 sono provviste di estrattori 54. I substrati 49 comprendono strati di fibre, in particolare fibre di carbonio, secche, ovvero accoppiate con una quantità di resina da 0 a 10 %, preferibilmente al 5%, in peso.

Il primo stampo 16 viene quindi allineato col secondo stampo 36 mediante i
15 dispositivi di centraggio 33, 47, dopodiché il primo stampo 16 viene serrato al secondo stampo 36 mediante viti 55 inserite nelle seconde boccole 37 ed avvitate nelle prime boccole 20, nonché accoppiando tra loro i dispositivi di fissaggio meccanico 34, 48, in modo da realizzare un'unità di stampaggio comprendente il primo stampo 16 ed il secondo stampo 36. Altre forme realizzative possono comprendere solo le boccole 20,
20 37, solo i dispositivi di fissaggio meccanico 34, 48 e/o altri dispositivi di fissaggio meccanico. Gli stampi 16, 36 sono quindi premuti uno contro l'altro, in modo che le interfacce 16a e 36a vengono in contatto, schiacciando la guarnizione 29, così da chiudere ermeticamente gli stampi 16, 36.

In una sesta fase operativa del processo, gli stampi 16, 36 vengono riscaldati ad
25 una temperatura compresa tra 25° C e 70° C, preferibilmente a 60° C, dopodiché resina riscaldata ad una temperatura compresa tra 40° C e 70° C, in particolare a 60° C, viene iniettata ad una pressione compresa tra 0,5 bar e 3,5 bar, in particolare compresa tra 1,5 e 2,5 bar, nelle cavità 24, 41 tra il primo stampo 16 ed il secondo stampo 36 attraverso i condotti d'ingresso 51, gli iniettori 50, i pozzi 27, i primi canali 25 e la fessura 30. Le
30 frecce di figura 14 mostrano il percorso seguito dalla resina fino a raggiungere ed impregnare completamente i substrati 49. Contemporaneamente, aria viene aspirata

dalla bocchetta d'aspirazione 52 e dal condotto d'uscita 53, fino a quando la resina non raggiunge la bocchetta d'aspirazione 52, dopodiché l'iniezione di resina viene interrotta. Quando la resina viene iniettata nelle cavità 24, 41, le zone d'ingresso della resina, ovvero la fessura 30, sono ad un livello inferiore rispetto alle zone di evacuazione, ovvero alla bocchetta d'aspirazione 52. Durante tale evacuazione, la pressione nelle
5 cavità 24, 41 negli spazi non raggiunti dalla resina è inferiore a 0,5 bar, in particolare compresa tra 0,001 e 0,02 bar.

Completata l'iniezione della resina, gli stampi 16, 36 vengono disposti in un forno od un'autoclave e riscaldati lentamente (da 2° a 4° C al minuto) dalla temperatura di
10 iniezione fino ad una temperatura di polimerizzazione compresa tra 90° e 100° C, che viene mantenuta per circa un'ora, dopodiché viene aumentata ad una temperatura di post-polimerizzazione compresa tra 120° e 160° C, che viene mantenuta per circa due ore. Alla fine del ciclo di polimerizzazione, gli stampi 16, 36 vengono raffreddati fino ad una temperatura compresa tra 40° e 70° C ed aperti, in modo che il prodotto finito 1,
15 comprendente i substrati 49 incorporati nella resina polimerizzata, può essere estratto, in particolare mediante gli estrattori 54, per essere rifilato e pulito. Il ciclo di polimerizzazione e post-polimerizzazione dipende dalle caratteristiche chimiche della resina impiegata per impregnare il tessuto secco.

Facendo riferimento alla figura 15, si vede che durante la preparazione del
20 secondo stampo 36, un iniettore 50 filettato all'esterno è avvitato in una terza boccola 38 già incorporata nel secondo stampo 36, così da premere una prima guarnizione anulare 56 disposta tra l'iniettore 50 e la terza boccola 38. Il condotto d'ingresso 51 viene quindi inserito nell'iniettore 50 e bloccato mediante una ghiera 57 che viene avvitata sull'iniettore 50, così da premere una seconda guarnizione anulare 58 contro il
25 condotto d'ingresso 51. La bocchetta d'aspirazione 52 ed il condotto d'uscita 53 presentano la stessa struttura e lo stesso funzionamento dell'iniettore 50 e del condotto d'ingresso 51.

Facendo riferimento alla figura 16, si vede che durante la preparazione del
secondo stampo 36, un pistone 59 provvisto di un gambo 60 viene inserito in una quinta
30 boccola 40 già disposta nel secondo stampo 36, così da premere una terza guarnizione anulare 61 alloggiata in una sede cilindrica ricavata nella quinta boccola 40 per la testa

del pistone 59. Il gambo 60 del pistone è collegato ad una ghiera filettata 62 che è avvitata nella quinta boccola 40, in modo che ruotando la ghiera filettata 62 la testa del pistone 59 si muove assialmente per sporgere dal secondo stampo 36.

