



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

DOMANDA NUMERO	102001900977732
Data Deposito	12/12/2001
Data Pubblicazione	12/06/2003

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	64	G		

Titolo

METODO PER LA REALIZZAZIONE DI UN INVOLUCRO COIBENTATO PER UN PROPULSORE A RAZZO, ED INVOLUCRO COIBENTATO PER UN PROPULSORE A RAZZO REALIZZATO MEDIANTE TALE METODO.

12 DIC. 2001

TO 2001 A 001161

D E S C R I Z I O N E

del brevetto per Invenzione Industriale  
di

1) FIATAVIO S.P.A.

di nazionalità italiana,

con sede a 10127 TORINO, VIA NIZZA, 312

2) AGENZIA SPAZIALE ITALIANA

di nazionalità italiana

con sede a 00198 ROMA, VIALE LIEGI, 26

Inventori designati: FAZIO Enrico, BELLOMI Paolo

\*\*\*\*\*

La presente invenzione è relativa ad un metodo per la realizzazione di un involucro coibentato per un propulsore a razzo a propellente solido.

Com'è noto, i propulsori a razzo comprendono un involucro di forma sostanzialmente cilindrica riempito con propellente solido, un dispositivo di accensione del propellente, ed un ugello terminale, attraverso il quale il propellente, bruciando, genera una spinta propulsiva. L'involucro è realizzato in acciaio oppure in materiale composito, ad esempio in fibre di carbonio o in fibre di un materiale denominato comunemente kevlar (marchio registrato), ed è rivestito internamente da uno strato di materiale ablativo, il quale è definito essenzialmente da gomma con additivi e

protegge termicamente l'involucro durante la combustione del propellente.

Per realizzare un propulsore o motore avente l'involucro in materiale composito (comunemente denominato in lingua inglese con il termine "filament wound motor"), la gomma viene dapprima depositata sulla superficie esterna di un mandrino scomponibile avente la forma in negativo dell'involucro finito, e viene poi indurita mediante un trattamento di reticolazione (indicato in lingua inglese con il termine "curing").

Successivamente, si avvolgono le fibre di materiale composito, si effettua un secondo trattamento di reticolazione per indurire il materiale composito stesso ed infine si smonta e si rimuove il mandrino per lasciare libero lo spazio dove introdurre il propellente solido.

La gomma che non è ancora stata sottoposta a reticolazione presenta una consistenza relativamente fluida, per cui viene applicata mediante una testa di deposizione che viene spostata mantenendola ad una distanza prestabilita costante dalla superficie esterna del mandrino ed in modo da avvolgere e pressare la gomma sul mandrino stesso. Inoltre, dato che il mandrino alle proprie estremità assiali presenta una forma a cupola, la testa di deposizione possiede almeno

due gradi di libertà per seguire completamente la curvatura della superficie esterna del mandrino.

Le soluzioni note appena descritte risultano scarsamente soddisfacenti, in quanto lo spessore radiale della gomma applicata sul mandrino presenta una tolleranza relativamente ampia, ossia può variare tra le varie zone del mandrino e da un'applicazione all'altra, per cui sovente è necessario effettuare una lavorazione ad asportazione di materiale dopo che la gomma è stata reticolata, allo scopo di ottenere con precisione le dimensioni desiderate.

Quanto appena esposto è dovuto essenzialmente al fatto che la gomma tende a deformarsi durante la deposizione sul mandrino, in quanto non sopporta tensioni e, in particolare, trazioni che si possono presentare durante la deposizione, ad esempio quando la gomma viene depositata sulle estremità a cupola oppure quando il sincronismo tra lo spostamento della testa di deposizione e la rotazione del mandrino risulta impreciso.

Inoltre, è necessario avere complessi sistemi di movimentazione e di controllo della testa di deposizione, in quanto deve essere spostata per seguire, senza interferenza, la forma esterna di mandrini anche diversi l'uno dall'altro e deve essere

sincronizzata con la rotazione del mandrino per poter realizzare un rivestimento di spessore il più possibile uniforme indipendentemente dalla forma del mandrino.

Scopo della presente invenzione è quello di fornire un metodo per la realizzazione di un involucro coibentato per un propulsore a razzo, il quale consenta di risolvere in maniera semplice ed economica i problemi sopra esposti.

