



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101993900297292
Data Deposito	22/04/1993
Data Pubblicazione	22/10/1994

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	M		

Titolo

PROCEDIMENTO PER L'INGLOBAMENTO DI FIBRE OTTICHE, OVVERO DI SENSORI A FIBRA OTTICA, ALL'INTERNO DI MANUFATTI IN MATERIALE COMPOSITO.

A-389

DESCRIZIONE

a corredo di una domanda di brevetto per invenzione industriale dal titolo:

PROCEDIMENTO PER L'INGLOBAMENTO DI FIBRE OTTICHE, OVVERO DI SENSORI A FIBRA OTTICA, ALL'INTERNO DI MANUFATTI IN MATERIALE COMPOSITO;

a nome di:

Finmeccanica S.p.A. - Ramo Aziendale ALENIA, di nazionalità italiana;

Inventori:

DE VITA, Vincenzo

FERRARO, Pietro

INSERRA IMPARATO, Sabato

RM93 A 000253

RIASSUNTO TECNICO

Metodo per consentire l'introduzione, l'inglobamento e la fuoriuscita di fibre ottiche, all'interno di una parte in materiale composito, durante il processo di fabbricazione.

L'inglobamento delle fibre ottiche viene fatto allo scopo di poter effettuare una diagnostica di grandezze meccaniche, termiche, chimiche all'interno della parte, durante il processo di consolidamento del mate-

ad7V

1 riale composito, al termine di tale processo e durante
l'impiego della parte stessa.

Il metodo di inglobamento prevede l'impiego di un uten-
sile idoneo all'attraversamento del materiale composito
5 nelle zone di ingresso/uscita della fibra ottica. Il
metodo suddetto, inoltre, prevede l'uso di materiale a
base di gomma sintetica incollabile e compatibile con
il materiale composito, nelle stesse zone di
ingresso/uscita. Il metodo prevede ancora degli elemen-
10 ti di protezione ancorati alla struttura per la prote-
zione dei tratti di sensore esterni alla struttura
stessa e per il fissaggio dei connettori di estremità.
Tale soluzione ha il vantaggio di mantenere l'integrità
della fibra ottica nelle zone critiche di ingresso/u-
15 scita, e inoltre di permettere un'agevole manipolazione
della stessa per successivi necessari collegamenti a
opportune strumentazioni/apparecchiature di misura e/o
controllo.

L'impiego di tale metodo di inglobamento può, per esem-
20 pio, trovare applicazione nell'industria aerospaziale
per la diagnostica ed il controllo attivo di strutture
in materiale composito, a bordo di velivoli, satelliti,
etc. ("Smart Structures").

TESTO DELLA DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce a un procedimento di inglobamento di fibre ottiche, ovvero sensori a fibra ottica, all'interno di manufatti in materiale composito, allo scopo di effettuare la diagnostica di grandezze meccaniche, termiche, chimiche all'interno delle parti durante e dopo il processo di consolidamento del materiale composito e durante l'impiego della parte stessa per la finalità per la quale essa è stata realizzata.

Tale metodo può essere applicato particolarmente, ma non esclusivamente, per l'inglobamento di sensori a fibra ottica in strutture in composito di tipo aeronautico, realizzate con differenti processi. Tra questi un esempio di applicazione è quello di laminati in fibra di carbonio con matrice polimerica, ottenuti con processo di consolidamento dei vari strati e polimerizzazione in autoclave con un ciclo di temperatura e pressione.

Il procedimento sopra descritto trova applicazione per realizzare sistemi di monitoraggio e controllo di grandezze fisiche su strutture in composito, sia in prove di laboratorio sia in servizio.

L'invenzione comporta una semplificazione ed un miglioramento nel processo di fabbricazione di strutture in

1 materiale composito con fibre ottiche inglobate. Essa
trova vantaggiosa applicazione soprattutto nel campo
delle costruzioni aeronautiche, spaziali; costruzioni
navali, ferroviarie; strutture per "stands"; strutture
5 militari da campo (ponti, strade); strutture per ap-
parecchiature medicali; costruzioni automobilistiche;
e dovunque siano richieste strutture di minimo peso, al-
ta efficienza strutturale e miglioramento della qua-
lità.

10 L'applicazione di sensori a fibra ottica per diagnosti-
ca di strutture in composito richiede l'inglobamento
di fibre ottiche tra gli strati di materiale non ancora
polimerizzato.

15 Al termine del processo di fabbricazione di una strut-
tura in materiale composito, le fibre ottiche devono
essere collegate alla strumentazione optoelettronica
per effettuare l'analisi dei segnali ottici, viaggian-
ti all'interno della fibra, che trasportano informa-
zioni relative ai parametri meccanici, termici etc.

20 Le fibre ottiche non possono uscire dal manufatto at-
traverso il bordo esterno a causa della necessaria ri-
filatura dei bordi, alla quale il manufatto stesso vie-
ne sottoposto.

Inoltre il metodo di inglobamento deve essere semplice,
25 di facile applicazione durante le fasi di fabbricazio-

1 ne, e idoneo a preservare l'integrità della fibra ottica e la qualità della parte prodotta.

Qualsiasi tipo di fibra ottica può essere impiegato con questo metodo.