Facendo riferimento alla figura 17, si vede che il primo dispositivo di centraggio 5 33 comprende una prima testa 63 conica o troncoconica che può essere regolata assialmente mediante una vite 64. Una molla 65 consente una compressione assiale della prima testa 63 rispetto alla vite 64 per assorbire possibili urti durante l'accoppiamento degli stampi 16, 36. Il secondo dispositivo di centraggio 47 comprende una seconda testa 66 con una sede conica o troncoconica sostanzialmente 10 complementare alla prima testa 63. Anche la seconda testa 66 può essere regolata assialmente mediante una vite 67. La prima testa 63 e la seconda testa 66 possono inoltre essere spostate trasversalmente muovendo una prima piastra 68 del primo dispositivo di centraggio 33 e/o una seconda piastra 69 del secondo dispositivo di centraggio 47, in modo da ottenere, insieme con la regolazione assiale, un perfetto 15 accoppiamento degli stampi 16, 36 nelle tre dimensioni. Le piastre 68, 69 sono provviste di un foro per contenere rispettivamente le viti 64, 67 in maniera assialmente scorrevole.

In forme realizzative alternative, la porzione funzionale del primo stampo o del secondo stampo, ovvero la porzione dello stampo che comprende le superfici rivolte 20 verso i substrati 49 e che è a contatto con almeno una porzione del prodotto finito 1 al termine del processo, può non comprendere una cavità, ma essere piatta oppure persino comprendere una protuberanza complementare alla cavità dell'altro stampo. In questi casi, le dime dei master possono essere piatte e/o presentare cavità. In altre forme realizzative, il secondo stampo può essere provvisto dei primi canali e/o del secondo 25 canale, mentre il primo stampo può essere provvisto degli estrattori, degli iniettori e/o della bocchetta d'aspirazione. Unità di stampaggio secondo ulteriori forme realizzative possono comprendere più di due stampi complementari uniti tra loro mediante dispositivi di fissaggio meccanico.

Facendo riferimento alla figura 18, si vede che ad esempio in una seconda forma 30 realizzativa della presente invenzione il primo stampo 16 è provvisto degli estrattori 54 ed è sostanzialmente piatto, ovvero privo di una cavità per i substrati 49, mentre il

secondo stampo 36 è provvisto della cavità per i substrati 49 e del canale 26 per la guarnizione 29.

Ulteriori varianti e/o aggiunte possono essere apportate dagli esperti del ramo alle forme realizzative dell'invenzione qui descritte ed illustrate restando nell'ambito delle
5 seguenti rivendicazioni.

RIVENDICAZIONI

1. Processo per fabbricare prodotti (1) in materiali compositi, caratterizzato dal fatto di comprendere le seguenti fasi operative:

- 5 - disporre uno o più substrati (49) in almeno una cavità (24, 41) di almeno uno stampo (16, 36) in materiale composito comprendente almeno una porzione funzionale (24, 41) in materiale composito realizzata in un solo pezzo di materiale composito con almeno un'interfaccia (16a, 36a) in materiale composito che sporge almeno parzialmente intorno alla porzione funzionale (24, 41);
- 10 - chiudere ermeticamente lo stampo (16, 36) mediante dispositivi di fissaggio meccanico (20, 34, 37, 48, 55);
- evacuare la cavità (24, 41) ed iniettare resina nella cavità (24, 41) ad una pressione compresa tra 0,5 bar e 3,5 bar, in particolare compresa tra 1,5 e 2,5 bar, in modo che i substrati (49) sono impregnati dalla resina iniettata;
- 15 - riscaldare lo stampo (16, 36) per polimerizzare la resina che impregna i substrati (49) nella cavità (24, 41).

2. Processo secondo la rivendicazione precedente, caratterizzato dal fatto che lo stampo (16, 36) è riscaldato, in particolare ad una temperatura compresa tra 25° C e 70° C, prima di iniettare la resina.

- 20 3. Processo secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la resina viene iniettata nella cavità (24, 41) ad una pressione minore di 2 bar ed uguale o maggiore di 0,5 bar, in particolare uguale o maggiore di 1,5 bar.

4. Processo secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che durante l'evacuazione la pressione negli spazi della cavità (24, 41) che non
25 sono raggiunti dalla resina è inferiore a 0,5 bar, in particolare compresa tra 0,001 e 0,02 bar.

5. Processo secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che dopo la polimerizzazione della resina lo stampo (16, 36) viene raffreddato ed aperto ad una temperatura compresa tra 40° e 70° C.

- 30 6. Processo secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la cavità (24, 41) è compresa tra almeno due stampi (16, 36) complementari in

materiale composito.

7. Stampo (16, 36) per fabbricare prodotti (1) in materiali compositi mediante il processo secondo una delle rivendicazioni precedenti, il quale stampo comprende almeno una porzione funzionale (24, 41) in materiale composito realizzata in un solo pezzo di materiale composito con almeno un'interfaccia (16a, 36a) in materiale composito che sporge almeno parzialmente intorno alla porzione funzionale (24, 41), detto stampo (16, 36) essendo formato da una pluralità di strati (17, 18, 19, 21, 22) di fibre, in particolare fibre di carbonio, ed essendo provvisto di uno o più dispositivi di fissaggio meccanico (20, 34, 37, 48, 55) per l'accoppiamento con almeno un altro stampo (16, 36).

8. Stampo o processo secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che lo stampo (16, 36) comprende una o più pareti laterali (16b, 36b) realizzate in un solo pezzo di materiale composito con l'interfaccia (16a, 36a).

9. Stampo o processo secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che una o più centine (31, 45) sono fissate allo stampo (16, 36) dal lato opposto all'interfaccia (16a, 36a), formano un reticolo e sono unite alle pareti laterali (16b, 36b) dello stampo (16, 36).