Secondo la presente invenzione viene fornito un metodo per la realizzazione di un involucro coibentato per un propulsore a razzo; il metodo comprendendo le fasi di formare uno strato anulare di rivestimento termico disponendo un materiale di protezione termica sulla superficie esterna di un mandrino di formatura; ed essendo caratterizzato dal fatto di comprendere, inoltre, la fase di realizzare un nastro comprendente il detto materiale di protezione termica e sostanzialmente inestensibile almeno lungo la direzione longitudinale di estensione del nastro stesso, e dal fatto che la disposizione del detto materiale di protezione termica viene effettuata avvolgendo il detto nastro sul detto mandrino di formatura e tensionando il detto nastro durante l'avvolgimento.

In particolare, l'avvolgimento del detto nastro viene effettuato mettendo in rotazione il detto

mandrino di formatura attorno ad un asse ed esercitando sul detto nastro un'azione di trattenimento opposta al senso di rotazione del detto mandrino di formatura.

Preferibilmente, la realizzazione del detto nastro viene effettuata accoppiando tra loro una banda di materiale di protezione termica da reticolare e mezzi di rinforzo sostanzialmente inestensibili lungo la detta direzione longitudinale e, convenientemente, formando una struttura a fibre estendentesi nella detta direzione longitudinale e costituente almeno parte dei detti mezzi di rinforzo, ed associando tra loro la detta struttura a fibre e la detta banda di materiale di protezione termica da reticolare.

La presente invenzione è relativa, inoltre, ad un involucro coibentato per un propulsore a razzo.

Secondo la presente invenzione viene realizzato un involucro coibentato per un propulsore a razzo; l'involucro coibentato comprendendo un guscio esterno realizzato in materiale composito ed uno strato anulare interno di rivestimento termico comprendente un materiale di protezione termica; caratterizzato dal fatto di comprendere, inoltre, mezzi di rinforzo del detto materiale di protezione termica; i detti mezzi di rinforzo essendo continui in direzione circonferenziale ed annegati nel detto materiale di protezione termica.

L'invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano un esempio di attuazione non limitativo, in cui:

la figura 1 illustra, parzialmente in sezione, un involucro coibentato per un propulsore a razzo realizzato secondo una preferita forma di attuazione del metodo di realizzazione della presente invenzione;

le figure 2 e 3 illustrano schematicamente, parzialmente in sezione ed in scala ingrandita, fasi del metodo di realizzazione dell'involucro coibentato della figura 1;

la figura 4 illustra, in prospettiva e schematicamente, un nastro utilizzato per attuare il metodo delle figure 2 e 3; e

la figura 5 illustra, in sezione, una variante del nastro della figura 4.

Nella figura 1, con 1 è indicato un involucro coibentato per un propulsore a razzo.

L'involucro coibentato 1 è atto ad essere riempito con propellente solido e comprende un guscio 2 rigido esterno, il quale si estende lungo un asse 3, presenta una forma sostanzialmente cilindrica ed è realizzato in materiale composito, ad esempio in fibre di carbonio o in fibre di un materiale denominato comunemente kevlar (marchio registrato).

L'involucro coibentato 1 comprende, inoltre, uno strato 4 di rivestimento, il quale ricopre la superficie interna del guscio 2 e comprende un materiale ablativo avente la funzione di proteggere termicamente il guscio 2 stesso durante la combustione del propellente.

Secondo quanto illustrato nella figura 2, per realizzare l'involucro coibentato 1 il materiale ablativo viene applicato sulla superficie 7 esterna di un mandrino 8 di formatura, il quale presenta la forma in negativo dell'involucro coibentato 1, è scomponibile in modo noto e non illustrato per essere rimosso dopo la formatura dell'involucro coibentato 1 stesso e comprende una porzione 10 assiale intermedia cilindrica e due porzioni 11 assiali terminali contrapposte conformate a cupola.

Il mandrino 8 è calettato in posizione fissa su un albero 13, il quale si estende lungo l'asse 3, è motorizzato in modo noto e non illustrato per ruotare attorno all'asse 3 stesso e costituisce parte di una macchina 14 di avvolgimento (parzialmente illustrata).

La macchina 14 comprende, inoltre, una testa 16 di avvolgimento, la quale è disposta in una posizione radiale distanziata dal mandrino 8, è motorizzata in modo noto e non illustrato per traslare rispetto al

mandrino 8 stesso in una direzione A parallela all'asse 3 ed avvolgere sulla superficie 7 un nastro 18.

