

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 79 27545

(54) Dispositif de protection contre les chocs et les explosions constitués de matériaux stratifiés à base de fibres et de résine viscoélastique.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). B 32 B 5/02, 33/00; B 60 R 19/02
// B 64 D 7/00; F 41 H 1/02, 5/02.

(22) Date de dépôt..... 8 novembre 1979.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 21 du 22-5-1981.

(71) Déposant : SOCIÉTÉ NATIONALE DES POUDRES ET EXPLOSIFS, société anonyme, résidant en France.

(72) Invention de : Gérard Gelay et Jean Moinard.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : André Remond, chef de service propriété industrielle, Société nationale des poudres et explosifs,
12, quai Henri-IV, 75181 Paris Cedex 04.

.1.

La présente invention a pour objet de nouveaux dispositifs de protection contre les chocs et les explosions constitués de matériaux stratifiés à base de tissus de fibres organiques ou inorganiques et d'une résine visco-
5 élastique thermodurcissable ou thermoplastique.

On sait que les matériaux à fort coefficient d'amortissement et notamment les matériaux viscoélastiques permettent d'atténuer ou même de supprimer les vibrations
10 acoustiques.

Cette propriété est bien illustrée par le brevet des Etats-Unis n° 3 857 296 dans lequel est décrit un dispositif supprimant les vibrations acoustiques par l'uti-
15 lisation d'un matériau viscoélastique.

Dans ce cas, la couche de matériau viscoélastique interposée entre deux plaques métalliques qui la maintiennent par contrainte amortit la transmission des vibrations entre
20 les deux plaques métalliques.

Il a maintenant été trouvé que les résines viscoélastiques lorsqu'elles sont utilisées en combinaison avec des fibres organiques ou inorganiques permettaient
25 d'améliorer considérablement le pouvoir protecteur, la tenue au choc et la tenue mécanique des dispositifs de protection ainsi obtenus.

Dans la description qui va suivre on désignera par
30 le terme "dispositif de protection" les matériaux qui lors d'un choc avec un autre objet permettent de dissiper partiellement ou entièrement l'énergie cinétique dont ledit objet est animé.

35 Il peut s'agir de chocs dus à l'impact d'une balle ou de fragments projetés par une explosion. Il peut également s'agir de chocs beaucoup moins violents auxquels sont soumis,

.../...

.2.

par exemple, les pare-chocs de voitures.

On voit donc que ces dispositifs de protection peuvent être utilisés pour protéger n'importe quelles parties exposées d'un individu ou d'un objet particulier.

5 Il est connu dans l'art antérieur d'utiliser des matériaux stratifiés constitués de couches superposées de tissus à base de fibres et de résine comme protection lors de l'impact d'un projectile. L'énergie cinétique de ce projectile est dissipée par la déformation et le déplacement
10 des couches de tissus imprégnés de résine. Dans ce cas, les fibres constituent l'élément essentiel du blindage, la résine étant présente pour assurer le maintien et donc l'intégrité du matériau.

Ce type de protection peut être utilisé de
15 plusieurs façons différentes, à savoir en support de couches dures comme protection contre les charges creuses, en protection unique, ou en structure composite avec d'autres éléments comme l'acier ou la céramique, par exemple.

Ces utilisations sont notamment illustrées par les
20 deux brevets suivants :

- le brevet français n° 1 507 333 décrit un casque pare-balles en matériau stratifié réalisé au moyen de tissu de verre imprégné de résine polyester ou polyépoxyde,
- 25 - le brevet français n° 1 604 806 décrit un blindage résistant aux petits obus destiné à être utilisé dans les avions. Ce blindage est formé d'une couche antérieure faite de plaques en matériau très dur et d'une couche postérieure
30 en matière fibreuse imprégnée de résine. La matière fibreuse est formée de fibres de verre et la résine est une résine polyépoxyde.

Toutefois, ces matériaux malgré leur intérêt présentent certains inconvénients du fait de la nature
35 même des fibres de verre qui ont des performances limitées et également à cause des résines d'imprégnation qui ne possèdent pas l'élasticité suffisante pour permettre

.../...

la déformation et la mise en mouvement maximum des plis des tissus, ce qui diminue leur résistance lors d'impacts rapprochés.