5 La fibra ottica ha buone caratteristiche di resistenza meccanica quando sottoposta a carichi di trazione/compressione, ma ha una sensibile fragilità quando sottoposta a flessione con piccoli raggi di curvatura. Nel caso in cui la fibra fuoriesca dalla parte senza alcun
10 accorgimento, vi sono elevate possibilità che essa subisca una rottura proprio nel punto di fuoriuscita. Le suddette caratteristiche della fibra ottica, associate alla complessità del processo di fabbricazione dei compositi, rendono l'inglobamento un punto cruciale
15 dello sviluppo delle "Smart Structures".

Il procedimento qui descritto, che forma oggetto della presente domanda di brevetto, risulta essere efficace e trova applicazione industriale per parti in materiale composito.

20 L'inglobamento di sensori a fibra ottica all'interno di manufatti in materiale composito a matrice polimerica è realizzato collocando la fibra ottica fra strati contigui di materiale di rinforzo.

Successivamente il manufatto è sottoposto al processo
25 di polimerizzazione mediante un ciclo di temperatura e

1 pressione richiesto dalla natura della matrice polime-
rica.

La fibra ottica deve essere collocata in modo da entra-
re e uscire dal manufatto, per poter essere collegata
5 con la strumentazione necessaria alla generazione ed
all'analisi dei segnali ottici trasportati dalla fibra
stessa.

Allo stato presente della tecnica, l'ingresso e l'usci-
ta della fibra ottica dal manufatto venivano realizzati
10 (Fig. 6) facendo sporgere gli estremi liberi della fi-
bra 2 dai bordi 12 del manufatto stesso, con complessi
sistemi di protezione della fibra che avevano lo scopo
di evitarne la rottura durante e dopo il processo di
fabbricazione del manufatto.

15 Gli inconvenienti intrinsecamente connessi con l'uso di
tali sistemi di protezione sono:

- (a) difficoltà di effettuare le operazioni di rifilatu-
ra perimetrale, necessarie per avere il manufatto
20 nella forma e nelle dimensioni richieste dal pro-
getto, rimuovendo la fascia perimetrale caratteriz-
zata da disuniformità nel contenuto di resina e
nell'orientamento delle fibre di rinforzo, tutto
ciò senza danneggiare o recidere le fibre ottiche
25 uscenti dai bordi di estremità del manufatto;

1 (b) elevata probabilità di rottura della fibra ottica
nei punti di ingresso e uscita della stessa dal ma-
nufatto, a causa della camicia di resina che si
5 forma attorno alla fibra ottica durante il processo
di polimerizzazione; questa camicia di resina pro-
duce nei punti di ingresso e uscita un vincolo ri-
gido che provoca la rottura della fibra ottica nei
suddetti punti, appena essa subisce flessioni anche
di lieve entità;

10 (c) estrema difficoltà di manipolazione dei manufatti,
a causa di quanto detto al punto (b), in tutte le
operazioni successive alla polimerizzazione del
manufatto stesso, e comprendenti in particolare
15 l'installazione dei connettori agli estremi delle
fibre ottiche per il collegamento con la strumenta-
zione di analisi e misura.

20 Il procedimento oggetto dell'invenzione consiste nel
proteggere, mediante un dischetto di gomma incollato
sulla superficie del manufatto, i punti di ingresso e
uscita della fibra ottica dal manufatto stesso.
Inoltre il metodo prevede l'uso di elementi fissati al-
la struttura per la protezione, dopo l'inglobamento,

1 dei tratti di sensore esterni alla struttura stessa e
per il fissaggio dei connettori. Il suddetto procedimen-
to migliora lo stato presente della tecnica, in quanto
esso, con riferimento alle figure 3, 5 e 6 e ai tre
5 punti (a), (b), (c) sopra elencati:

(a) permette l'ingresso e l'uscita della fibra ottica 2
attraverso la superficie 11 del manufatto, anziché
attraverso bordi di estremità 12, eliminando così
10 tutte le difficoltà connesse con la rifilatura del
manufatto in presenza di fibre ottiche;

(b) assicura un'alta resistenza della fibra nei punti
di ingresso e uscita dalla superficie del manufat-
to, in quanto la presenza del dischetto di gomma 5
impedisce la formazione della camicia di resina so-
pra descritta e nel contempo produce un vincolo e-
lastico per la fibra ottica nei punti di ingresso e
uscita; assicura inoltre un'efficace protezione dei
20 tratti di sensore esterni alla struttura ed ai con-
nettori d'estremità 3;

(c) per quanto detto al punto (b), sono eseguibili con
facilità operazioni aggiuntive di rifinitura e di
25 assemblaggio delle parti, assicurando l'integrità

1 della fibra ottica.

Sono qui appresso elencate le figure allegate:

5 Fig. 1: Collocazione della fibra ottica nel manufatto:

- 10 (1) pacchetto pre-compattato di strati di ma-
teriale pre-impregnato non polimerizzato;
(2) fibra ottica;
(5) dischetto di gomma;
(10) ago cavo per il passaggio della fibra ot-
tica;

15 Fig. 2: Schema di stratificazione e sacco a vuoto:

- 20 (1) pacchetto pre-compattato di strati di ma-
teriale pre-impregnato non polimerizzato;
(2) fibra ottica;
(5) dischetto di gomma;
(6) film separatore;
(7) tessuto di ventilazione;
(8) film per sacco a vuoto;
(13) attrezzo di stratificazione e polimerizza-
25 zione;

ad72

- 1 (14) sigillante;
 (15) valvola per collegamento all'apparecchia-
 tura di vuoto;