Secondo quanto illustrato nella figura 4, il nastro 18 comprende una banda 19 di gomma o materiale ablativo 20 non ancora sottoposto a processo di reticolazione ed una banda 21 di tessuto, la quale è sostanzialmente inestensibile nella direzione B longitudinale di estensione del nastro 18 ed è sovrapposta alla banda 19 per rendere sostanzialmente inestensibile il nastro 18 in direzione B.

Qui e nel seguito, con banda 21 "sostanzialmente inestensibile" o con nastro 18 "sostanzialmente inestensibile" in direzione B si intende un elemento che abbia un allungamento massimo e, quindi, una strizione massima pari al 3% quando sottoposto, sempre in direzione B, ad un carico di 100 N/5cm (Newton per 5 centimetri di larghezza). Nel contempo, la banda 21 ed il nastro 18 hanno una resistenza alla trazione in direzione B almeno pari a 200 N/5cm.

Sempre con riferimento alla figura 4, la banda 21 comprende una pluralità di fibre 22 trasversali aventi una resistenza tale da definire solamente la larghezza della banda 21 e del nastro 18, ed una pluralità di fibre 23 unidirezionali continue, le quali sono parallele tra loro in direzione B, sono accostate tra

loro in modo da formare una trama fitta rispetto a quella delle fibre 22 e, in particolare, sono definite da fibre para-aramidiche, ad esempio da fibre di un materiale denominato kevlar (marchio registrato).

Il nastro 18 viene formato realizzando il tessuto della banda 21, laminando la gomma da reticolare in modo da formare un foglio di gomma (non illustrato), effettuando una seconda laminazione per sovrapporre e far aderire tra loro il tessuto ed il foglio di gomma e, infine, tagliando il prodotto ottenuto in direzione prestabilita per formare nastri 18 di larghezza desiderata.

Secondo la variante illustrata nella figura 5, il nastro 18 è formato annegando la banda 21 di tessuto in una banda 25 di gomma da reticolare, ad esempio alimentando il tessuto della banda 21 tra due fogli di gomma da reticolare ed effettuando poi una laminazione per far aderire tra loro i fogli di gomma ed il tessuto interposto.

Con riferimento alle figure 2 e 4, dopo la realizzazione, i nastri 18 di diversa larghezza vengono arrotolati formando una pluralità di bobine 26a, 26b, 26c, le quali vengono montate sulla macchina 14 per alimentare i nastri 18 alla testa 16. Ciascun nastro 18 viene applicato sul mandrino 8 mediante una pluralità

di avvolgimenti 27 sovrapposti (figura 3) e messo in tensione esercitando sul nastro 18 stesso un'azione di trattenimento T diretta tangenzialmente al mandrino 8 ed opposta al senso di rotazione del mandrino 8 stesso attorno all'asse 3.

In particolare, secondo quanto illustrato nella figura 3, lo strato 4 viene formato avvolgendo sulla porzione 10 un nastro 18a e sulle porzioni 11 un nastro 18b di larghezza minore di quella del nastro 18a.

Dopo aver sottoposto lo strato 4 ad un processo di reticolazione per indurire la gomma 20, le fibre 23 rimangono annegate nella gomma 20 stessa, sono continue in direzione circonferenziale, e conferiscono resistenza e compattezza allo strato 4. In particolare, durante la reticolazione che prevede un'operazione di cottura, il materiale del mandrino 8 tende a dilatarsi termicamente, mentre le fibre 23 para-aramidiche tendono ad accorciarsi e a concentrarsi in una zona adiacente alla superficie 7, in quanto hanno un coefficiente di dilatazione termica negativo e, quindi, opposto a quello del mandrino 8. Considerando l'involucro coibentato 1 (figura 1), le fibre 23 si concentrano pertanto in una zona anulare adiacente allo spazio 28 interno da riempire con il propellente, per cui tendono a migliorare le caratteristiche ablativo

18/8/88  
18/8/88  
18/8/88

dello strato 4 in tale zona.

Successivamente, per formare il guscio 2, si avvolge sullo strato 4 un materiale composito in fibre (non illustrato) utilizzando la medesima macchina 14 e sostituendo semplicemente la testa 16 con una testa di avvolgimento apposita (non illustrata), e si effettua, infine, un secondo processo di reticolazione per rendere compatto il materiale composito del guscio 2.

