



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
29.10.2014 Bulletin 2014/44

(51) Int Cl.:
F41H 5/04 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **13002111.6**

(22) Date de dépôt: **22.04.2013**

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Etats d'extension désignés:
BA ME

• **Saez Comet, Carlos**
CH-1218 Geneve (CH)
• **Boogh, Louis**
CH-1218 Geneve (CH)

(71) Demandeur: **Constellium Valais SA (AG, Ltd)**
3960 Sierre (CH)

(74) Mandataire: **Fénot, Dominique**
Constellium CRV
725, rue Aristide Berges- BP 27
38341 Voreppe (FR)

(72) Inventeurs:
• **Jaquerod, Christophe**
3976 Noes (CH)

(54) **Panneau composite pour blindage de véhicules**

(57) Panneau de blindage comprenant une plaque en alliage d'aluminium et caractérisé en ce que:
a) ledit alliage d'aluminium a la composition chimique suivante, exprimée en pourcentages pondéraux:

$5,1\% \leq \text{Zn} \leq 9,7\%$
 $1,5\% \leq \text{Mg} \leq 2,9\%$
 $1,2\% \leq \text{Cu} \leq 2,1\%$
 $\text{Si} \leq 0,4 \%$
 $\text{Fe} \leq 0,5 \%$
 $\text{Mn} \leq 0,3 \%$
 $\text{Cr} \leq 0,28 \%$

$\text{Ti} \leq 0,2 \%$
 $\text{Zr} \leq 0,15\%$

b) la dite plaque comprend une face destinée à être exposée aux chocs et une face opposée à ladite face exposée aux chocs qui est revêtue d'une couche de renfort composite comprenant des fibres ou des bandes de renfort ayant une capacité de protection balistique élevée, typiquement en verre à haute performance mécanique, en aramide ou en polyéthylène à haute performance.

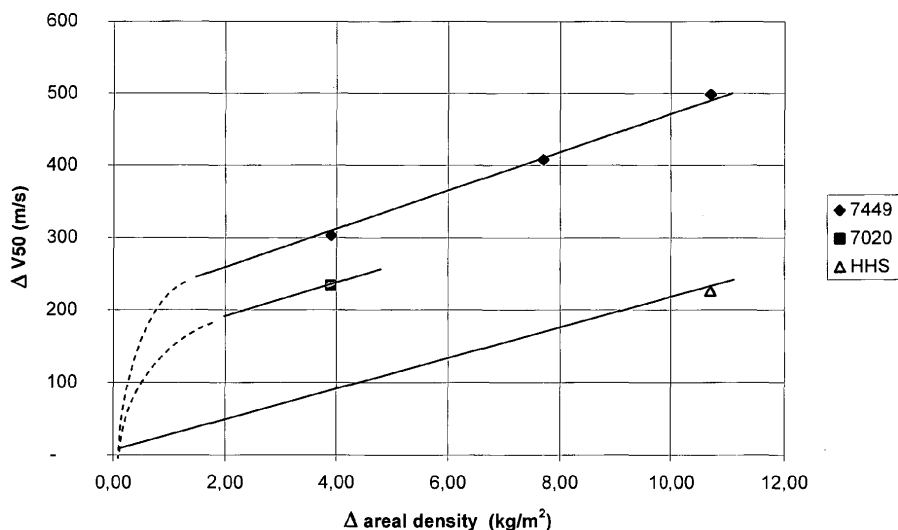


Figure 4

Description

[0001] L'invention concerne la réalisation de panneaux de blindage permettant de protéger des véhicules vis-à-vis des projectiles perforants et des fragments projetés lors d'un impact.

[0002] Généralement, un blindage comprend un panneau métallique, typiquement en acier, en aluminium, en titane ou en leurs alliages. De tels panneaux ont généralement une excellente capacité d'absorption d'énergie cinétique du projectile perforant lors d'un impact. Cependant, en particulier s'ils sont en acier ou en alliage de titane, de tels panneaux sont lourds et présentent de ce fait une faible efficacité en termes d'absorption d'énergie lorsqu'elle est rapportée au poids transporté par un véhicule. Les panneaux en alliage de titane donnent généralement la meilleure protection de blindage mais ils sont très coûteux et lourds.

[0003] Le panneau de blindage présente une face exposée aux chocs et une face arrière. Lors d'un impact sur un panneau de blindage métallique, le projectile perforant peut être parfaitement stoppé dans le panneau mais l'endommagement du panneau sur sa face arrière peut se traduire par la formation de fragments qui, lorsqu'ils sont violemment éjectés du panneau (vers l'intérieur du véhicule) peuvent devenir plus dangereux que le projectile stoppé par le panneau.

[0004] Des panneaux composites ont été développés qui présentent une plus grande capacité d'arrêt des projectiles et une moindre sensibilité à la fragmentation, conférant ainsi de meilleures performances rapportées au poids transporté par le véhicule. Mais il s'agit de produits composites comprenant des produits céramiques placés sur la face exposée aux chocs d'une plaque support, elle-même composite, en général à base de carbone, de verre et de polymères à haut poids moléculaire. De tels produits sont très coûteux.

[0005] Pour caractériser leur efficacité, les panneaux de blindage sont en général soumis à deux types de tests. Le premier test est destiné à quantifier leur aptitude à stopper les projectiles perforants. Il est désigné par le sigle "AP" ("Armour Piercing") et caractérise la résistance à la perforation. Le deuxième test est destiné à quantifier leur aptitude à résister aux impacts de débris fragmentés. Ce deuxième type de test est désigné par le sigle "FSP" ("Fragment simulated projectiles"). Au cours de ces tests, les panneaux de blindage sont la cible de projectiles de formes différentes (forme en fuseau pour le test AP, projectile plus gros, de forme plus ramassée pour les tests FSP). Dans chaque type de test, plusieurs géométries de projectile sont employées en fonction de l'épaisseur du panneau testé et de la nature des menaces que ledit panneau de blindage est destiné à protéger.