5
 Fig. 3: Schema di collocazione del connettore sul manu-
 fatto:

- 10 (1) pacchetto pre-compattato di strati di ma-
 teriale pre-impregnato non polimerizzato;
 (2) fibra ottica;
 (3) connettore per fibra ottica;
 (4) elemento per fissare il connettore sul ma-
 15 nufatto e per proteggere la fibra ottica;

Fig. 4: Schema d'ingresso e uscita di più fibre ottiche
 dal manufatto (vista in pianta) secondo l'in-
 20 venzione:

- (2) fibra ottica;
 (5) dischetto di gomma;
 (9) manufatto di materiale composito;

Fig. 5: Schema di ingresso e uscita di una fibra ottica dal manufatto (vista in sezione) secondo l'invenzione:

- (2) fibra ottica;
- (5) dischetto di gomma;
- (9) manufatto di materiale composito;
- (11) superficie del manufatto;
- (12) bordo del manufatto;

Fig. 6: Schema d'ingresso e uscita di una fibra ottica dal manufatto (vista in sezione) secondo lo stato presente della tecnica:

- (2) fibra ottica;
- (9) manufatto di materiale composito;
- (11) superficie del manufatto;
- (12) bordo del manufatto.

L'invenzione è ora descritta a scopo illustrativo e non limitativo, facendo riferimento alle figure allegate.

1 Per procedere alla fabbricazione di manufatti in compo-
sito inglobanti fibre ottiche ovvero sensori a fibre
ottiche, in un unico ciclo di polimerizzazione, devono
essere disponibili i seguenti materiali, strumentazione
3) ed impianti:

- rotolo di carboresina o simili, cioè mate-
riale preimpregnato a matrice polimerica,
rinforzato con fibre di varia natura (qua-
10 li carbonio, aramidico, vetro, e simili),
disposto in uno strato superiore 1a e in
uno strato inferiore 1b;

15 - fibra ottica 2, o sensori a fibra ottica,
compatibile con il processo di polimeriz-
zazione del manufatto;

20 - dischetti di gomma 5 incollabili sul mate-
riale pre-impregnato nello stesso ciclo di
polimerizzazione di quest'ultimo;

25 - ago cavo 10 per il passaggio della fibra
ottica attraverso gli strati di materiale
pre-impregnato;

1

- film separatore 6 per isolare la fibra ottica dalla superficie del laminato;

5

- tessuto di ventilazione 7 per favorire l'aspirazione dell'aria;

- connettore 3 per la fibra ottica;

10

- elemento 4 di fissaggio del connettore sul manufatto per la protezione della fibra ottica;

15

- altri materiali ausiliari che consentano di realizzare il sacco a vuoto;

- attrezzo 13 di stratificazione e polimerizzazione;

20

- area con ambiente controllato per quanto riguarda temperatura, umidità e contenuto di polvere;

25

- autoclave, cioè recipiente chiuso che consenta di realizzare un ciclo di temperatura e pressione.

1 Si descrive ora il procedimento, sempre a scopo illustrativo e non limitativo, che rappresenta la versione
5 presentemente preferita dagli inventori. Nulla toglie, tuttavia, che esso possa essere realizzato anche in modo diverso, lasciando immutati i concetti fondamentali dell'invenzione.

Quanto nel seguito descritto si riferisce, a titolo di esempio, al procedimento d'inglobamento di fibre ottiche, ovvero di sensori a fibra ottica, all'interno di
10 un manufatto a geometria piana in solido laminato. Tale procedimento può essere esteso senza alcuna limitazione a strutture di geometria complessa e/o a strutture "sandwich", come quelle con inserti a nido d'ape.

15 Il procedimento in questione consiste nell'effettuare le seguenti operazioni:

- tagliare gli strati di materiale preimpregnato secondo i requisiti di progetto;
- 20 - sovrapporre e compattare gli strati per formare i due pacchetti 1a e 1b di preimpregnato;
- collocare sulla superficie 11, in corrispondenza

1 di ciascuno dei punti di ingresso e uscita delle
fibre ottiche 2 dal manufatto, un dischetto di gom-
ma 5;

5 - applicare sulla superficie 11 uno strato di film
separatore 6 ed eseguire la compattazione per mezzo
di sacco a vuoto;

10 - perforare con aghi cavi 10, in corrispondenza dei
dischetti di gomma 5, il pacchetto superiore 1a,
lasciando gli aghi 10 in posizione;

- infilare negli aghi 10 la fibra ottica 2;

15 - estrarre gli aghi 10;

- porre in tensione la fibra ottica 2;

20 - assicurare gli estremi della fibra ottica 2 al film
separatore 6;

- sovrapporre il pacchetto superiore 1a al pacchetto
inferiore 1b;

25 - eseguire la compattazione dei due pacchetti 1a e 1b

1 mediante sacco a vuoto;

5 - preparare il sacco a vuoto finale sovrapponendo al
 pacchetto finale (risultante dall'unione del pacchetto
 1a con il pacchetto 1b) un film di separatore 6, un tessuto di ventilazione 7 ed un film da
 sacco 8;

10 - sigillare il film da sacco 8 sull'attrezzo 13 mediante il sigillante 14;

 - applicare sul sacco a vuoto la valvola 15 ed aspirare l'aria contenuta nel sacco;

15 - portare l'assieme in autoclave o forno o simili ed applicare il processo richiesto per la polimerizzazione;

20 - disfare il sacco a vuoto e rifilare il manufatto lungo il contorno;

 - applicare gli elementi di protezione 4 in corrispondenza dei dischetti di gomma 5;

25 - applicare i connettori 3 alle estremità delle fibre

Ad7V

1 ottiche 2;

- fissare i connettori 3 nelle apposite sedi degli
elementi di protezione 4.