In alternativa alle due fasi di reticolazione, è possibile avvolgere il materiale composito in fibre sullo strato 4 da reticolare ed effettuare un'unica operazione di reticolazione per indurire la gomma 20 e, contemporaneamente, rendere compatto il guscio 2. In questo caso, le fibre 23 tendono a trattenere la gomma 20 da reticolare e, quindi, evitano che la gomma 20 stessa fuoriesca radialmente attraverso le fibre del materiale composito prima che il guscio 2 si sia consolidato completamente. Senza le fibre 23, invece, la dilatazione termica del mandrino 8 tenderebbe a comprimere la gomma 20 da reticolare e a "spremere" la gomma 20 stessa radialmente attraverso le fibre di materiale composito, conferendo all'involucro coibentato 1 un aspetto a "porcospino" che renderebbe inutilizzabile l'involucro coibentato 1 stesso.

Dopo aver reticolato il materiale composito del

guscio 2, si smonta e si rimuove il mandrino 8, e si carica il propellente solido nello spazio 28 interno dell'involucro coibentato 1 così realizzato. Per ottenere il propulsore a razzo, infine, si accoppiano all'involucro coibentato 1 un dispositivo di accensione del propellente e un ugello di propulsione (non illustrati).

Da quanto precede appare evidente che il nastro 18 è sostanzialmente inestensibile in direzione B, può sopportare trazioni unidirezionali relativamente elevate in direzione B e, quindi, può essere messo in tensione durante l'avvolgimento sul mandrino 8 per formare lo strato 4, il quale presenta, di conseguenza, uno spessore radiale omogeneo lungo la superficie 7, riproducibile in maniera costante da un'applicazione all'altra e controllabile tenendo conto del numero di avvolgimenti 27 successivi sul mandrino 8.

Infatti, grazie al tessuto della banda 21 che rinforza e supporta la gomma 20, la banda 19 presenta un valore massimo di allungamento in direzione B ed un valore massimo di strizione che sono molto bassi, per cui ogni avvolgimento 27 del nastro 18 attorno alla superficie 7 ha una dimensione radiale sostanzialmente costante ed invariabile. Pertanto, lo strato 4 viene realizzato con una tolleranza molto ristretta rispetto

allo spessore radiale desiderato e non è richiesta alcuna ulteriore lavorazione ad asportazione di materiale per raggiungere tale spessore desiderato.

Inoltre, la macchina 14 da utilizzare per avvolgere il nastro 18 è di tipo relativamente semplice e non richiede sofisticati programmi di controllo per spostare la testa 16, in quanto il nastro 18 viene tirato dal mandrino 8 durante la rotazione attorno all'asse 3, mentre la testa 16 viene spostata in un'unica direzione A, invece di avere due gradi di libertà come nelle soluzioni note in cui la gomma o materiale ablativo deve essere depositato a contatto della superficie 7.

Inoltre, come sopra esposto, è possibile utilizzare la stessa macchina 14 per avvolgere sia il nastro 18 che il materiale composito in fibre del guscio 2. La stessa macchina 14 può essere utilizzata anche per ricoprire mandrini di dimensioni e di forma diverse tra loro, senza dover cambiare radicalmente le impostazioni della macchina 14 per controllare la testa 16 e senza alcun problema di interferenza tra la testa 16 e le porzioni 11 del mandrino 8.

Inoltre, è possibile ottenere ottimi risultati in maniera indipendente dalla curvatura delle porzioni 11 del mandrino 8 utilizzando nastri 18 di diversa

larghezza tra loro, allo scopo di evitare la formazione di bolle o imperfezioni che potrebbero formarsi nello strato 4 se nastri di larghezza elevata venissero applicati sulle porzioni 11 stesse. Come sopra esposto, i nastri 18 vengono tagliati della larghezza desiderata e per cambiare il tipo di nastro 18 è sufficiente alimentare la testa 16 con una bobina 26a,26b,26c diversa, senza dover cambiare la testa 16 stessa.

Inoltre, come sopra esposto, da un lato, è possibile realizzare un unico processo di reticolazione per lo strato 4 e per il guscio 2 e, dall'altro, lo strato 4 ha una resistenza meccanica e termica elevate grazie alle fibre 23. La resistenza dello strato 4 ottenuto mediante il nastro 18 risulta superiore anche rispetto alla resistenza che presentano gli strati di materiale ablativo con additivi in fiocchi di materiale para-aramidico, a parità di concentrazione del materiale para-aramidico stesso.

Infine, grazie alle caratteristiche di resistenza a trazione della banda 21 si ottengono ottimi risultati per un ampio intervallo di valori tensionamento del nastro 18.