[0006] Pour les deux tests, l'aptitude à stopper les projectiles, à absorber leur énergie cinétique sans émettre de débris dangereux, est quantifiée par une vitesse V50, qui est définie par exemple dans la norme MIL-STD-662: il s'agit de la moyenne des vitesses atteintes par les projectiles lors de l'impact obtenue en prenant un nombre égal de résultats présentant les plus hautes vitesses de pénétration partielle et de résultats présentant les plus faibles vitesses de pénétration complète, la vitesse étant imposée à l'intérieur d'un domaine spécifié.

[0007] En général, le matériau constitutif du panneau de blindage, que ce soit une céramique, un acier, un alliage d'aluminium ou de titane, présente rarement un bon compromis AP-FSP. Lorsqu'il présente de bonnes performances à la résistance à la perforation, il se révèle souvent moyen en résistance FSP. Inversement, un matériau présentant de bonnes performances à la résistance FSP se révèle souvent moyen en résistance AP.

[0008] La demande de brevet US2011/0252956 divulgue des panneaux de blindage métalliques, constitués d'au moins deux couches en alliages d'aluminium différents qui sont liées métallurgiquement. La liaison métallurgique intime entre ces deux couches résulte typiquement de gammes de transformation telles que le co-laminage, la coulée multicouche, ou encore une coulée permettant d'obtenir dans l'épaisseur de la plaque un gradient de concentration contrôlé d'un élément tel que le magnésium. Les alliages sont choisis et situés dans l'épaisseur de la plaque de telle sorte que l'un confère à l'ensemble une bonne résistance à la perforation et l'autre une bonne résistance FSP. La réalisation de tels panneaux nécessite cependant la mise en oeuvre de procédés complexes et coûteux.

[0009] La demanderesse a cherché à mettre au point un système de blindage particulièrement adapté aux véhicules rapides tels que les véhicules militaires, typiquement munis de roues, qui présente une meilleure efficacité en termes de protections AP et FSP, rapportée au poids transporté, qui soit plus facile à réaliser et moins coûteux que les produits connus.

[0010] Un premier objet de l'invention est un panneau de blindage comprenant une plaque en alliage d'aluminium et caractérisé en ce que:

a) ledit alliage d'aluminium a la composition chimique suivante, exprimée en pourcentages pondéraux:

$$5,1 \% \leq \text{Zn} \leq 9,7 \%$$

$$1,5 \% \leq \text{Mg} \leq 2,9 \%$$

$$1,2 \% \leq \text{Cu} \leq 2,1 \%$$

$$\text{Si} \leq 0,4 \%$$

$$\text{Fe} \leq 0,5 \%$$

$$\text{Mn} \leq 0,3 \%$$

Cr ≤ 0,28 %

Ti ≤ 0,2 %

Zr ≤ 0,15%

5 reste aluminium et impuretés inévitables, chaque élément ayant un teneur pondérale inférieure à 0,05 %, la somme étant inférieure à 0,15 %;

b) la dite plaque comprend une face orientée face aux projectiles et une face qui est opposée à ladite face orientée face aux projectiles et qui est revêtue d'une couche de renfort composite comprenant des fibres ou des bandes de renfort présentant une haute performance mécanique qui leur confère une capacité de protection balistique élevée.
10 De telles fibres ou bandes de renfort à capacité de protection balistique élevée peuvent être en un ou plusieurs matériaux appartenant au groupe regroupant:

- les verres à haute performance mécanique, tels que les verres R, H, S ou , de préférence, S2;
- les aramides, de préférence les para-aramides tels que le Kevlar® ;
- 15 - les polyéthylènes à haute performance (HPPE) ou les polyéthylènes à ultra-haut poids moléculaire (UHMWPE ou UHMW), qui sont des polyéthylènes fortement orientés se présentant sous forme de fibres, de fils ou bandes, par exemple le Tensylon®.

[0011] Avantageusement, ladite couche de renfort composite comprend une ou, de préférence, plusieurs toiles unidirectionnelles ou tissées à partir de fils comprenant des fibres à capacité de protection balistique élevée.
20

[0012] Les fils ou bandes sont de préférence imprégnés d'une résine thermoplastique ou thermodurcie, typiquement une résine phénolique modifiée PVB (polyvinyle de butiral). Les toiles peuvent être réalisées par tissage selon plusieurs trames (unidirectionnelle, natté, armure toile, etc...). La couche de renfort composite est obtenue par exemple en empilant les toiles les unes sur les autres et en les comprimant à chaud.

25 [0013] On entend par plaque un produit plat, typiquement une tôle ("sheet") ou une tôle épaisse ("plate"), d'épaisseur supérieure à 5 mm, de préférence supérieure à 20 mm, typiquement voisine de 20-30 mm. Le ratio largeur/épaisseur de la plaque est de préférence mais non nécessairement supérieur à 10. Le panneau composite a une épaisseur typiquement inférieure à 50 mm, de préférence inférieure à 40 mm et présente une densité surfacique inférieure à 125 kg/m², de préférence inférieure à 110 kg/m², de préférence encore inférieure à 100 kg/m². L'intérêt de tels panneaux
30 de blindage est de fournir la meilleure protection AP et FSP possible avec une densité surfacique la plus faible possible. Ainsi, un panneau composite selon l'invention qui présente une densité surfacique inférieure à 90 kg/m², voire inférieure à 85 kg/m², on peut espérer atteindre le niveau 5 de protection défini dans STANAG 4569 (V50 FSP = 960 m/s avec projectile de calibre 20 mm tiré à 25 m).