5

10

15

20

25

ad7V

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per l'inglobamento di fibre ottiche
ovvero di sensori a fibre ottiche all'interno di
manufatti in materiale composito, caratterizzato
dal fatto che per eseguire detto procedimento sono
necessari i seguenti materiali, strumenti e impianti:

- rotolo di carboresina o simili, cioè materiale preimpregnato a matrice polimerica, rinforzato con fibre di varia natura (quali carbonio, aramidico, vetro, e simili), disposto in uno strato superiore (1a) e in uno strato inferiore (1b);
- fibra ottica (2), o sensori a fibra ottica, compatibile con il processo di polimerizzazione del manufatto;
- dischetti di gomma (5) incollabili sul materiale pre-impregnato nello stesso ciclo di polimerizzazione di quest'ultimo;
- ago cavo (10) per il passaggio della fibra ottica attraverso gli strati di materiale

1 pre-impregnato;

- film separatore (6) per isolare la fibra
5 ottica dalla superficie del laminato;

- tessuto di ventilazione (7) per favorire
l'aspirazione dell'aria;

- connettore (3) per la fibra ottica;

10 - elemento (4) di fissaggio del connettore
sul manufatto per la protezione della fi-
bra ottica;

15 - altri materiali ausiliari che consentano
di realizzare il sacco a vuoto;

- attrezzo (13) di stratificazione e polime-
rizzazione;

20 - area con ambiente controllato per quanto
riguarda temperatura, umidità e contenuto
di polvere;

25 - autoclave, cioè recipiente chiuso che con-

1 senta di realizzare un ciclo di temperatu-
ra e pressione.

2. Procedimento per l'inglobamento di fibre ottiche
5 ovvero di sensori a fibre ottiche all'interno di
manufatti in materiale composito, secondo la ri-
vendicazione 1, caratterizzato dalle seguenti ope-
razioni:

- 10 - tagliare gli strati di materiale preimpre-
gnato secondo i requisiti di progetto;
- sovrapporre e compattare gli strati per
15 formare i due pacchetti (1a) e (1b) di
preimpregnato;
- collocare sulla superficie (11), in corri-
spondenza di ciascuno dei punti di in-
gresso e uscita delle fibre ottiche (2)
20 dal manufatto, un dischetto di gomma (5);
- applicare sulla superficie (11) uno strato
di film separatore (6) ed eseguire la com-
pattazione per mezzo di sacco a vuoto;
- 25

ad7v

1

- perforare con aghi cavi (10), in corrispondenza dei dischetti di gomma (5), il pacchetto superiore (1a), lasciando gli aghi (10) in posizione;

5

- infilare negli aghi (10) la fibra ottica (2);

- estrarre gli aghi (10);

10

- porre in tensione la fibra ottica (2);

- assicurare gli estremi della fibra ottica (2) al film separatore (6);

15

- sovrapporre il pacchetto superiore (1a) al pacchetto inferiore (1b);

20

- eseguire la compattazione dei due pacchetti (1a) e (1b) mediante sacco a vuoto;

25

- preparare il sacco a vuoto finale sovrapponendo al pacchetto finale, risultante dall'unione del pacchetto superiore (1a) con il pacchetto inferiore (1b), un film

A17V

1 di separatore (6), un tessuto di ventila-
zione (7) ed un film da sacco (8);

5 - sigillare il film da sacco (8) sull'at-
trezzo (13) mediante il sigillante (14);

- applicare sul sacco a vuoto la valvola
(15) ed aspirare l'aria contenuta nel sac-
co;

10 - portare l'assieme in autoclave o forno o
simili ed applicare il processo richiesto
per la polimerizzazione;

15 - disfare il sacco a vuoto e rifilare il ma-
nufatto lungo il contorno;

20 - applicare gli elementi di protezione (4)
in corrispondenza dei dischetti di gomma
(5);

- applicare i connettori (3) alle estremità
delle fibre ottiche (2);

25 - fissare i connettori (3) nelle apposite

1 sedi degli elementi di protezione (4).

5 3. Procedimento per l'inglobamento di fibre ottiche
ovvero di sensori a fibre ottiche all'interno di
manufatti in materiale composito, secondo le riven-
dicazioni 1 e 2, caratterizzato dal fatto che le
10 direzioni d'ingresso e d'uscita delle fibre ottiche
(2) dal manufatto formano un angolo diverso da zero
rispetto al piano di stratificazione delle fibre di
rinforzo, nel caso in cui il manufatto sia un pan-
nello piano; ovvero caratterizzato dal fatto che le
direzioni d'ingresso e d'uscita delle fibre ottiche
15 (2) dal manufatto formano un angolo diverso da zero
rispetto al piano tangente alla superficie di stra-
tificazione delle fibre di rinforzo, nel caso in
cui il manufatto abbia forma complessa.

20 4. Procedimento per l'inglobamento di fibre ottiche
ovvero di sensori a fibre ottiche all'interno di
manufatti in materiale composito, secondo le riven-
dicazioni 1, 2 e 3, caratterizzato dal fatto che la
fibra ottica, nei punti d'ingresso e d'uscita dal
25 manufatto, è protetta da dischetti di gomma (5) che

ad7v

ne preservano l'integrità.