Da quanto precede appare, infine, evidente che al metodo descritto con riferimento alle figure allegate possono essere apportate modifiche e varianti che non

esulano dal campo di protezione della presente invenzione.

In particolare, la gomma 20 potrebbe essere supportata o rinforzata in maniera diversa da quella descritta, ad esempio mediante una pluralità di fibre continue distinte tra loro invece che dalla banda 21 di tessuto. Inoltre, il tessuto e/o le fibre 23 potrebbero avere una trama o intreccio diverso da quello illustrato, ma sempre atto a rendere sostanzialmente inestensibile il nastro 18 almeno nella direzione B longitudinale, e/o le fibre 23 potrebbero essere realizzate in un materiale diverso da quello indicato, ad esempio essere definite da fibre di vetro o fibre di carbonio.

Infine, per quanto riguarda la variante della figura 5, il nastro 18 potrebbe essere realizzato in maniera diversa da quella descritta, ad esempio annegando più di una banda di tessuto o di fibre nella banda 25 di gomma da reticolare.

945/BM

## R I V E N D I C A Z I O N I

1.- Metodo per la realizzazione di un involucro coibentato (1) per un propulsore a razzo; il metodo comprendendo le fasi di formare uno strato anulare di rivestimento termico (4) disponendo un materiale di protezione termica (20) sulla superficie esterna (7) di un mandrino di formatura (8); ed essendo caratterizzato dal fatto di comprendere, inoltre, la fase di realizzare un nastro (18) comprendente il detto materiale di protezione termica (20) e sostanzialmente inestensibile almeno lungo la direzione longitudinale (B) di estensione del nastro (18) stesso, e dal fatto che la disposizione del detto materiale di protezione termica (20) viene effettuata avvolgendo il detto nastro (18) sul detto mandrino di formatura (8) e tensionando il detto nastro (18) durante l'avvolgimento.

2.- Metodo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che l'avvolgimento del detto nastro (18) viene effettuato mettendo in rotazione il detto mandrino di formatura (8) attorno ad un asse (3) ed esercitando sul detto nastro (18) un'azione di trattenimento (T) opposta al senso di rotazione del detto mandrino di formatura (8).

3.- Metodo secondo la rivendicazione 1 o 2,

caratterizzato dal fatto che la realizzazione del detto nastro (18) viene effettuata accoppiando tra loro una banda di materiale di protezione termica da reticolare (19;25) e mezzi di rinforzo (21) sostanzialmente inestensibili lungo la detta direzione longitudinale (B).

4.- Metodo secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che la realizzazione del detto nastro (18) viene effettuata formando una struttura a fibre (21) estendentesi nella detta direzione longitudinale (B) e costituente almeno parte dei detti mezzi di rinforzo (21), ed associando tra loro la detta struttura a fibre (21) e la detta banda di materiale di protezione termica da reticolare (19;25).

5.- Metodo secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che l'associazione tra la detta struttura a fibre (21) e la detta banda di materiale di protezione termica da reticolare (25) viene effettuata annegando la detta struttura a fibre (21) nel detto materiale di protezione termica da reticolare (20).

6.- Metodo secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che l'associazione tra la detta struttura a fibre (21) e la detta banda di materiale di protezione termica da reticolare (25)

viene effettuata sovrapponendo tra loro la detta banda di materiale di protezione termica da reticolare (19) e la detta struttura a fibre (21).

7.- Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 4 a 6, caratterizzato dal fatto che la formatura della detta struttura a fibre (21) viene effettuata utilizzando fibre continue (23) in detta direzione longitudinale (B).

8.- Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 4 a 7, caratterizzato dal fatto che la formatura della detta struttura a fibre (21) viene effettuata utilizzando fibre para-aramidiche (23).

9.- Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere, inoltre, le fasi di reticolare il detto materiale di protezione termica (20) e di formare un guscio (2) all'esterno di detto strato anulare di rivestimento termico (4) avvolgendo un materiale composito in fibre sul detto strato anulare di rivestimento termico (4) e reticolando il materiale composito avvolto; la reticolazione del detto materiale protezione termica (20) e la reticolazione del detto materiale composito avvolto essendo effettuate in un'unica operazione.

10.- Metodo secondo una qualsiasi delle

rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la formatura del detto strato anulare di rivestimento termico (4) viene effettuata utilizzando un primo (18a) ed almeno un secondo (18b) nastro aventi larghezza diversa tra loro.