[0014] La plaque en alliage d'aluminium comprend une face orientée face aux projectiles, qui peut être directement soumise à l'impact ou qui au contraire peut être protégée, par exemple par des tuiles en céramique. Elle comprend une face opposée à ladite face orientée face aux projectiles qui est couverte par une couche de renfort composite sans qu'il y ait obligatoirement une liaison continue sur toute la surface de contact, par exemple à l'aide d'un liant adhésif. Il suffit par exemple que la couche de renfort composite soit maintenue solidaire de la plaque à la périphérie de celle-ci par collage ou tout autre moyen de fixation, typiquement mécanique.
35

[0015] Nous avons effectué des tests AP et FSP sur des plaques en alliage d'aluminium revêtues ou non d'une couche de renfort composite comprenant des fibres en aramide. Les tests de perforation AP utilisent des projectiles de calibre 7,62 mm et longs de 35,6 mm, appelés "0,30 cal AP M2", qui ont un coeur en acier, une couche intermédiaire en plomb et une enveloppe ogivale en cuivre. Pour les panneaux selon l'invention et les panneaux ayant fait l'objet de tests comparatifs, les tests FSP utilisent des projectiles en acier longs de 23 mm, dont la partie cylindrique présente un diamètre de 20 mm, appelés "20 mm FSP".
40

[0016] Nous avons constaté en premier lieu que, dans le domaine de densité surfacique visé (50 à 125 kg/m²), avec les structures de panneau testées (plaques de 19 à 46 mm d'épaisseur, panneaux d'épaisseur comprise entre 30 et 50 mm, rapport pondéral couche de renfort composite/poids total du panneau inférieur à 25%), les résultats des tests de perforation dépendaient essentiellement de l'alliage de la plaque et de la densité surfacique moyenne du panneau composite: un panneau en un alliage donné non revêtu donne un résultat (exprimé par la vitesse V50) quasiment identique à celui d'un panneau constitué du même alliage mais plus mince et revêtu d'une couche de renfort composite dont l'épaisseur est telle que l'ensemble présente la même densité surfacique. On a même constaté une légère dégradation des propriétés AP lorsque rapport pondéral couche de renfort composite/poids total du panneau inférieur est de l'ordre de 22%. Ainsi, sur le seul critère de résistance à la perforation, une plaque non revêtu présente un avantage économique notable et un encombrement moindre pour une performance identique, voire supérieure. Parmi les matériaux testés, les alliages d'aluminium de la série 7xxx donnaient, à densité surfacique comparable, de meilleurs résultats que les alliages des séries 5xxx et 6xxx ainsi que les aciers.
45

[0017] Les résultats des tests FSP ont conduit à un constat différent et surprenant. La demanderesse a en effet

constaté que si les plaques sont recouvertes d'une couche de renfort composite comprenant des fibres ou des bandes de renfort à capacité de protection balistique élevée, par exemple des fibres en aramide, dont la densité surfacique est supérieure à 0,5 kg/m², de préférence 1 kg/m², de préférence encore 2 kg/m², le gain, en termes d'augmentation du V50 en fonction de l'augmentation de la densité surfacique du panneau de blindage, est significativement supérieur pour les alliages d'aluminium et en particulier pour les alliages de la série 7xxx.

[0018] Le meilleur compromis AP-FSP est obtenu cependant avec des alliages de la série 7xxx qui ont une teneur suffisamment élevée en zinc et en cuivre. Ainsi, le 7039 et le 7020, s'ils présentent, associés à une couche de renfort composite en fibres d'aramides, des performances FSP nettement améliorées, restent peu performants aux tests de perforation AP. Ainsi, l'alliage de la plaque selon l'invention a la composition suivante, où les teneurs sont exprimées en pourcents pondéraux:

5,1 % ≤ Zn ≤ 9,7 %, de préférence 7,5 % ≤ Zn ≤ 8,7 %,
 1,5 % ≤ Mg ≤ 2,9 %, de préférence 1,8 % ≤ Mg ≤ 2,7 %,
 1,2 % ≤ Cu ≤ 2,1 %, de préférence 1,4 % ≤ Cu ≤ 2,1 %
 Si ≤ 0,4 %, de préférence Si ≤ 0,12 %
 Fe ≤ 0,5 %, de préférence Fe ≤ 0,15 %
 Mn ≤ 0,3 %, de préférence Mn ≤ 0,2 %
 Cr ≤ 0,28 %, de préférence Cr ≤ 0,05 %
 Ti ≤ 0,2 %, de préférence Ti ≤ 0,05 %
 Zn ≤ 0,15 %, de préférence Zr ≤ 0,05 %
 autres éléments ≤ 0,05 % individuellement et ≤ 0,15 % au total.

[0019] De préférence, ces alliages sont traités pour obtenir un état présentant non seulement de hautes caractéristiques mécaniques instantanées (résistance R_m , limite élastique conventionnelle $R_{p0,2}$, allongement à rupture A%) mais aussi une bonne ténacité. Avantagusement, on effectuera un traitement de mise en solution, trempe et revenu permettant d'obtenir des états tel que T6 (R_m maximal), T64 (état trempé légèrement sous-revenu) ou, de préférence, T651 (trempé détensionné par traction modérée contrôlée et revenu) ou encore T7651 (trempé détensionné par traction modérée contrôlée et sur-revenu).

[0020] La densité surfacique de la couche de renfort composite est en pratique comprise entre 2 et 25 kg/m². Elle est de préférence inférieure à 20 kg/m², de préférence encore inférieure à 15 kg/m² principalement en raison du coût.

[0021] L'effet de cette couche de renfort composite sur l'amélioration des propriétés FSP est certes d'autant plus accentué que la densité surfacique de la couche de renfort composite est élevée, mais ce qui est remarquable avec les plaques en alliage d'aluminium, en particulier celles constituées de l'alliage selon l'invention, c'est que cet effet se manifeste fortement même si la couche de renfort composite est mince, avec une densité surfacique de l'ordre de 1 kg/m², c'est-à-dire typiquement dès que le panneau est revêtu de trois ou quatre toiles tissées en aramide.

