

(19)



(11)

EP 2 115 233 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
27.07.2016 Bulletin 2016/30

(51) Int Cl.:
E04C 2/08 (2006.01) **B63B 3/48** (2006.01)
B63B 29/02 (2006.01) **E04C 2/34** (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **08761854.2**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2008/000151

(22) Date de dépôt: **08.02.2008**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2008/113911 (25.09.2008 Gazette 2008/39)

(54) **PANNEAU COMPOSITE MÉTALLIQUE ET PROCEDE DE FABRICATION**

VERBUNDMETALLTAFEL UND HERSTELLUNGSVERFAHREN DAFÜR

COMPOSITE METALLIC PANEL AND METHOD FOR MAKING SAME

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

- **ANDRIEU, Céline**
F-63270 Vic le Comte (FR)
- **BOUET-GRIFFON, Myriam**
F-38610 Venon (FR)

(30) Priorité: **09.02.2007 FR 0700923**
20.06.2007 US 945271 P

(74) Mandataire: **Constellium - Propriété Industrielle**
C-TEC Constellium Technology Center
Propriété Industrielle
Parc Economique Centr'Alp
725, rue Aristide Bergès
CS10027
38341 Voreppe (FR)

(43) Date de publication de la demande:
11.11.2009 Bulletin 2009/46

(73) Titulaire: **Constellium Isoire**
63500 Isoire (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 589 054 EP-A- 1 133 390
EP-A- 1 190 805 WO-A-02/32598
FR-A- 2 207 581 FR-A- 2 747 948

(72) Inventeurs:
• **ARSENE, Sylvie**
F-38000 Grenoble (FR)
• **GUILLEMENET, Jérôme**
F-21121 Fontaine Les Dijon (FR)

EP 2 115 233 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description**Domaine de l'invention**

5 **[0001]** L'invention concerne un panneau composite structural en aluminium comprenant deux tôles parallèles reliées entre elles par des profilés et son procédé de fabrication. L'invention est particulièrement utile dans le domaine de la construction de véhicules de grande taille.

Etat de la technique

10 **[0002]** Les panneaux composites creux sont utilisés dans un grand nombre de structures. En particulier, les panneaux horizontaux sont utilisés comme planchers et les panneaux verticaux sont utilisés pour réaliser des séparations dans les domaines de la construction civile, industrielle, et dans le domaine des transports (particulièrement la construction navale, la construction de camions et la construction aéronautique).

15 **[0003]** Dans le cas de panneaux horizontaux utilisés dans le domaine des transports (ponts de bateaux, planchers de camion), il existe un fort intérêt à réduire le poids des panneaux de façon à contribuer à une réduction du poids total à vide et permettre ainsi soit des économies de carburant soit une augmentation de la masse transportée, soit un gain de vitesse.

20 **[0004]** FR 1,024,889 décrit une pluralité de géométries pour des panneaux composites creux comportant deux parois maintenues par des pièces intercalaires constituées de feuilles métalliques minces ondulées ou gaufrées ou autre s'étendant sans discontinuité sur la surface entière d'un élément de panneau.

L'utilisation de feuilles métalliques ne permet pas d'atteindre des résistances mécaniques suffisantes pour les réalisations les plus exigeantes.

25 **[0005]** US 6,574,938 (Donati) décrit un panneau sandwich comprenant au moins une tôle et au moins un élément fretté dont la taille est substantiellement similaire à celle de la tôle et dont le profil en coupe présente une succession de motifs trapézoïdaux adjacents. Le procédé de fabrication comprend une étape de bobinage de l'élément fretté qui est difficile à envisager pour du métal épais ce qui limite l'application de cette invention en terme de résistance mécanique.

30 **[0006]** FR 2,207,581 (Wendel-Sidelor) décrit une dalle d'acier creuse constituée par deux tôles maintenues à une distance par des organes connecteurs en forme de U et bordées par des rives étanches, tous les éléments étant solidarisés par collage.

[0007] EP 0 589 054 (Nippon Steel) décrit des panneaux en nid d'abeille à base d'acier inoxydable formés à partir de tôle ondulée ou de matériaux en forme de gorge.