5. Procedimento per l'inglobamento di fibre ottiche
ovvero di sensori a fibre ottiche all'interno di
manufatti in materiale composito, secondo le pre-
cedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto
che il desiderato angolo d'ingresso e d'uscita del-
la fibra ottica dal manufatto è ottenuto usando a-
ghi cavi (10) inseriti attraverso il pacchetto (1a)
durante la stratificazione e che vengono estratti
prima del consolidamento.

6. Procedimento per l'inglobamento di fibre ottiche
ovvero di sensori a fibre ottiche all'interno di
manufatti in materiale composito, secondo le prece-
denti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto
che gli aghi cavi (10), che attraversano gli stra-
tificati, realizzano condotti di attraversamento e
scorrimento a bassissimo attrito che consentono il
movimento della fibra ottica per il corretto posi-
zionamento senza possibilità di danneggiamento.

ad7v

- 1 7. Procedimento per l'inglobamento di fibre ottiche
ovvero di sensori a fibre ottiche all'interno di
manufatti in materiale composito, secondo le prece-
denti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che
5 in corrispondenza dei punti d'ingresso e d'uscita
della fibra ottica dal manufatto sono disposti op-
portuni elementi (4) solidali al manufatto per pro-
teggere la fibra ottica (2) ed il connettore (3).

=.=.=.=.=.=.=.=

10 Roma, **22 APR. 1993**

Finmeccanica S.p.A. - Ramo Aziendale ALENIA

Alessandro de Teco Venis



Alessandro de Teco Venis

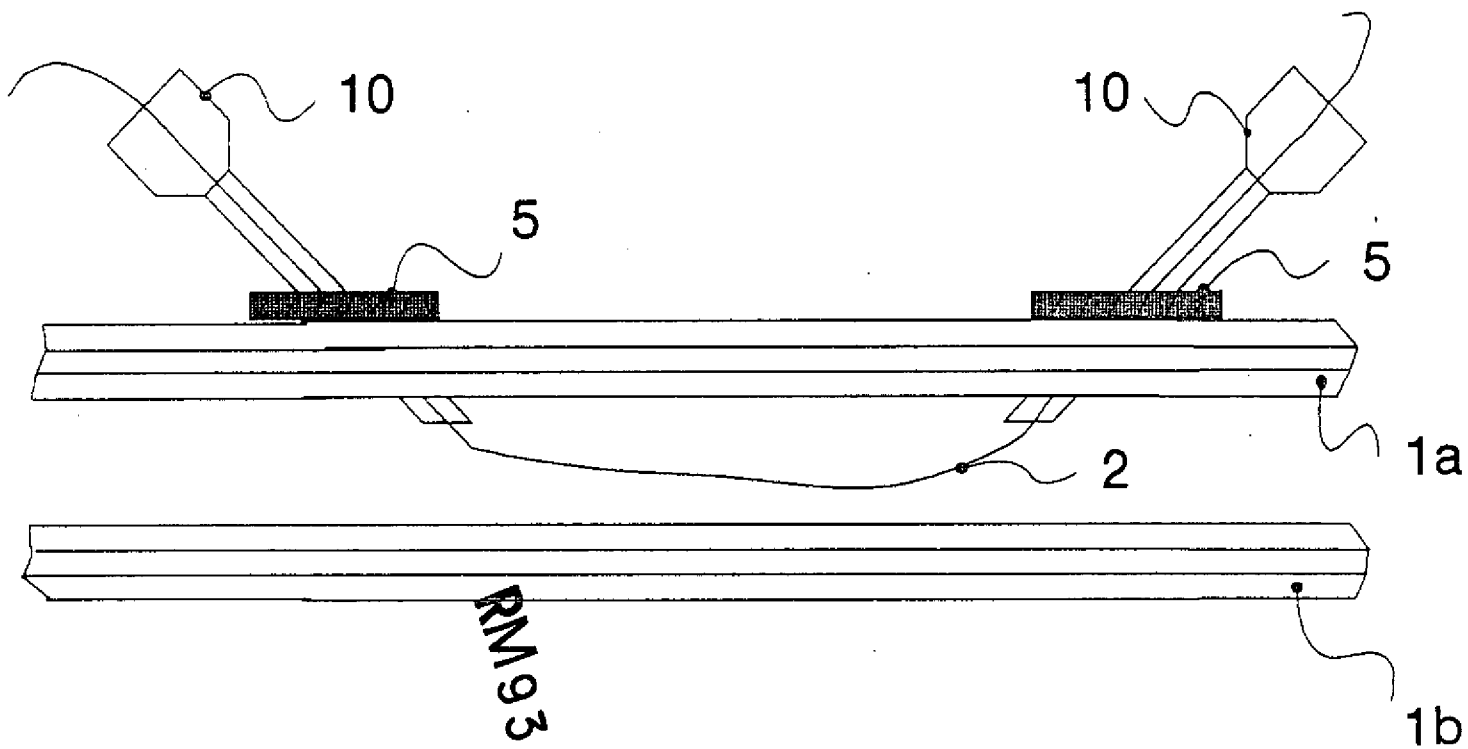


Fig. 1

RM 93 A 000253

Fimeccanica S.p.A. - Ramo Aziendale ALENIA



Alessandro de Gaspari



Finmeccanica S.p.A.