L'intérêt de ces matériaux s'est considérablement accru avec l'apparition des fibres organiques très résistantes telles que les fibres de polyamide aromatique fournies par Du Pont de Nemours. Ces fibres sont en effet caractérisées par une importante résistance à la traction, une faible masse volumique et donc par un rendement structurel élevé.

L'utilisation de ces fibres de polyamide aromatique dans les blindages est illustrée par le brevet français n° 2 348 991.

Toutefois, les problèmes de tenue mécanique (résistance aux impacts rapprochés) et de tenue au choc restent insuffisamment résolus à cause des performances limitées des résines d'imprégnation qui ont été utilisées jusqu'ici.

Il a maintenant été trouvé de manière tout à fait inattendu que l'utilisation de résine viscoélastique permettait de remédier aux inconvénients décrits précédemment en remplissant à la fois deux fonctions antagonistes, d'une part assurer l'intégrité et le maintien du matériau et d'autre part la déformation maximum des plis, lors d'un ou plusieurs chocs.

L'objet de l'invention est donc de fournir des dispositifs de protection présentant d'excellentes performances notamment en ce qui concerne leur pouvoir protecteur, leur tenue mécanique et leur tenue aux chocs.

Selon l'invention les dispositifs de protection sont caractérisés en ce qu'ils sont constitués de matériaux stratifiés à base de tissus de fibres organiques ou inorganiques associés à une résine viscoélastique thermodurcissable ou thermoplastique présentant un facteur de perte $\tan \delta$ compris entre 0,5 et 1,5, un module d'élasticité E compris entre 10^6 et 10^9 N/m², à une fréquence de 100 Hz

.../...

.4.

et à la température d'utilisation.

Une résine viscoélastique est un élastomère qui présente les caractéristiques suivantes :

- 5 - une élasticité multidirectionnelle, qui permet à un bloc de matériau de se déformer suivant ses divers degrés de liberté, le rappel élastique étant isotrope. Cette propriété est définie quantitativement par le module d'élasticité ou module d'Young E,
- 10 - un amortissement, lié à la nature même de l'élastomère, qui se traduit par une dissipation de l'énergie sous forme calorifique au sein de la matière. La grandeur caractéristique de l'amortissement est le facteur de perte $\tan \delta$.

15 Ces grandeurs sont définies à une certaine fréquence qui peut être prise arbitrairement.

Il existe une grande variété d'élastomères capables de répondre à ces caractéristiques de visco-élasticité.

20 On peut citer à titre indicatif les résines thermodurcissables polyester ou polyépoxyde, les résines thermoplastiques polyuréthane, chlorure de polyvinyle, etc..

La résine époxyde Népurance 5500 (marque déposée) de la société déposante s'est révélée particulièrement
25 intéressante dans cette application.

Pour les raisons exposées dans le préambule de cette description il est avantageux mais non obligatoire d'utiliser des fibres de polyamide aromatique ou Aramid, par exemple les Kevlar 29 ou 49 (marque déposée) fournies
30 par la société Du Pont de Nemours. On pourra également sans sortir de l'invention employer des fibres organiques connues par exemple les fibres de carbone, de bore, de polyamide, ou des fibres inorganiques telles que les fibres de verre.

Comme il a été décrit plus haut la résine est
35 destinée à assurer l'intégrité et le maintien du matériau

.../...

.5.

tout en assurant sa déformation maximum.

Le taux de résine peut varier de manière importante selon les applications auxquelles le dispositif est destiné.

- 5 En général ces matériaux présentent un grand intérêt chaque fois que la masse du dispositif constitue une contrainte importante.

Ces dispositifs peuvent notamment être utilisés comme blindages légers pour protéger les parties vitales
10 d'un avion (en cas de rupture d'aube de réacteurs) ou d'un hélicoptère, les caisses à munition, comme gilets pare-balles ou encore comme supports de blindage en céramique.

Dans ces applications les dispositifs de protection sont destinés à être soumis à des chocs de grande
15 énergie. Dans ce cas le taux de résine ne doit pas être trop important de manière à ne pas diminuer l'aptitude à la protection du matériau, aptitude assurée par les fibres.