10. Stampo o processo secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che lo stampo (16, 36) è formato da una pluralità di strati (17, 18, 19, 21, 22) di fibre, in particolare fibre di carbonio, pre-impregnate con una resina.

11. Stampo o processo secondo una delle rivendicazioni da precedenti, caratterizzato dal fatto che detti dispositivi di fissaggio meccanico (20, 34, 37, 48, 55) comprendono una pluralità di boccole (20, 37) incorporate nello stampo (16, 36).

12. Unità di stampaggio, caratterizzata di comprendere almeno due stampi complementari (16, 36) secondo una delle rivendicazioni da 7 a 11.

CLAIMS

1. Process for manufacturing products (1) made of composite materials, characterized in that it comprises the following operative steps:

- 5 - arranging one or more substrates (49) in at least one cavity (24, 41) of at least one mould (16, 36) made of a composite material comprising at least one functional portion (24, 41) made of a composite material made of a single piece of a composite material with at least one interface (16a, 36a) made of a composite material which projects at least partially around the functional portion (24, 41);
- 10 - hermetically closing the mould (16, 36) by means of mechanic fastening devices (20, 34, 37, 48, 55);
- evacuating the cavity (24, 41) and injecting resin into the cavity (24, 41) at a pressure comprised between 0,5 bar and 3,5 bar, in particular comprised between 1,5 and 2,5 bar, so that the substrates (49) are impregnated by the injected resin;
- 15 - heating the mould (16, 36) for curing the resin which impregnates the substrates (49) in the cavity (24, 41).

2. Process according to the previous claim, characterized in that the mould (16, 36) is heated, in particular at a temperature comprised between 25° C and 70° C, before injecting the resin.

- 20 3. Process according to one of the previous claims, characterized in that the resin is injected into the cavity (24, 41) at a pressure lower than 2 bar and equal to or greater than 0,5 bar, in particular equal to or greater than 1,5 bar.

4. Process according to one of the previous claims, characterized in that during the evacuation the pressure in the spaces of the cavity (24, 41) which are not reached by
25 the resin is lower than 0,5 bar, in particular comprised between 0,001 and 0,02 bar.

5. Process according to one of the previous claims, characterized in that after the cure of the resin the mould (16, 36) is cooled and opened at a temperature comprised between 40° and 70° C.

- 30 6. Process according to one of the previous claims, characterized in that the cavity (24, 41) is comprised between at least two complementary moulds (16, 36) made of a composite material.

7. Mould (16, 36) for manufacturing products (1) made of composite materials by means of the process according to one of the previous claims, which mould comprises at least one functional portion (24, 41) made of a composite material made of a single piece of a composite material with at least one interface (16a, 36a) made of a composite material which projects at least partially around the functional portion (24, 41), said mould (16, 36) being made up of a plurality of layers (17, 18, 19, 21, 22) of fibers, in particular carbon fibers, and being provided with one or more mechanic fastening devices (20, 34, 37, 48, 55) for the coupling with at least another mould (16, 36).
8. Mould or process according to one of the previous claims, characterized in that the mould (16, 36) comprises one or more side walls (16b, 36b) made of a single piece of a composite material with the interface (16a, 36a).
9. Mould or process according to one of the previous claims, characterized in that one or more ribs (31, 45) are fixed to the mould (16, 36) on the side opposite to the interface (16a, 36a), form a network and are joined to the side walls (16b, 36b) of the mould (16, 36).
10. Mould or process according to one of the previous claims, characterized in that the mould (16, 36) is made up of a plurality of layers (17, 18, 19, 21, 22) of fibers, in particular carbon fibers, pre-impregnated with a resin.
11. Mould or process according to one of the previous claims, characterized in that said mechanic fastening means (20, 34, 37, 48, 55) comprise a plurality of bushings (20, 37) incorporated in the mould (16, 36).
12. Molding unit, characterized by comprising at least two complementary moulds (16, 36) according to one of claims 7 to 11.