Indirizzo: 20121 Milano, viale ALENIA

Alessandro de Gasperi

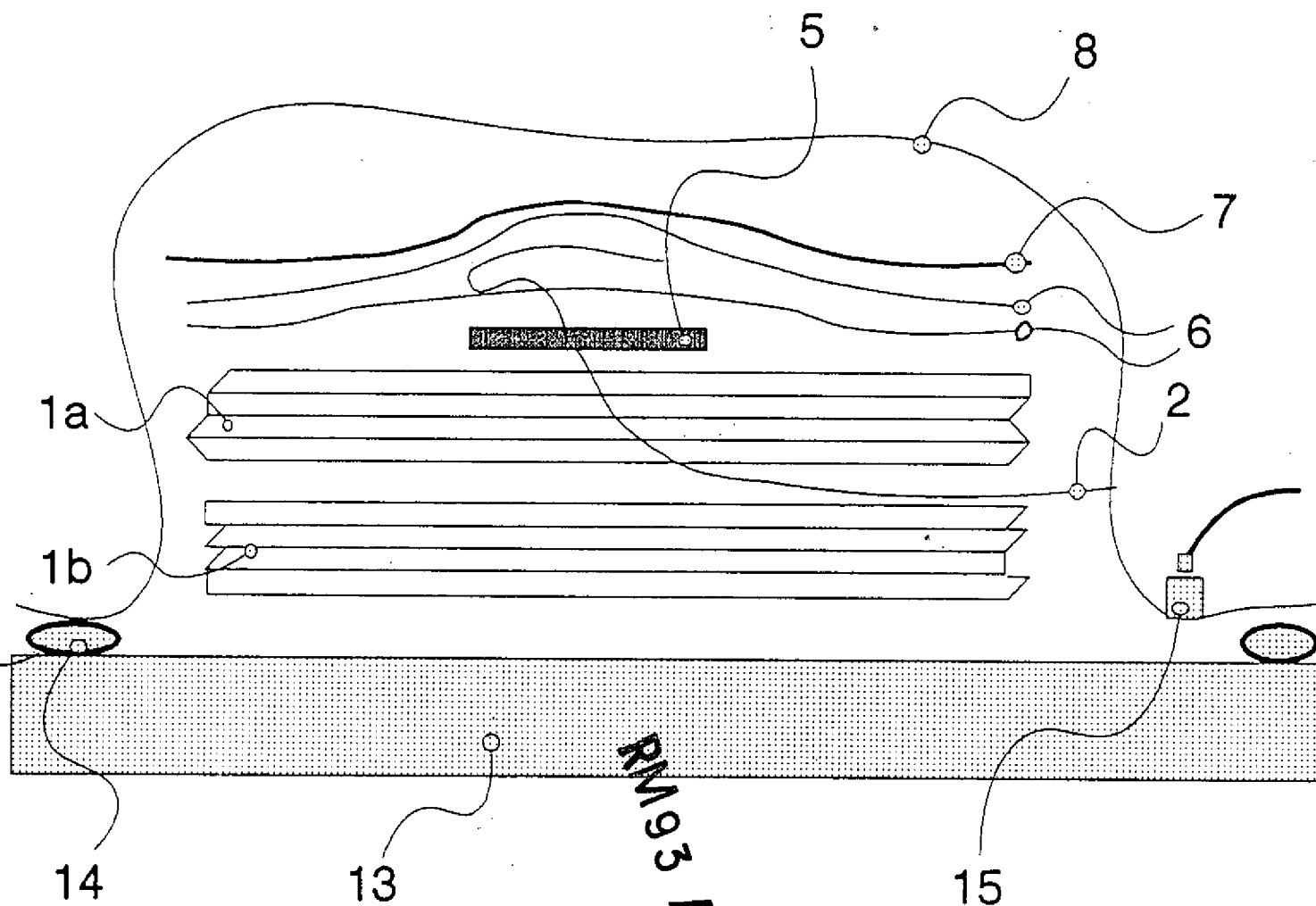


Fig. 2
RM 63 A 000253

RM93 A 000253

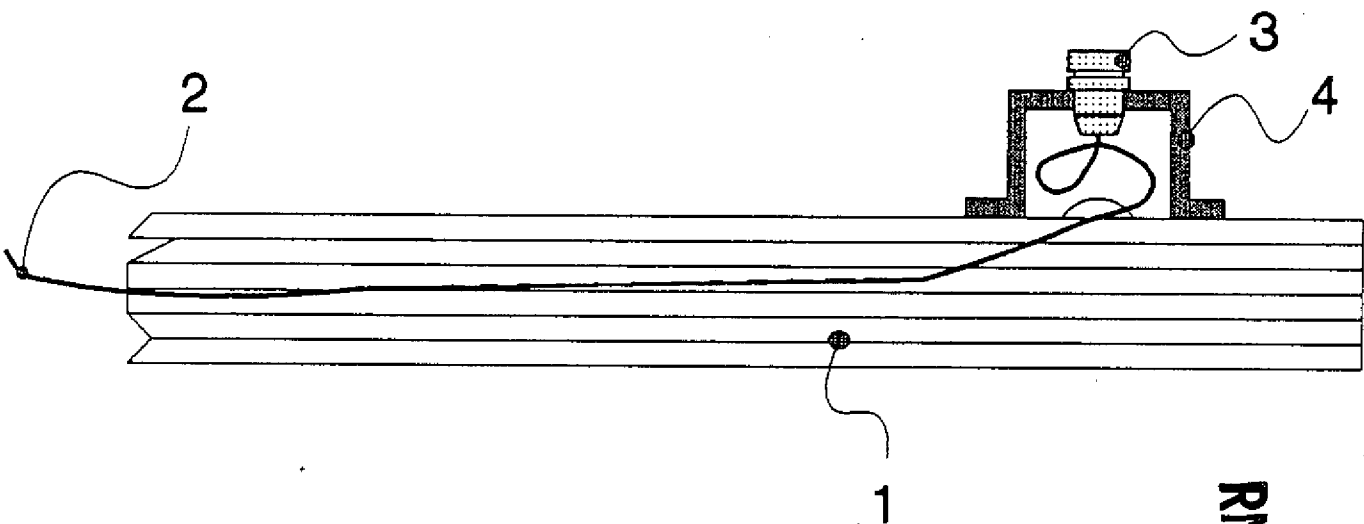