Ainsi le taux en poids de résine viscoélastique sera de préférence compris entre 10 et 30 % et sera avantageusement compris entre 15 et 24 %, par rapport au poids
20 total du matériau.

De manière générale, le pouvoir protecteur d'un stratifié à base de fibres augmente avec l'emploi de tissus de deniers plus élevés. Bien que des tissus dont le nombre
25 de deniers varie de 500 à 15000 peuvent être utilisés, il est avantageux d'utiliser un tissu dont le nombre de deniers est supérieur à 1000.

Un procédé particulièrement intéressant pour obtenir les blindages légers selon l'invention consiste à
30 mouler les couches de tissus imprégnés de résine dans un autoclave avec un cycle de température variant de 60 à 120°C et à une pression de 7 à 25 bars.

Bien entendu d'autres procédés peuvent être utilisés sans sortir de l'invention. Ainsi, il est possible
35 d'assembler dans un moule les couches de tissus sec et de verser ou encore d'injecter la résine. Le matériau est

.../...

.6.

ensuite pressé et chauffé de manière à obtenir le matériau stratifié.

Ces dispositifs de protection peuvent encore être utilisés comme pare-chocs d'automobile. Il a en effet
5 été trouvé que ces dispositifs pouvaient avantageusement remplacer les pare-chocs utilisés jusqu'ici. Notamment, la résistance aux impacts frontaux ou de biais se révèle sensiblement supérieure avec les dispositifs selon l'invention.

Pour la réalisation de ces nouveaux pare-chocs
10 d'automobile il est possible d'utiliser un taux de résine viscoélastique nettement supérieur à celui conseillé pour les blindages légers. Ainsi ce taux de résine peut aller jusqu'à 85 % en poids par rapport au poids total du matériau et sera de préférence compris entre 40 et 80 %.

15 Comme fibre on pourra avantageusement mais non obligatoirement utiliser un matelas de fibres courtes (de verre, par exemple).

Bien entendu d'autres applications peuvent être envisagées sans sortir de l'invention.

20 Les exemples ci-dessous illustrent l'invention de manière non limitative et montrent les améliorations apportées par ces matériaux en ce qui concerne le pouvoir protecteur, la tenue mécanique, la tenue au choc et l'application aux blindages arrières de charge creuse.

25 A - POUVOIR PROTECTEUR

Les essais sont effectués dans les conditions suivantes :

- cible de 100 x 200 mm tenue seulement sur deux côtés, par des pinces de largeur 20 mm. 80 % de la cible reste donc libre,
- 30 - projectile en acier doux cylindre à bout plat ayant un diamètre de 7,5 mm et un poids de 3 g,
- afin d'évaluer les performances on mesure la vitesse balistique limite (VBL) pour chaque projectile ainsi que la protection ramenée à 100 % de fibres,
- 35 - % VF est le pourcentage de fibre en volume par rapport au volume fibre et résine.

.../...

.7.

Trois résines ont été testées dont l'une à titre comparatif.

Il s'agit des résines suivantes :

I - Résine Népurance 5500 (polyépoxyde), viscoélastique :

le module d'Young E, est de 10^8 N/m²,

5 le facteur de perte $\text{tg } \delta$ est de 1,

à 20°C et à 100 Hz

10 II - Résine Y 200 (polyépoxyde), viscoélastique :

E 6.10^8 N/m²,

$\text{tg } \delta$ 1,1,

10 à 20°C et à 100 Hz

III - Résine polyester classique (à titre d'essai comparatif)

E 10^{10} N/m²,

$\text{tg } \delta$ 0,05,

à 20°C et à 100 Hz

15 Les différents résultats sont réunis dans le tableau ci-après.

On constate d'après ce tableau que les matériaux selon

l'invention présentent un meilleur pouvoir protecteur

que les matériaux réalisés avec des résines non

20 viscoélastiques.

25

30

35

.../...

.8.