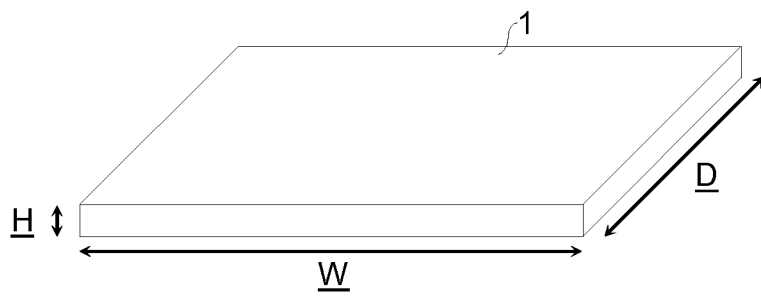


Fig.1

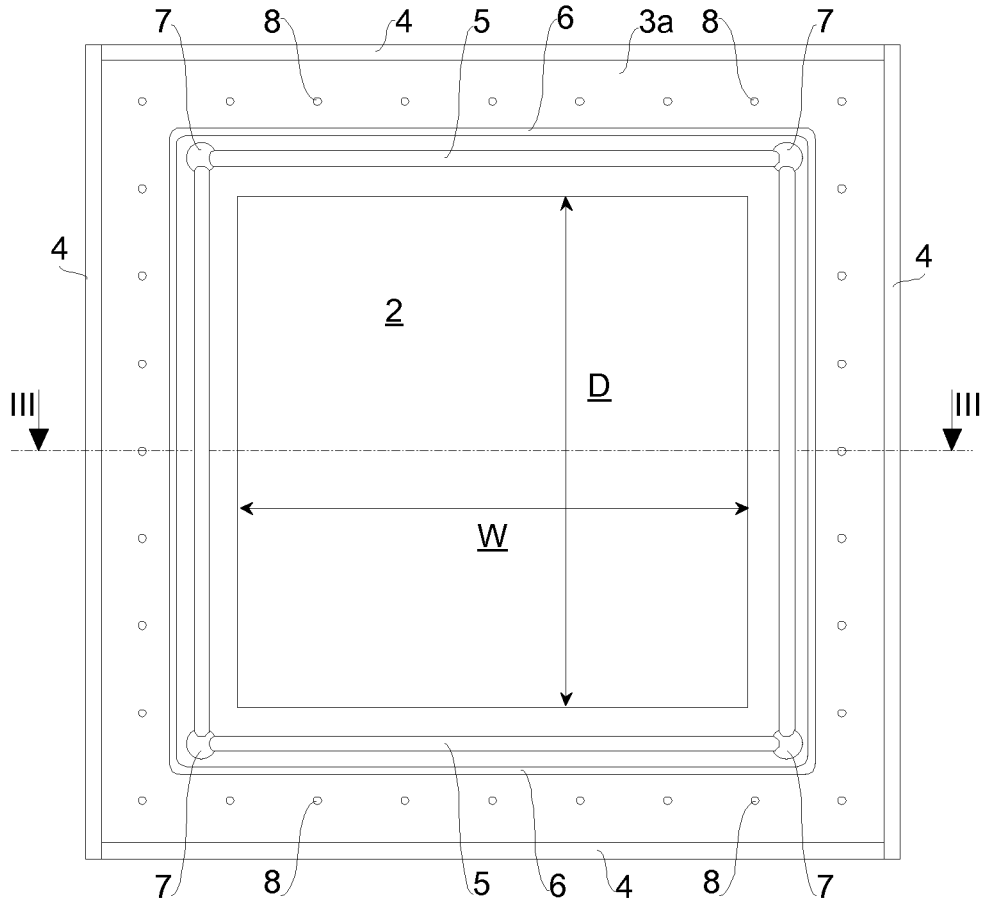


Fig.2

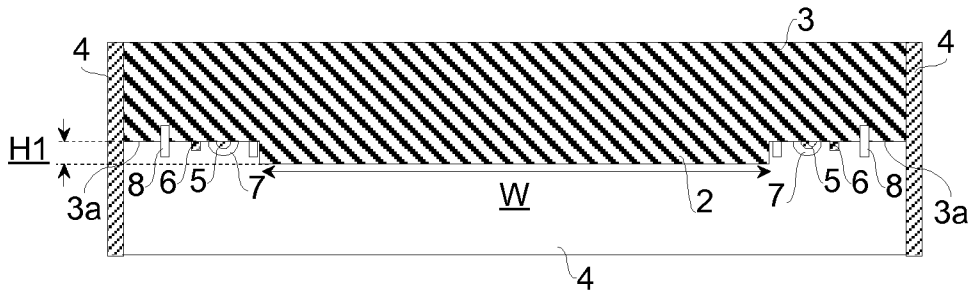


Fig.3

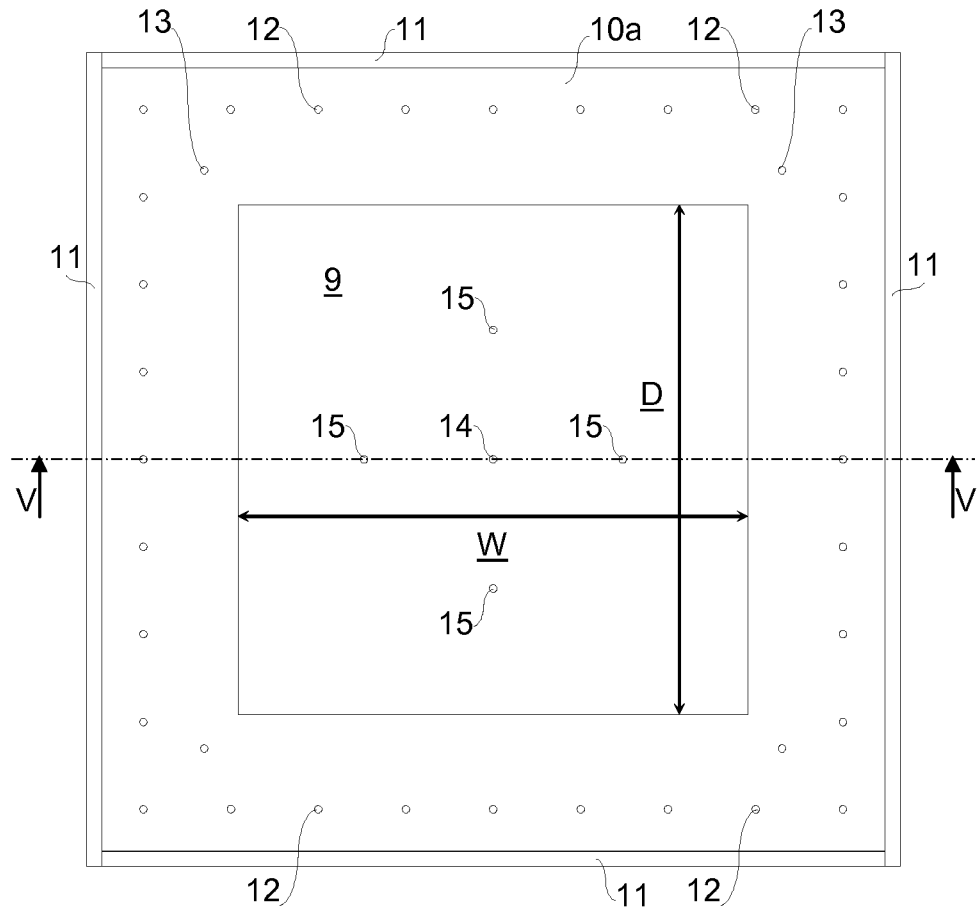