Fig. 3

Fimeccanica S.p.A. -



Alessandro de Vico Venti

RM93 A 000253

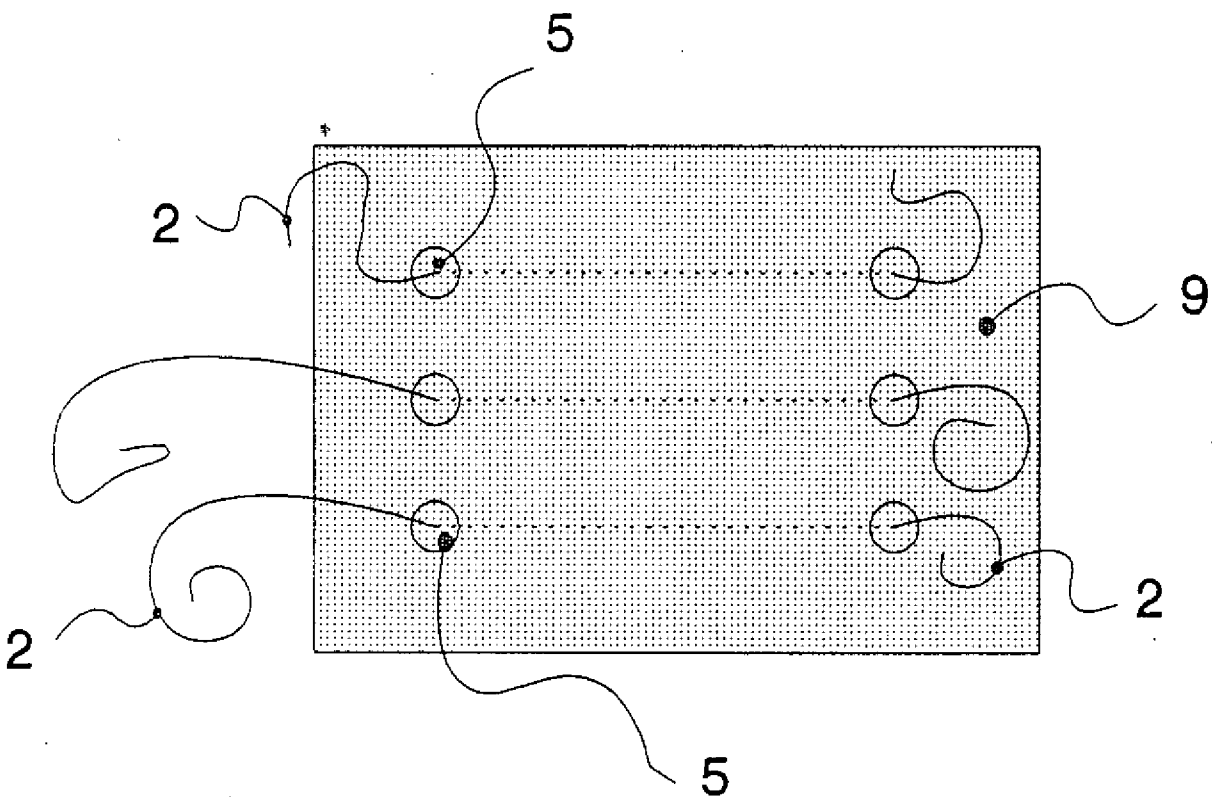


Fig. 4

Finmeccanica S.p.A.