[0022] Lorsque la densité surfacique est inférieure à 90 kg/m², les alliages d'aluminium tels que les 7xxx ont des performances FSP inférieures à celles d'un acier pour blindage, tel qu'un HHS ("high hardness steel"). Mais lorsque ces alliages sont combinés à une couche de renfort composite comportant des fibres en aramide, les résultats FSP dépassent rapidement ceux de l'acier, même si celui-ci est également recouvert du même type de couche de renfort composite, à densité surfacique comparable. Par exemple, pour obtenir sur une plaque en acier la même amélioration des performances FSP qui est observée sur des plaques en 7xxx avec une couche de renfort composite de densité surfacique seulement égale à 2 kg/m², il faut, toutes choses égales par ailleurs, associer à ladite plaque en acier une couche de renfort composite entre 4 et 6 fois plus épaisse.

[0023] L'effet de la couche de renfort composite sur l'amélioration des propriétés FSP est particulièrement remarquable lorsque la plaque est en 7449 T651.

[0024] Parmi les différentes couches de renfort composite testées, celle constituée par un empilage de toiles tissées à partir de fil en Kevlar® 129 ont donné de bons résultats, quel que soit le type de tissage réalisé. La nuance Kevlar® 129 est connue pour sa légèreté et ses hautes performances mécaniques, en particulier sa haute ténacité.

[0025] Ce sont les plaques en 7449 T651 recouvertes de couches de toiles tissées à partir de fils de Kevlar® 129 qui présentent les meilleures performances AP et FSP. Cet alliage permet d'obtenir, pour le test FSP, un V50 supérieur à 950 m/s avec un panneau de blindage dont la densité surfacique globale est inférieure à 95 kg/m², voire inférieure à 90 kg/m².

[0026] La figure 1 représente les résultats de tests AP effectués sur des panneaux de blindage constitués de plaques métalliques revêtues ou non d'une couche de renfort composite comprenant des fibres en aramide.

[0027] La figure 2 représente les résultats de tests FSP effectués sur des panneaux de blindage constitués de plaques en alliage d'aluminium de la série 7xxx et en acier, revêtues ou non d'une couche de renfort composite comprenant des fibres en aramide.

[0028] La figure 3 représente, pour plusieurs matériaux, l'amélioration des propriétés FSP, en termes de variation

EP 2 796 827 A1

relative de V50, en fonction de l'accroissement relatif de densité surfacique.

[0029] La figure 4 représente, pour plusieurs matériaux, l'amélioration des propriétés FSP, en termes d'augmentation de V50 en fonction de l'accroissement de densité surfacique dû à la couche de renfort composite.

EXEMPLE

[0030] Des plaques de blindage ont été réalisées à partir de tôles épaisses en différents alliages. Elles ont été usinées à différentes épaisseurs comprises entre 25 et 40 mm. Le tableau 1 regroupe les principaux constituants de leurs compositions chimiques.

Tableau 1

Alliage	Type	Si	Fe	Cu	Mg	Zn
A	7449	0,05	0,07	1,9	2,1	8,5
B	6061	0,62	0,4	0,26	1,0	0,00
C	7020	0,13	0,12	0,13	1,22	4,69
D		0,05	0,07	1,7	2,0	9,4

[0031] Le tableau 2 regroupe l'état, l'épaisseur et les caractéristiques mécaniques moyennes de ces plaques (traction, sens travers long)

Tableau 2

Alliage	Etat	Epaisseur	Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A%
A	T651	30	583	651	11
B	T6	30	295	330	12
C	T651	30	360	420	12
D	MS 472°C-trempe-6h120°C+7h135°C	25	694	707	11,5

[0032] Certaines plaques ont été recouvertes d'une couche de renfort composite, comprenant un empilage d'un nombre plus ou moins important de toiles tissées en fils à base de fibres Kevlar® 129, ayant une densité linéaire de 1330 dtex, enrobés de résine en polyvinyle butiral (PVB), chaque toile ayant une densité surfacique de 275 g/m² environ. Des couches de renfort composite d'épaisseurs différentes ont été réalisées par empilage d'un nombre plus ou moins grand de toiles puis compression à chaud de l'empilage ainsi réalisé dans une presse.

Tests balistiques de perforation ("tests AP")

[0033] Le tableau 3 regroupe les résultats des tests "0,30 cal AP M2" effectués sur des tôles épaisses revêtues ou non d'une couche de renfort composite. Lorsque celle-ci existe, elle a été placée du côté opposé au projectile. La densité surfacique de l'empilage des toiles tissées en fil Kevlar® 129 est donnée en quatrième colonne du tableau 3 ci-dessous.

[0034] La figure 1 illustre les différents résultats obtenus et les situe par rapport aux résultats connus sur d'autres matériaux (5083 H131 (MIL-DTL-46027); RHA Steel (MIL-A-12560); 7039 T64 (MIL-DTL-46063), 6061 T651 (MIL-DTL-32262))

[0035] On constate que, pour des densités surfaciques typiquement inférieures à 100 kg/m², les alliages 5083 et 6061 se révèlent moins performants que des aciers tels que RHA Steel, lequel est moins performant que le 7449. Les tôles en 7039 présentent des performances AP rapportées à la densité surfacique à peine supérieures à celles de l'acier et nettement inférieures à celles en 7449. Les tests AP connus sur l'alliage 7020 ont été effectués avec un projectile différent et les résultats ne sont pas directement comparables. Cependant, ils montrent que les performances AP du 7020 ne sont pas supérieures, plutôt inférieures à celles du 7039.

[0036] Une fois revêtues de toiles tissées en fil de Kevlar® 129, les tôles épaisses en 7449 ont, à densité surfacique égale, un comportement voisin, voire légèrement moins performant, que les tôles épaisses non revêtues.