Fig.4

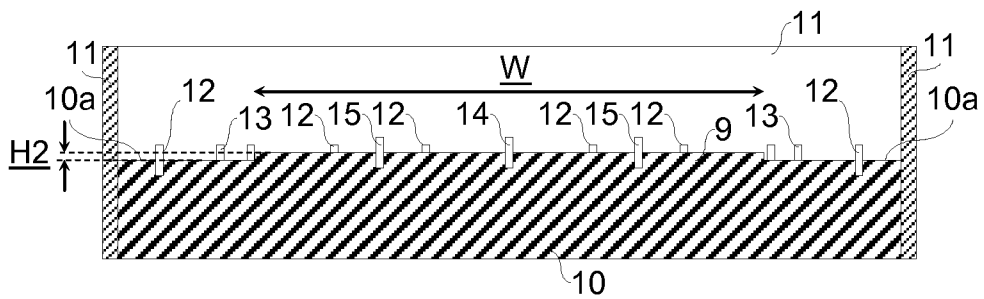


Fig.5

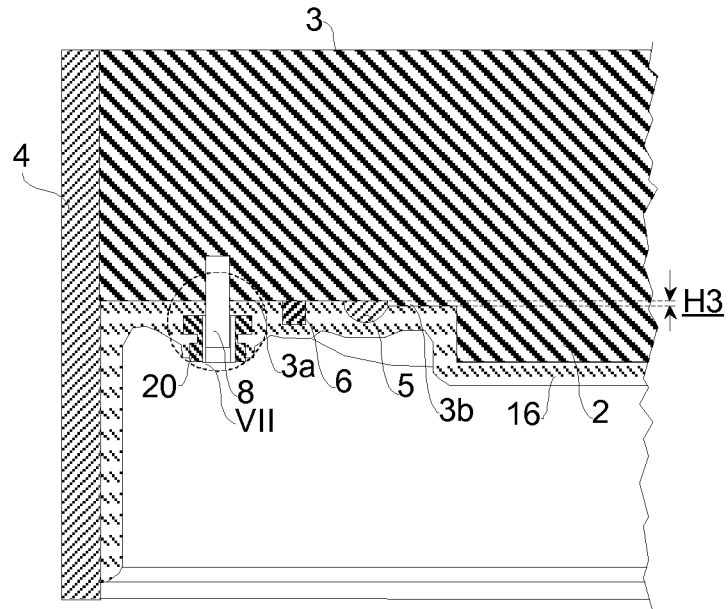


Fig.6

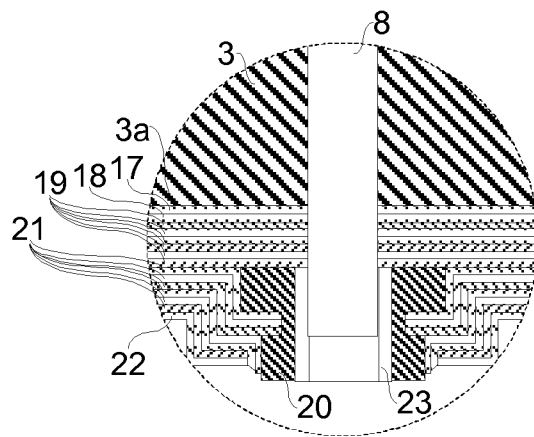


Fig.7