35 **[0008]** WO 02/32598 (Kujala et al.) décrit une structure sandwich métallique comprenant une âme présentant une pluralité de sections en nid d'abeilles individuelles à distance les unes des autres, et un premier et un second panneau de recouvrement fixés par soudage laser et épousant aux extrémités la forme des sections.

[0009] Dans ces inventions, les avantages liés à l'utilisation d'aluminium ne sont pas évoqués. L'utilisation d'aluminium pour réaliser ce type de panneaux, à la place de matériaux plus denses tels que l'acier, peut permettre cependant un gain de poids appréciable.

40 **[0010]** EP 1 133 390 (Corus Aluminium) décrit un panneau en aluminium comprenant deux tôles parallèles assemblées aux pics et vallées d'une tôle ondulée de préférence par soudage. Un alliage particulier (alliage de la famille 5XXX, comprenant du zinc) a été sélectionné pour la fabrication de la tôle ondulée. Les propriétés de résistance mécanique du panneau obtenu ne sont pas précisées.

[0011] Une autre alternative est de réaliser un panneau par soudage de profilés creux.

45 EP 1 222 993 A1 (Hitachi) décrit ainsi l'assemblage par soudage de profilés creux pour réaliser un panneau. Cette technique présente l'inconvénient de nécessiter de nombreux assemblages en raison de la largeur limitée des profilés, ce qui affaiblit la structure. Il est également décrit dans la même demande de brevet des panneaux assemblés par soudage par friction malaxage comprenant des tôles séparées par de l'aluminium à structure nid d'abeille, ces panneaux comprenant des profilés périphériques.

50 **[0012]** Les inconvénients des panneaux métalliques de l'art antérieur sont multiples. Dans les procédés incluant une étape de soudage par fusion, une déformation parfois rédhibitoire des panneaux se produit. Par ailleurs, dans les réalisations présentant une tôle intercalaire la résistance mécanique des panneaux est limitée par les caractéristiques des tôles intercalaires. Il est en effet difficile, et cela nécessite un investissement coûteux, d'obtenir des tôles ondulées ou frettées avec des tôles épaisses, telles que notamment des tôles dont l'épaisseur est supérieure à 1 mm voire 2 mm. Les panneaux de l'art antérieur sont essentiellement symétriques par rapport à un plan transversal et/ou longitudinal or
55 il serait souhaitable de pouvoir aisément adapter, au besoin localement, la résistance mécanique du panneau aux contraintes qu'il devra subir de façon à optimiser le compromis local entre son poids et sa résistance mécanique.

Objet de l'invention

[0013] Un premier objet de l'invention est un panneau composite métallique destiné à la construction comprenant au moins deux tôles (21) et (22) sensiblement parallèles et, disposés entre elles, des profilés (3) sensiblement parallèles entre eux et fixés aux dites tôles, lesdits profilés, au moins au nombre de trois, servent d'intercalaires permettant de séparer lesdites tôles et sont disposés de telle sorte que la distance moyenne entre deux profilés adjacents n'est pas uniforme mais adaptée aux conditions locales d'utilisation dudit panneau

[0014] Un deuxième objet de l'invention est un procédé de fabrication d'un panneau composite métallique comprenant au moins deux tôles sensiblement parallèles et, disposés entre elles, au moins trois profilés sensiblement parallèles entre eux, fixés aux dites tôles, et servant d'intercalaires permettant de séparer lesdites tôles, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :

(i) on détermine en fonction de l'application à laquelle ledit panneau est destiné le coût et le poids maximaux acceptables pour la réalisation dudit panneau,

(ii) on détermine en fonction de l'application à laquelle ledit panneau est destiné les contraintes mécaniques maximales susceptibles de s'exercer sur ledit panneau,

(iii) on choisit une limite élastique et une densité pour les tôles et les profilés,

(iv) on calcule la géométrie optimale du panneau notamment,

(a) l'épaisseur des tôles,

(b) la géométrie des profilés,

(c) l'écart entre les profilés,

de façon à obtenir le panneau ayant le poids le plus faible possible qui résiste aux contraintes déterminées à l'étape (ii), et, si le poids obtenu est supérieur à celui déterminé à l'étape (i), on revient à l'étape (iii),

(v) on calcule la différence entre d'une part le coût de la solution obtenue en effectuant un choix approprié des matériaux métalliques pour la géométrie optimisée en (iv), et d'autre part le coût déterminé à l'étape (i) et si elle est positive on revient à l'étape (iii),

(vi) on approvisionne les tôles et les profilés choisis à l'étape (v),

(vii) on assemble les tôles et les profilés par collage à froid ou par soudage par friction malaxage.