11.- Metodo secondo la rivendicazione 10, caratterizzato dal fatto la formatura del detto strato anulare di rivestimento termico (4) comprende l'operazione di avvolgere il detto primo nastro (18a) su una porzione intermedia cilindrica (10) del detto mandrino di formatura (8) ed il detto secondo nastro (18a) su una porzione terminale a cupola (11) del detto mandrino di formatura (8); il detto secondo nastro (18b) presentando una larghezza minore del detto primo nastro (18a).

12.- Involucro coibentato (1) per un propulsore a razzo; l'involucro coibentato comprendendo un guscio esterno (3) realizzato in materiale composito ed uno strato anulare interno di rivestimento termico (4) comprendente un materiale di protezione termica (20); caratterizzato dal fatto di comprendere, inoltre, mezzi di rinforzo (21) del detto materiale di protezione termica (20); i detti mezzi di rinforzo (21) essendo continui in direzione circonferenziale ed annegati nel detto materiale di protezione termica (20).

13.- Involucro coibentato secondo la rivendicazione 12, caratterizzato dal fatto che i detti mezzi di rinforzo (21) comprendono una struttura a fibre (21).

14.- Involucro coibentato secondo la rivendicazione 13, caratterizzato dal fatto che la detta struttura a fibre (21) comprende fibre continue (23) in direzione circonferenziale.

15.- Involucro coibentato secondo la rivendicazione 13 o 14, caratterizzato dal fatto che la detta struttura a fibre (21) comprende fibre para-aramidiche (23).

16.- Metodo per la realizzazione di un involucro coibentato per un propulsore a razzo, sostanzialmente come descritto ed illustrato con riferimento alle figure allegate.

17.- Involucro coibentato per un propulsore a razzo, sostanzialmente come descritto ed illustrato nelle figure allegate

p.i.:

1) FIATAVIO S.P.A.

2) AGENZIA SPAZIALE ITALIANA

REVELLI Giancarlo  
(iscrizione Albo nr. 545/EMI)