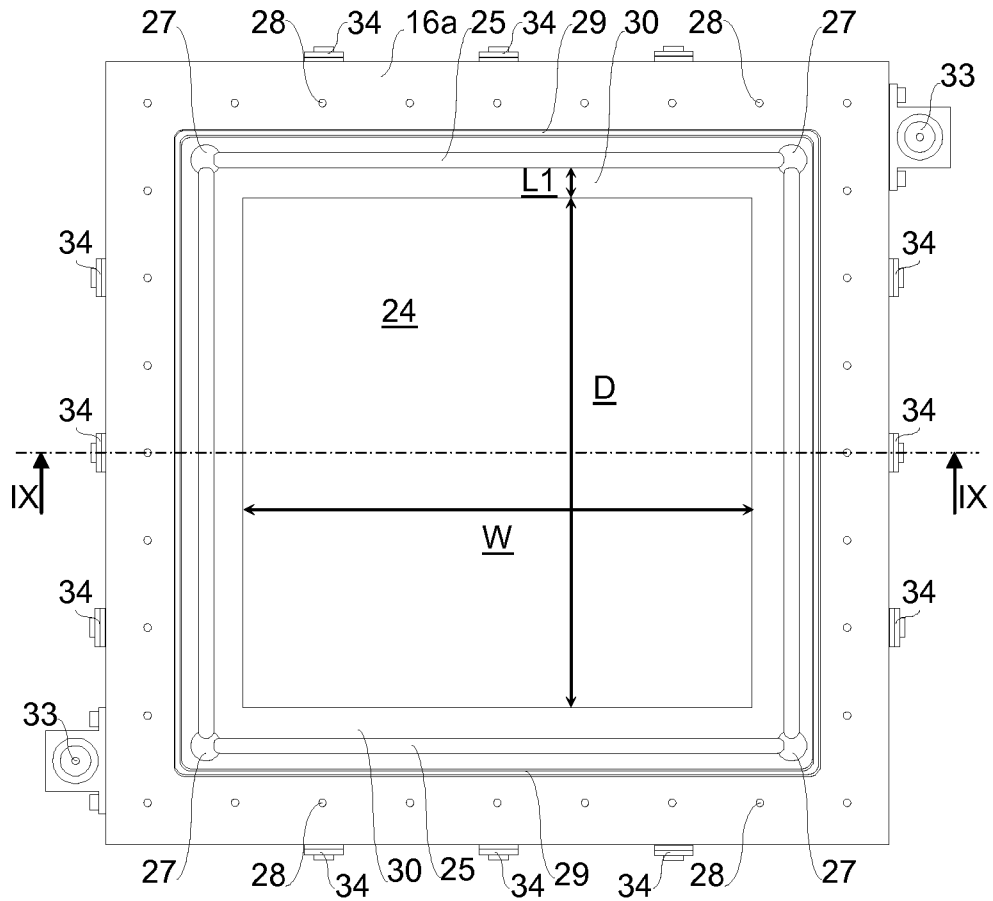


Fig.8

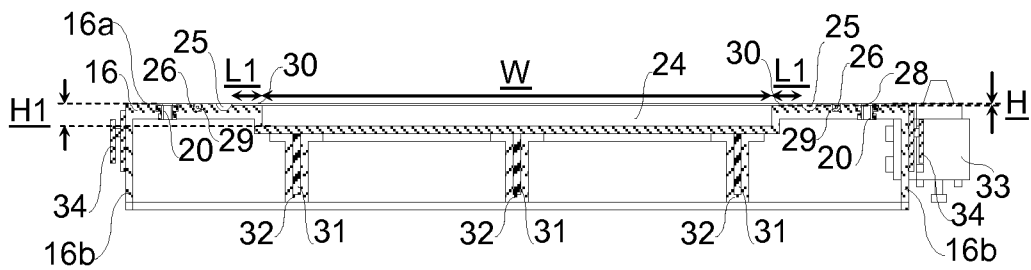


Fig.9

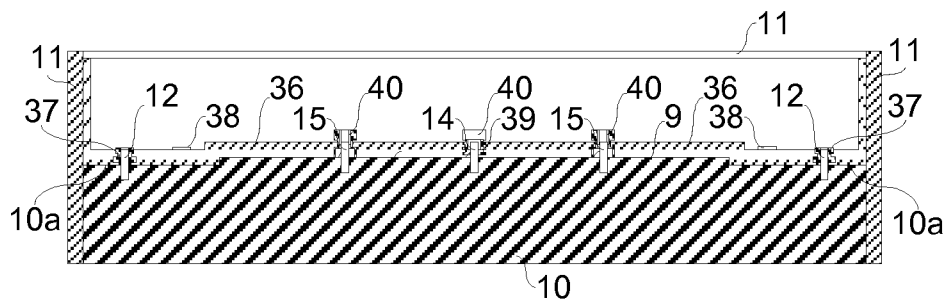


Fig.10

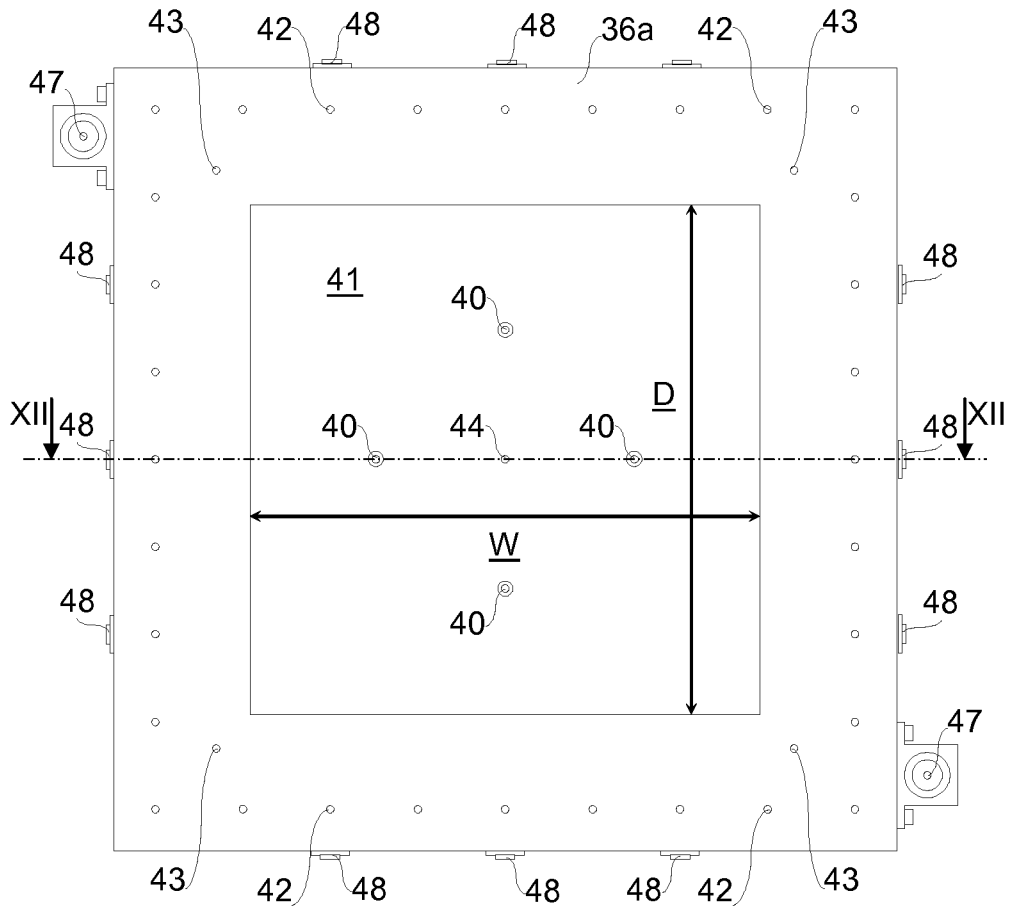