Alessandro de Gasparis

RM93 A 000253

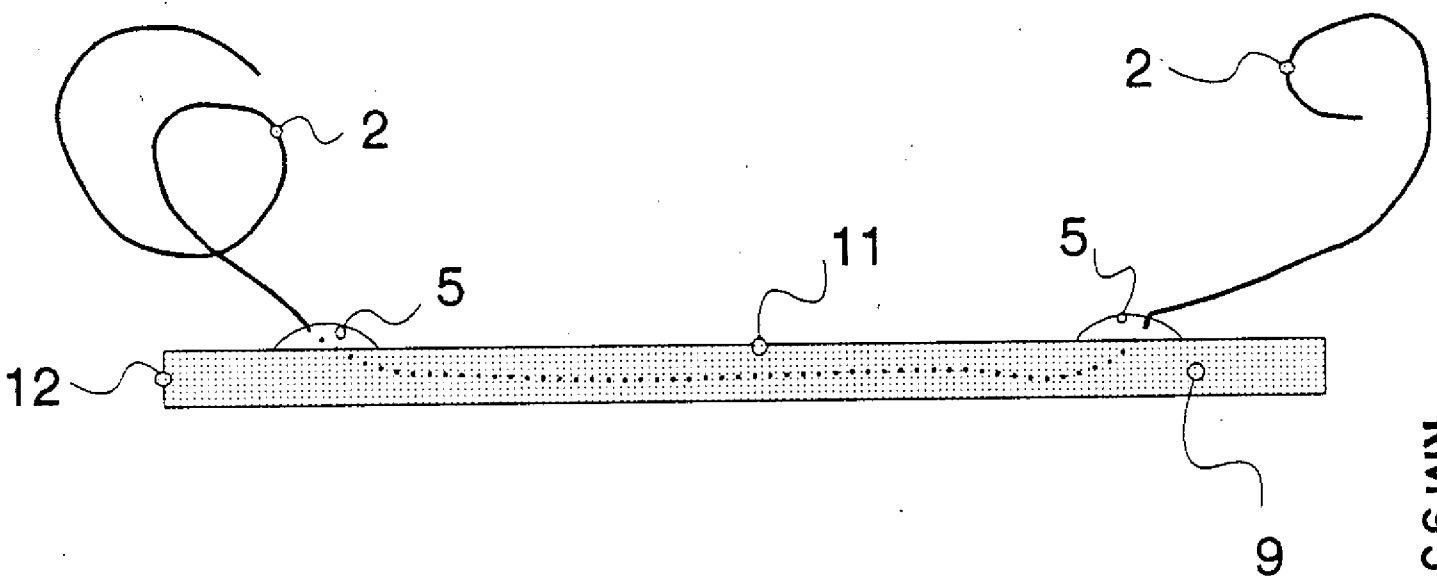


Fig. 5

Finmeccanica S.p.A.



Alessandro de Vico Venti

RM93 A 000253

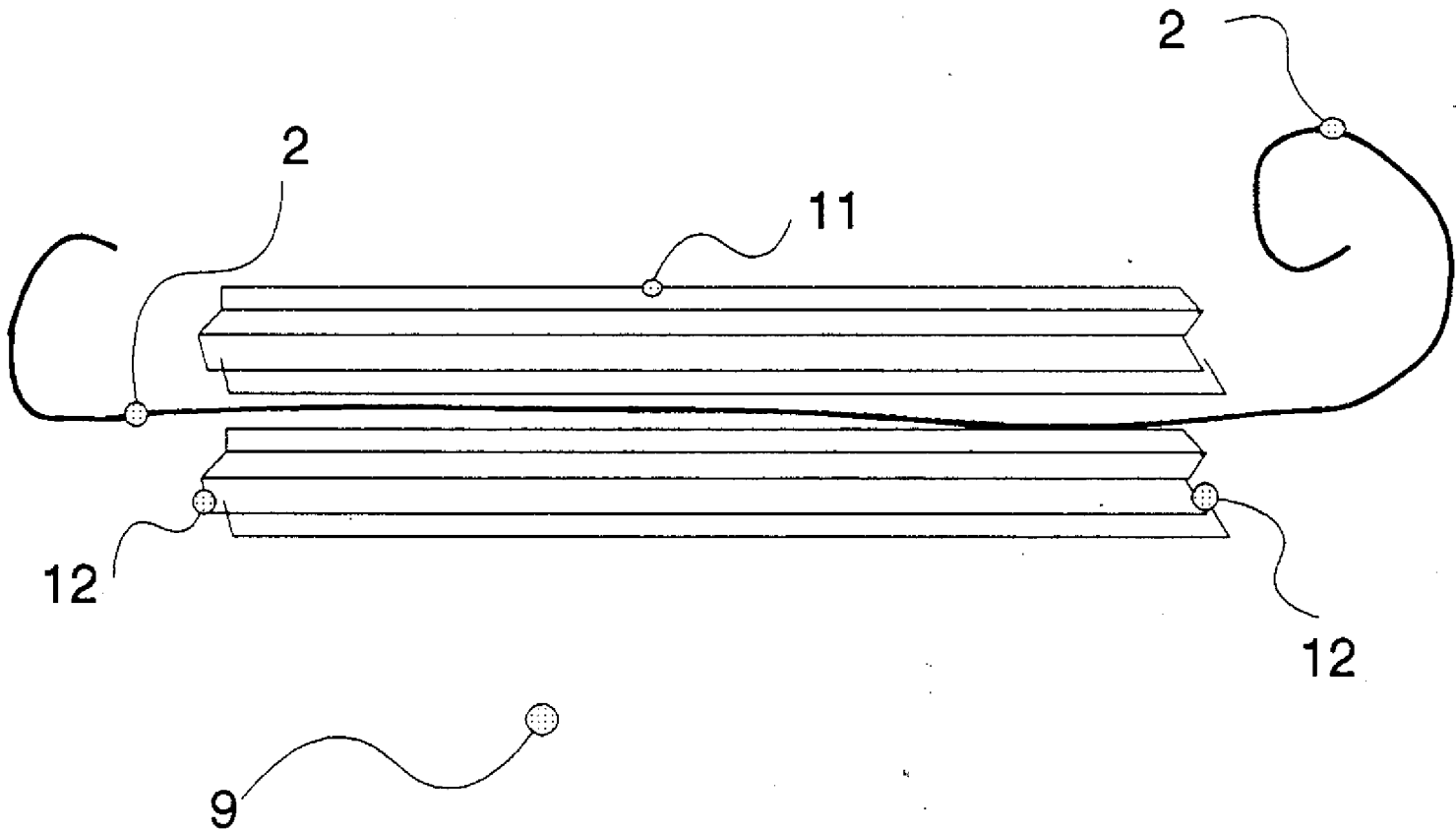


Fig. 6

Fimeccanica S.p.A.



Alessandro de' Medici