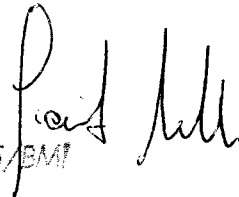


FIG. 1

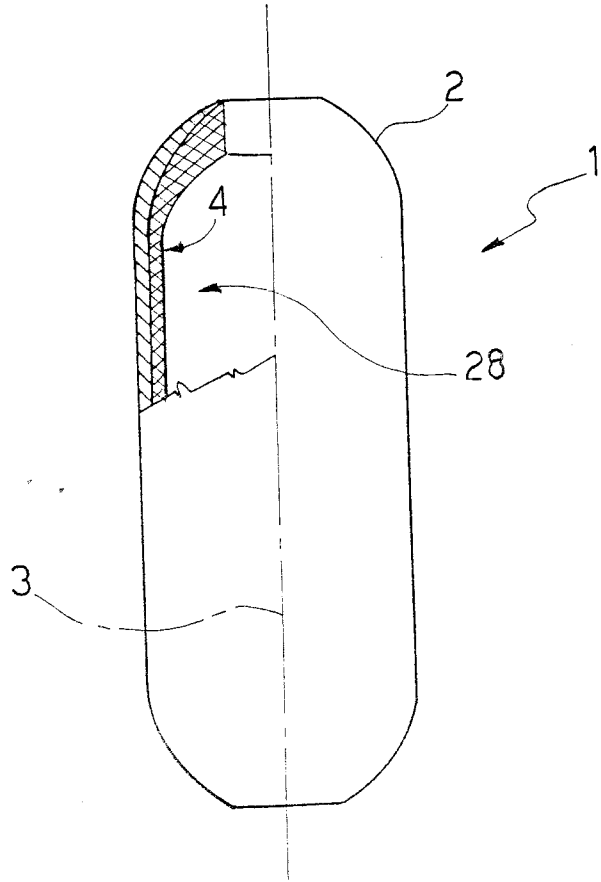
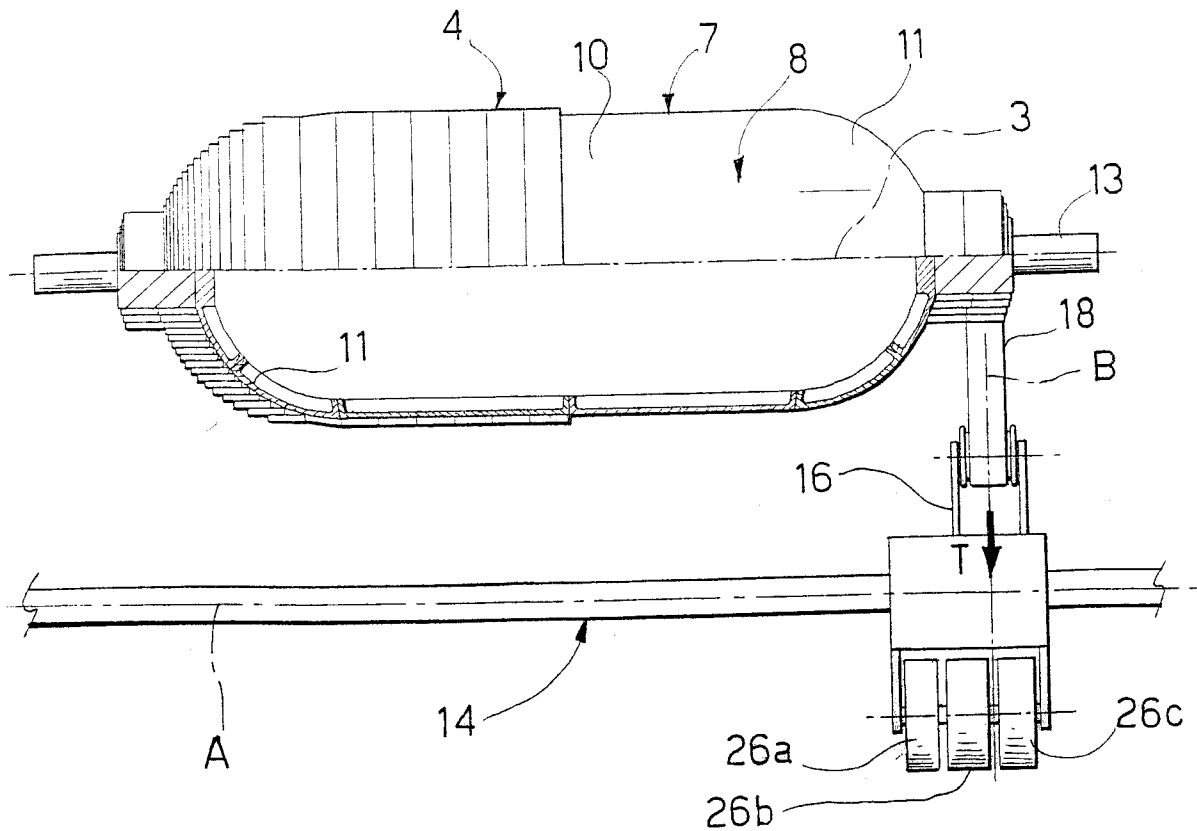