Fig. 11

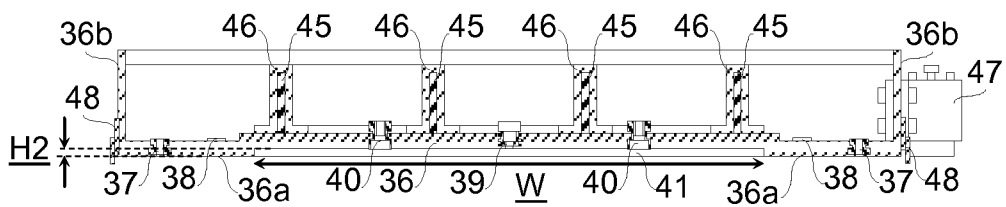


Fig. 12

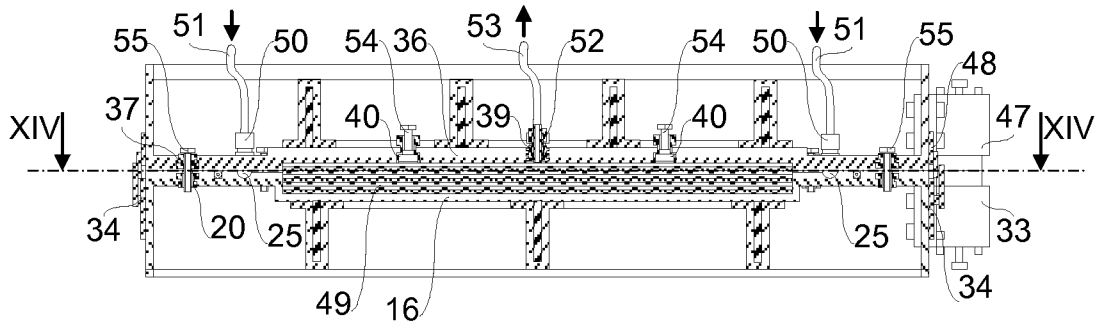


Fig.13

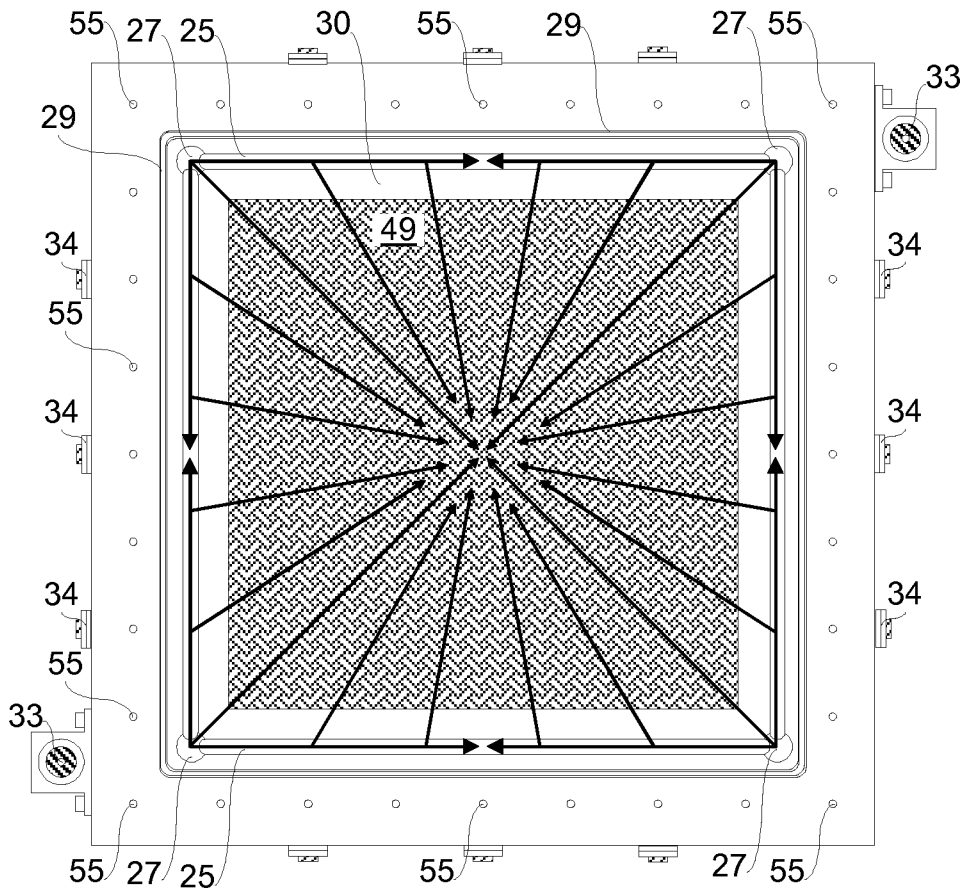


Fig.14