	Ex.	Tissu	Résine	% VF	Masse surfactive kg/m ²	VBL m/s	Protection ramenée à 100 % de fibres m/s
5	1	A	I 20,5 % + 1 % en poids	76,4	14,2	620	811
10	2	A	II 16,7 % + 1 % en poids	80,5	16,5	670	832
15	3	A	III 20,5 % + 1 % en poids	76,4	16,2	610	798
	4	B	I 20,5 % + 1 % en poids	76,4	15	700	916
20	5	C	I 24 % + 1 % en poids	72,5	15	560	772

- 25 - Le tissu A est du tissu Kevlar 29 (Du Pont de Nemours) 1500 deniers, armure : toile 310 g/m², nombre de plis : 37, masse surfactive : 11,3 kg/m²
- Le tissu B est du tissu Kevlar 29, 1500 deniers, armure : toile 540 g/m², nombre de plis : 23, masse surfactive : 11,3 kg/m²
- 30 - Le tissu C est du tissu Kevlar 29, 1080 deniers, amure : toile 540 g/m², nombre de plis : 42, masse surfactive : 11,3 kg/m²

35 On doit par ailleurs remarquer en se référant aux exemples 1 et 3 que la vitesse balistique limite est meilleure dans le cas de l'exemple 1 alors que la masse surfactive est sensiblement inférieure.

B - TENUE MECANIQUE

On constate que pour les essais décrits dans les exemples 1, 2 et 4 la zone détériorée est très faible. Ainsi il a été

.../...

.9.

possible de tirer cinq fois de suite dans une de ces cibles à une vitesse balistique de 500 m/s et 3 fois à la vitesse de 700 m/s.

5 Dans une cible identique réalisée avec un matériau non viscoélastique la zone détériorée après un tir est très large et ne permet pas d'autres tirs.

C - TENUE AU CHOC

On a réalisé un pare-chocs pour voiture de série en imprégnant un matelas de fibres de verre courtes avec la résine viscoélastique Népurance 5500 à un taux d'environ 75 % en
10 poids par rapport au poids total fibre et résine.

Le pare-chocs ainsi réalisé a un poids total de 6,57 kg. Ce pare-chocs est soumis à l'essai suivant : un béliet à charge constante de 1098 kg vient heurter frontalement, à une vitesse variable, le pare-chocs qui est fixé sur un véhicule de
15 1308 kg. Ce pare-chocs résiste à un impact de 5,68 km/h, c'est à dire que l'on n'observe pas de rupture en deçà de cette vitesse limite, alors qu'un pare-chocs classique réalisé de la même façon avec une résine polyester
20 classique du type de l'exemple 3 ne résiste qu'à un choc de 4,02 km/h, c'est à dire à une énergie moitié moindre.

D - BLINDAGE ARRIERE CONTRE LES CHARGES CREUSES

On opère de la manière suivante :

On place à l'arrière d'une plaque d'acier un matériau
25 stratifié selon l'invention de masse surfacique 30 kg/m².

Le tir est effectué avec une charge creuse sous une incidence de 60°.

On constate que pour un accroissement de 9 % de la masse de blindage :

- 30
- l'énergie des éclats passe de 12,7 kJ à 1,4 kJ et que la zone atteinte est très faible
 - l'énergie de l'éclat le plus menaçant diminue de 3,7 kJ à 0,22 kJ, soit une baisse de 94 %.

35

.../...

- REVENDICATIONS -

- 5 1. Dispositif de protection offrant une grande résistance aux chocs et aux explosions, caractérisé en ce qu'il est constitué de matériaux stratifiés à base de tissus de fibres organiques ou inorganiques associés à une résine viscoélastique thermodurcissable ou thermo-
- 10 plastique présentant un facteur de perte $\tan \delta$ compris entre 0,5 et 1,5, un module d'élasticité E compris entre 10^6 et 10^9 N/m², à une fréquence de 100 Hz et à la température d'utilisation.
- 15 2. Dispositif de protection selon la revendication 1, caractérisé en ce que les fibres organiques sont des fibres de polyamide aromatique.
3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les fibres inorganiques sont des fibres de verre.
4. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la résine viscoélastique est une résine polyépoxyde ou polyester.
- 20 5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il est appliqué à la réalisation d'un blindage léger et que le taux en poids de résine viscoélastique est compris entre 10 % et 30 % et de préférence entre 15 % et 24 % par rapport au poids total
- 25 du matériau.
6. Dispositif de protection selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il est appliqué à la réalisation d'un pare-chocs d'automobile et que le taux en poids de résine viscoélastique est compris entre
- 30 40 % et 80 % par rapport au poids total du matériau.