EP 2 796 827 A1

Tableau 3

Ech	Alliage	épaisseur (mm)	Empilage de couches tissées à partir de fils Kevlar® 129 Densité surfacique (kg/m ²)	Glue	Densité surfacique (kg/m ²)	V50 (m/s)
5	1-1	7449 T651	30	0	85,5	805
10	1-2	7449 T651	30	0	85,5	815
	1-3	7449 T651	30	16,7	102	862
15	1-4	7449 T651	30	10,7	96	844
	1-5	7449 T651	30	10,7	96	845
20	1-6	7449 T651	30	22,9	108	876
	1-7	7449 T651	39.3	0	112	948
25	1-8	7449 T651	39.9	0	114	944
	1-9	7449 T651	39.9	0	114	936
30	1-10	7449 T651	39.9	0	114	877
	1-11	7449 T651	25.5	0	73	724
35	1-12	7449 T651	19	0	55	612
	1-13	6061 T6	30	0	81	641
40	1-14	6061 T6	30	16,7	98	702
	1-15	6061 T6	30	22.9	104	767

Tests FSP

[0037] Le tableau 4 regroupe les résultats des tests "20 mm FSP" effectués sur des tôles épaisses revêtues ou non d'une couche de renfort composite. Lorsque celle-ci existe, elle a été placée sur la face opposée à celle destinée à recevoir l'impact du projectile.

[0038] La figure 2 illustre les différents résultats obtenus sur le 7020, le 7449 et un acier à haute dureté (HHS), présentant une dureté Brinell comprise entre 420 et 480 HB. Ces résultats sont comparés aux résultats obtenus sur d'autres matériaux (7039 T64 (MIL-DTL-46063), RHA Steel (MIL-A-12560)). La figure 2 permet également de comparer les résultats entre des plaques, revêtues ou non, en 7xxx et des plaques, revêtues ou non, en acier.

[0039] La figure 2 montre que les plaques non revêtues en acier se révèlent plus performantes pour les tests FSP que les plaques en alliage d'aluminium tant que la densité surfacique reste inférieure à 100 kg/m² environ.

EP 2 796 827 A1

Tableau 4

Ech	Alliage	épaisseur (mm)	Couche de renfort composite Densité surfacique (kg/m ²)	Glue	Densité surfacique	V50 (m/s)
5	2-1	7449 T651	30	0	85,5	534
	2-2	7449 T651	39,3	0	112	827
	2-3	7449 T651	39,9	0	114	842
10	2-4	7449 T651	39,9	0	114	884
	2-5	7449 T651	39,9	0	114	877
	2-6	7449 T651	30	3,9	89,4	837
	2-7	7449 T651	30	7,7	93,2	942
15	2-8	7449 T651	30,8	10,7	98,5	1102
	2-9	7020 T651	28,5	0	79,1	534
	2-10	7020 T651	30,75	0	85,3	600
20	2-11	7020 T651	30,75	3,9	89,2	834
	2-12	HHS	10	10,7	89,3	812
	2-13	HHS	10	0	78,6	585

[0040] Les points expérimentaux obtenus avec le 7449 T651 non revêtu montrent une courbe de tendance sensiblement parallèle à celle du 7039 T64, mais avec des performances FSP légèrement inférieures. Les points expérimentaux obtenus avec le 7020 T651 se placent également sur une courbe de tendance sensiblement parallèle à celle du 7039 T64 mais avec des performances FSP légèrement supérieures. Le point expérimental de la plaque en acier HHS non revêtu se situe légèrement en dessous de la courbe de tendance de l'acier "RHA Steel".

[0041] Les points relatifs aux plaques en 7449 T651 revêtues d'une couche de renfort composite comprenant des fibres en aramide sont situés nettement au-dessus de la courbe qui regroupe les résultats FSP des plaques non revêtues. L'écart, significatif même avec une couche peu épaisse, est d'autant plus important que la couche de renfort composite est épaisse. Ainsi, l'association d'une plaque en 7449 T651 et d'une couche de renfort composite comprenant des fibres en Kevlar® 129 de densité surfacique 10,7 kg/m², permet d'atteindre un V50 supérieur à 1100 m/s

[0042] Les résultats relatifs à la plaque en 7020 T651 revêtue montrent également une influence significative de la couche de renfort composite. Celle-ci semble toutefois plus faible que celle observée sur les plaques en 7449. Par ailleurs, les résultats AP connus sur l'alliage 7020 conduisent à penser que des alliages pauvres en cuivre tels que le 7020 et le 7039, même associés à une couche de renfort composite comprenant des fibres en aramide, ne permettent d'obtenir un bon compromis AP-FSP.

[0043] Les résultats FSP relatifs à la plaque en acier revêtue montrent également une influence de la couche de renfort composite, mais celle-ci est nettement moins importante.

[0044] Le tableau 5 reprend les résultats FSP obtenus sur les plaques en alliages d'aluminium revêtues et chiffre les gains obtenus par rapport aux plaques non revêtues. Pour chaque panneau composite, on a marqué en 6^{ème} colonne les résultats obtenus sur la plaque non revêtue A constituée du même matériau que l'âme du panneau composite et ayant la même épaisseur que celle-ci et en 7^{ème} colonne les valeurs estimées pour une plaque B non revêtue constituée du même matériau que l'âme du panneau composite et ayant la même densité surfacique que le panneau composite. On constate que le gain dû à la présence de la couche de renfort composite, exprimé en termes d'augmentation de V50, est multiplié par un coefficient compris entre 4,8 et 7,8 pour les alliages d'aluminium. Pour une même épaisseur de couche de renfort composite, ce coefficient est de l'ordre de 6,6 pour l'alliage d'aluminium et seulement de 4,5 pour l'acier.

[0045] La figure 3 montre ces mêmes résultats sous la forme de l'augmentation relative du V50 en fonction de l'augmentation relative de la densité surfacique. Les courbes épaisses sont associées au 7449. La courbe (I), qui est sensiblement rectiligne et présente une faible pente, représente l'effet de l'augmentation de l'épaisseur des plaques non revêtues sur l'augmentation relative du V50. La courbe (II) représente l'augmentation de l'épaisseur de la couche de renfort composite dans les panneaux composites sur l'augmentation relative du V50.