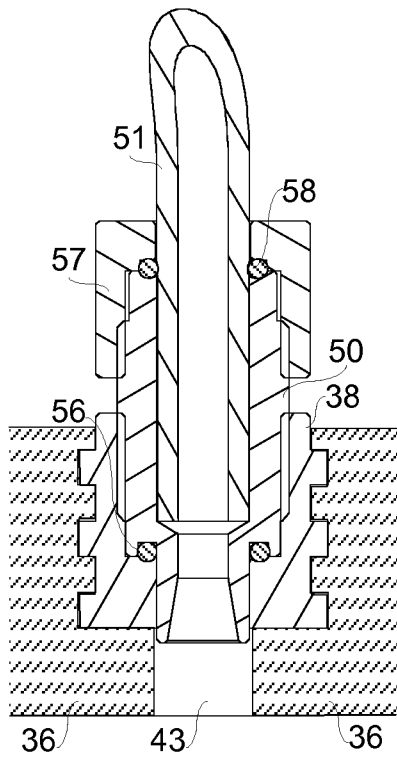


Fig.15

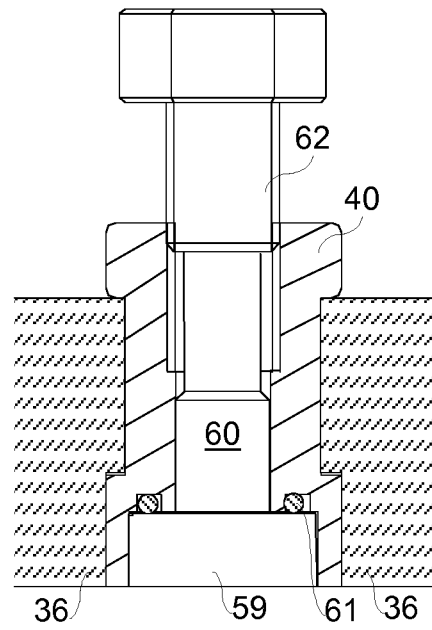


Fig.16

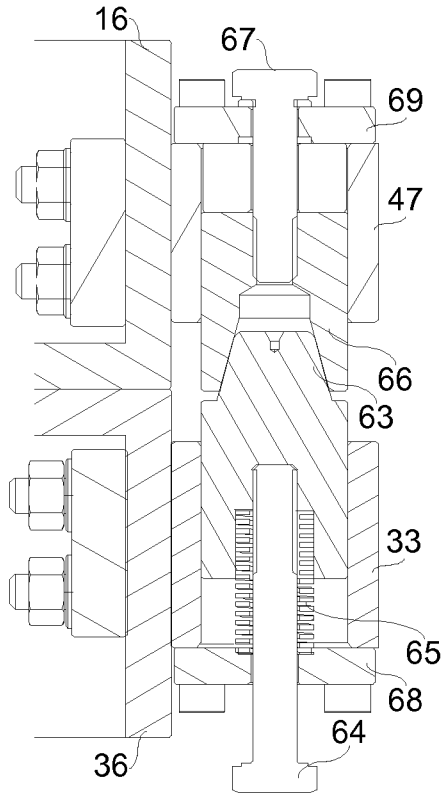


Fig.17

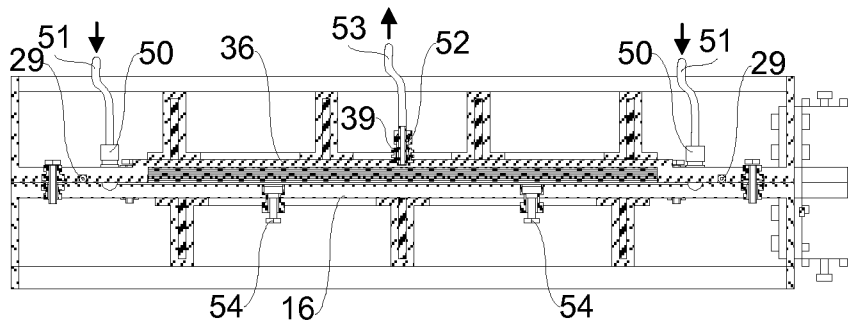


Fig.18