FIG. 2



*Paul Hill*

*J*

*Prof. A. M. M.*

*g*

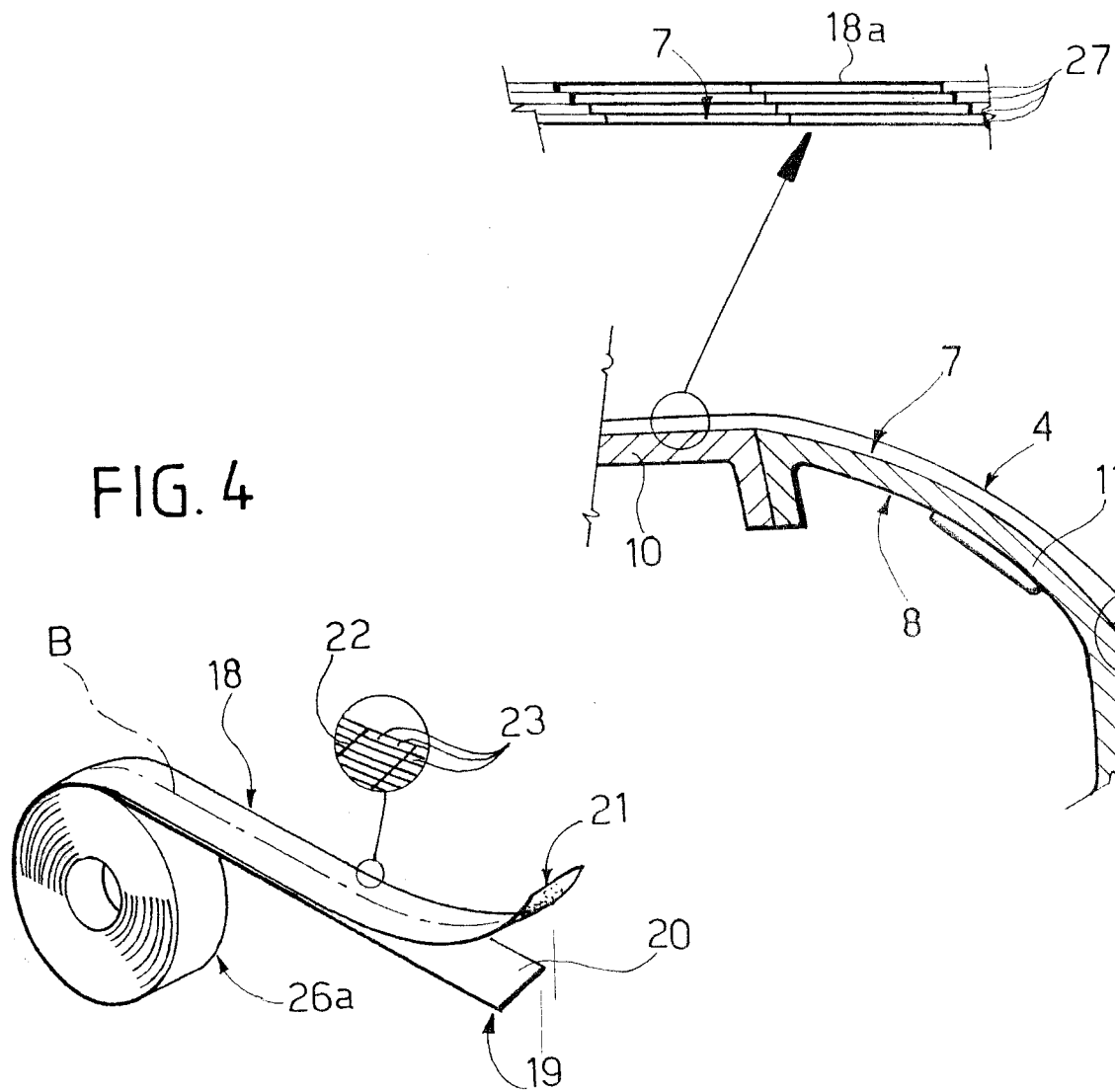


FIG. 4

FIG. 3

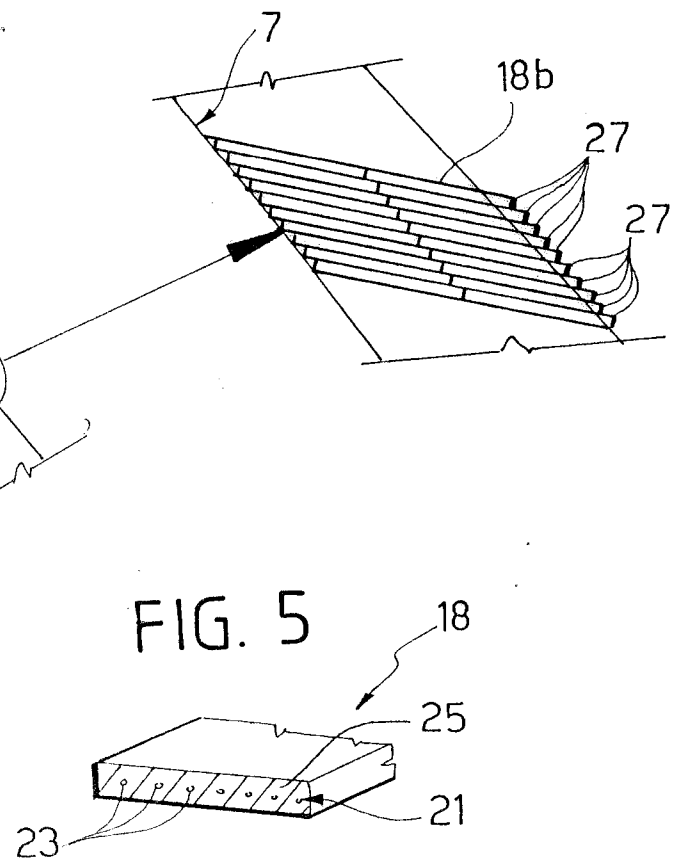


FIG. 5