Tableau 5

Ech	ép âme (mm)	densité surf. panneau (kg/m ²)	V50 (m/s)	densité surf. âme (kg/m ²)	V50A (m/s)	V50B (m/s)	Gain V50 B-A (m/s)	Gain V50 composite-A (m/s)	Coeffi -cient
2-6	30	89,4	837	85,5	534	577	43	303	7,0
2-7	30	93,2	942	85,5	534	620	86	408	4,8
2-8	30,8	98,5	1102	87,8	603	679	76	499	6,6
2-11	30,8	89,2	834	85,3	600	641	41	234	5,7
2-13	10	89,3	812	78,6	585	635	50	227	4,5

[0046] On constate par exemple en figure 3 qu'une augmentation relative de 10% de la densité surfacique du panneau de blindage en 7449 T651, entraîne une augmentation relative des performances FSP de l'ordre de 20 % si l'on se contente d'augmenter l'épaisseur du panneau et de l'ordre de 80 % si on lui associe une couche de renfort composite comprenant des fibres en aramide. Les performances FSP des panneaux composites ayant une âme en 7020 sont également notables. Lorsque l'âme du panneau est en acier, les performances sont plus modestes (courbe en pointillés).

[0047] La figure 4 montre le gain en V50 en fonction de l'augmentation de densité surfacique. L'effet de la couche de renfort composite sur l'amélioration des propriétés FSP se manifeste fortement même si la couche de renfort composite est mince, dès que la densité surfacique de ladite couche de renfort composite est supérieure à une valeur de l'ordre de 1 kg/m², ce qui correspond typiquement à l'empilage de moins de cinq toiles tissées en fil aramide. On voit également que, pour obtenir sur une plaque en acier la même amélioration des performances FSP qui est observée sur des plaques en 7xxx avec une couche de renfort composite de densité surfacique seulement égale à 2 kg/m², il faut, toutes choses égales par ailleurs, associer à ladite plaque en acier une couche de renfort composite entre 4 et 6 fois plus épaisse.

[0048] Enfin, l'analyse de ces résultats conduit à la conclusion qu'il est possible d'obtenir un niveau de protection 5 tel que défini dans la norme STANAG 4569 [V50 supérieur à 960 m/s pour des tests FSP 20 mm], avec un panneau composite en un alliage d'aluminium ayant la composition recouvert d'une couche de renfort composite comprenant des fibres en aramide dont la densité surfacique est inférieure à 95 kg/m².

Revendications

1. Panneau de blindage comprenant une plaque en alliage d'aluminium et caractérisé en ce que:

a) ledit alliage d'aluminium a la composition chimique suivante, exprimée en pourcentages pondéraux:

$$5,1 \% \leq \text{Zn} \leq 9,7 \%$$

$$1,5 \% \leq \text{Mg} \leq 2,9 \%$$

$$1,2\% \leq \text{Cu} \leq 2,1 \%$$

$$\text{Si} \leq 0,4 \%$$

$$\text{Fe} \leq 0,5 \%$$

$$\text{Mn} \leq 0,3 \%$$

$$\text{Cr} \leq 0,28 \%$$

$$\text{Ti} \leq 0,2 \%$$

$$\text{Zr} \leq 0,15\%$$

b) la dite plaque comprend une face orientée face aux projectiles et une face qui est opposée à ladite face orientée face aux projectiles et qui est revêtue d'une couche de renfort composite comprenant des fibres ou des bandes de renfort présentant une haute performance mécanique qui leur confère une capacité de protection balistique élevée.

2. Panneau de blindage selon la revendication 1, caractérisé en ce que les fibres ou bandes de renfort à capacité de protection balistique élevée peuvent être en un ou plusieurs matériaux appartenant au groupe regroupant:

- les verres à haute performance mécanique, tels que les verres R, H, S ou , de préférence, S2;
- les aramides, de préférence les para-aramides;

EP 2 796 827 A1

- les polyéthylènes à haute performance (HPPE) ou les polyéthylènes à ultra-haut poids moléculaire (UHMWPE ou UHMW).

- 5 3. Panneau de blindage selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** ladite couche de renfort composite comprend une ou plusieurs toiles unidirectionnelles ou tissées à partir de fils comprenant des fibres à capacité de protection balistique élevée.
- 10 4. Panneau de blindage selon la revendication 3 dans lequel que ladite couche de renfort composite comprend des toiles tissées à partir de fils en para-aramide imprégnés de résine.
- 15 5. Panneau de blindage selon la revendication 4, dans lequel ladite résine est une résine phénolique modifiée PVB (polyvinyle de butiral).
- 20 6. Panneau de blindage selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la couche de renfort composite est un empilage de toiles empilées comprimées à chaud.
- 25 7. Panneau de blindage selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce qu'il** a une épaisseur supérieure à 5 mm et inférieure à 50 mm, et présente une densité surfacique inférieure à 125 kg/m².
- 30 8. Panneau de blindage selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'il** a une épaisseur supérieure à 20 mm et inférieure à 40 mm et présente une densité surfacique inférieure à 110 kg/m², de préférence inférieure à 100 kg/m².
- 35 9. Panneau de blindage selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 **caractérisé en ce que** la densité surfacique de la couche de renfort composite comprenant des fibres en aramide représente moins de 25%, de préférence moins de 15 %, de la densité surfacique totale du panneau.
- 40 10. Panneau de blindage selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 **caractérisé en ce que** la densité surfacique de la couche de renfort composite comprenant des fibres en aramide est supérieure à 0,5 kg/m², de préférence 1 kg/m², de préférence encore 2 kg/m².
- 45 11. Panneau de blindage selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 **caractérisé en ce que** la densité surfacique de la couche de renfort composite comprenant des fibres en aramide est inférieure à 25 kg/m², de préférence 20 kg/m², de préférence encore 15 kg/m².
- 50 12. Panneau de blindage selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 **caractérisé en ce que** ladite plaque est en alliage 7449, de préférence à l'état T651.
- 55 13. Panneau de blindage selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 **caractérisé en ce que** ladite couche de renfort composite comprend des toiles tissées à partir de fils en Kevlar ® 129 enrobés de résine phénolique en polyvinyle butyral (PVB).

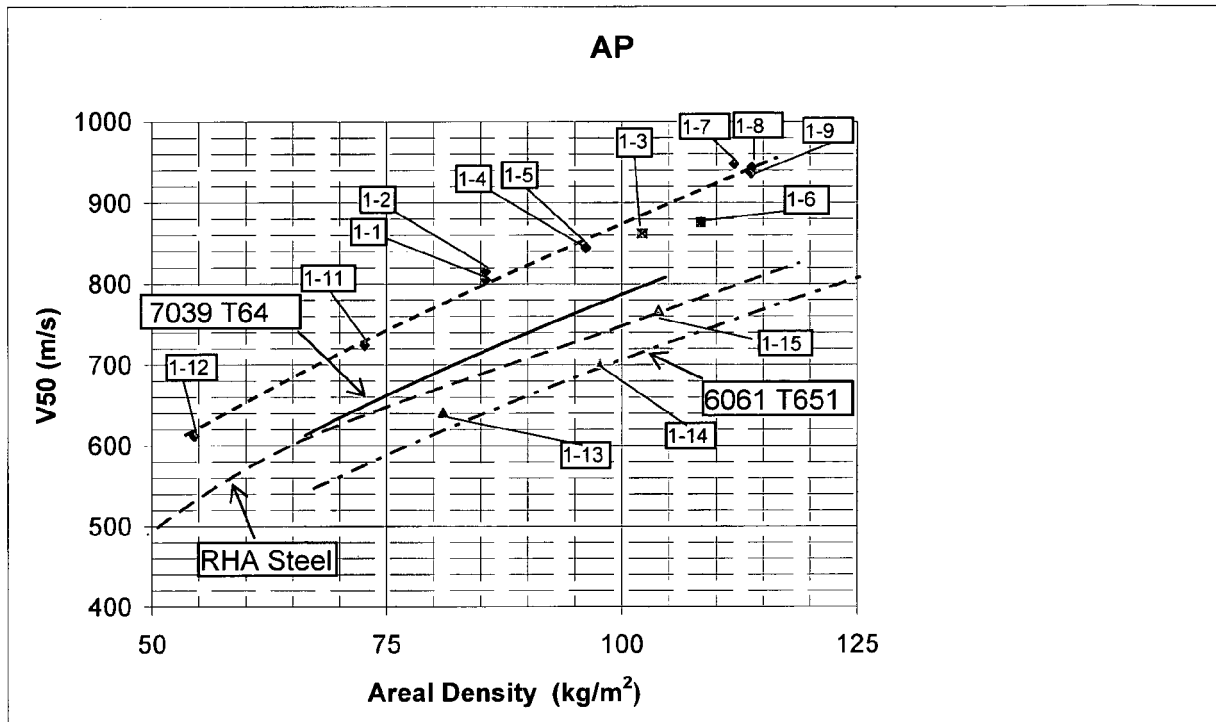


Figure 1

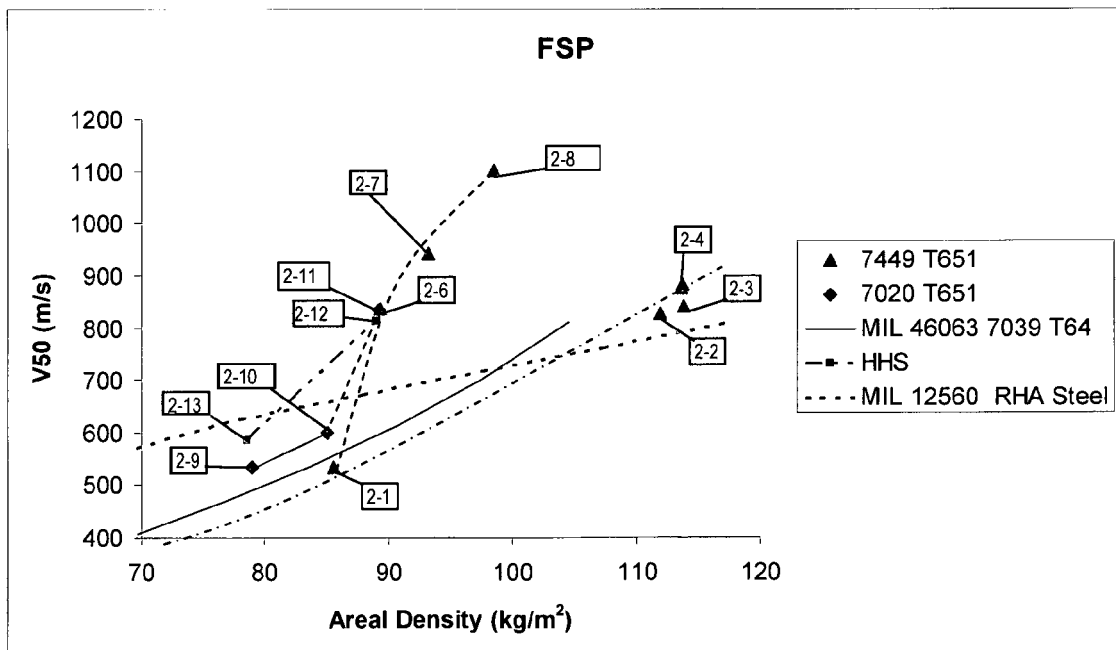


Figure 2

FSP

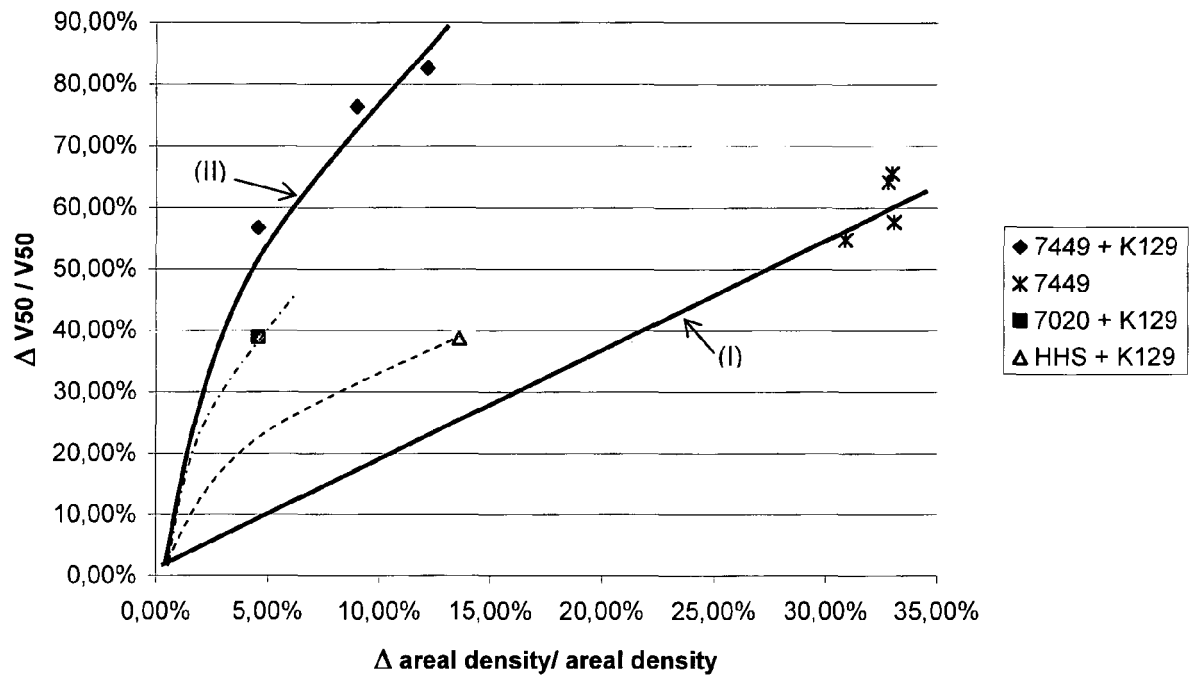


Figure 3

FSP

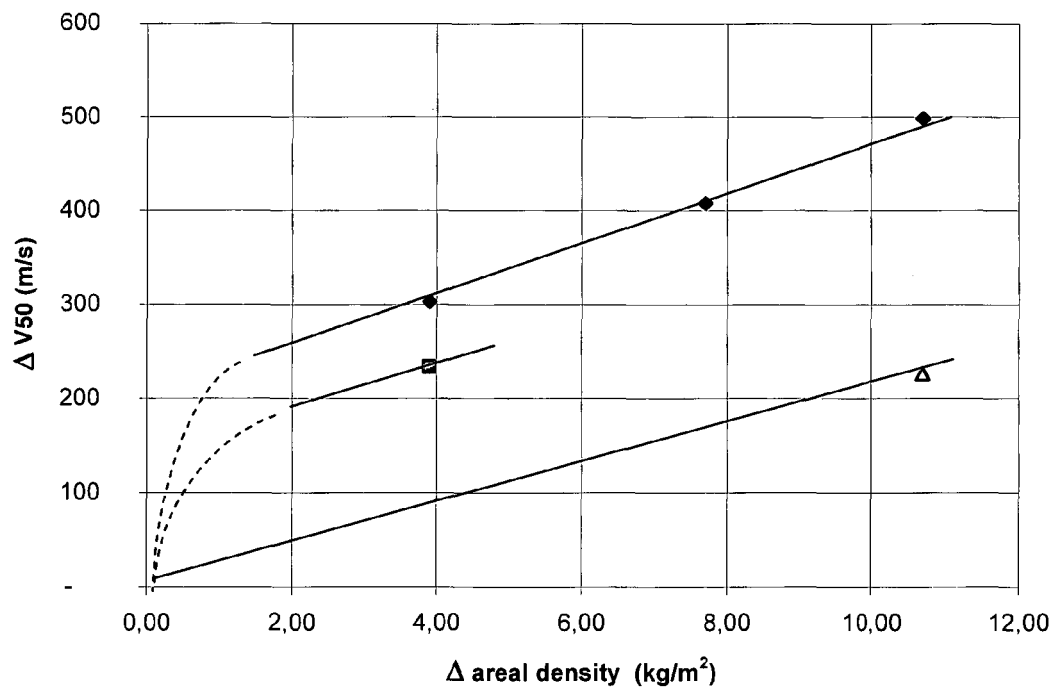


Figure 4



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 13 00 2111

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 2001/053645 A1 (HENDERSON WILLIAM J [US]) 20 décembre 2001 (2001-12-20) * alinéas [0015] - [0025], [0029] - [0060]; figures 1A, 1B *	1-13	INV. F41H5/04
X	EP 0 533 289 A1 (DSM NV [NL]) 24 mars 1993 (1993-03-24) * colonne 2, ligne 22 - colonne 5, ligne 40 *	1-13	
X	WO 2009/094271 A1 (FORCE PROT TECHNOLOGIES INC [US]; JOYNT VERNON P [ZA]) 30 juillet 2009 (2009-07-30) * alinéas [0033], [0034], [0041], [0059], [0069]; figure 5 *	1-13	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F41H
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		9 septembre 2013	Kasten, Klaus
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 13 00 2111

5

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

09-09-2013

10

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2001053645 A1	20-12-2001	AUCUN	
EP 0533289 A1	24-03-1993	CA 2078602 A1 CN 1070469 A CZ 9202705 A3 EP 0533289 A1 JP H05248796 A NL 9101583 A	21-03-1993 31-03-1993 14-04-1993 24-03-1993 24-09-1993 16-04-1993
WO 2009094271 A1	30-07-2009	TW 200940945 A US 2012090451 A1 WO 2009094271 A1	01-10-2009 19-04-2012 30-07-2009

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 20110252956 A [0008]