[0015] Encore d'autres objets de l'invention sont l'utilisation d'un panneau composite selon l'invention comme plancher de véhicule roulant ou volant ou comme plancher, pont, rampe de véhicule flottant.

Description des figures**[0016]**

La figure 1 montre un exemple de panneau composite selon l'invention.

La figure 2 montre un exemple de contrainte appliquée pour le calcul de la géométrie du panneau (figure 2a : vue en coupe, figure 2b, vue de dessus).

La figure 3a montre un exemple de géométrie de départ pour le calcul des paramètres du panneau composite. Les figures 3b à 3d montrent trois exemples de géométries obtenues.

La figure 4 montre la géométrie utilisée dans le cadre d'un exemple de réalisation.

La figure 5 montre pour différentes géométries utilisées le poids du panneau en fonction de la contrainte locale maximale.

La figure 6 montre la Géométrie 2 utilisée dans l'exemple 2.

Description de l'invention

[0017] La désignation des alliages suit les règles de The Aluminum Association, connues de l'homme du métier. Les états métallurgiques et les traitements thermiques sont définis dans la norme européenne EN 515. La composition chimique d'alliages d'aluminium normalisés est définie par exemple dans la norme EN 573-3.

[0018] Le terme « tôle » est utilisé ici pour des produits laminés de toute épaisseur.

[0019] Le terme « profilé » est utilisé ici pour désigner un produit corroyé de section transversale uniforme sur toute sa longueur et de forme autre que barre, fil, tube, tôle ou bande.

[0020] Selon l'invention, un panneau métallique est dit composite en ce sens qu'il est constitué de plusieurs éléments métalliques assemblés entre eux. Un panneau composite métallique selon l'invention comprend au moins deux tôles

(21) et (22) sensiblement parallèles et, disposés entre elles, des profilés (3) sensiblement parallèles entre eux et fixés aux dites tôles. Le nombre de profilés est au moins égal à trois et de manière préférée au moins égal à dix. Un panneau métallique selon l'invention est caractérisé en ce que lesdits profilés, au moins au nombre de trois, servent d'intercalaires permettant de séparer lesdites tôles et sont disposés de telle sorte que la distance moyenne entre deux profilés adjacents n'est pas uniforme mais adaptée aux conditions locales d'utilisation dudit panneau.

[0021] Dans le cas d'un panneau composite utilisé comme plancher de camion, on peut ainsi espacer d'avantage les profilés dans la partie du panneau proche de la cabine, sur laquelle aucun engin de manutention ne peut rouler, que dans la partie proche de l'autre extrémité sur laquelle les engins de manutention se déplacent. L'adaptation précise du panneau aux conditions locales d'utilisation permet de diminuer de façon significative le poids du panneau pour une application donnée.

[0022] La figure 1 illustre un panneau composite selon l'invention (1). Deux tôles (21) et (22) sont espacées et assemblées par des profilés (3). Les tôles sont espacées d'une distance h qui correspond à la hauteur des profilés dans la direction H perpendiculaire au plan du panneau. Les profilés adjacents sont sensiblement parallèles entre eux dans la direction L et espacés d'une distance moyenne d dans la direction D . Dans l'exemple de

[0023] la figure 1, le panneau composite comprend trois profilés définissant deux distances d entre profilés identiques.

[0024] Le rapport $R = h/d$ entre d'une part la distance entre les tôles h et d'autre part une quelconque des distances d entre profilés adjacents est soigneusement choisi. En effet, si ce rapport R est trop élevé, le panneau ne présente pas localement la résistance mécanique souhaitée et si ce rapport est trop faible, le poids surfacique du panneau est localement trop élevé. Dans une réalisation avantageuse de l'invention, le rapport R est compris entre 0,2 et 1,5 et de façon préférée entre 0,4 et 1,0.

[0025] Si le panneau composite est utilisé en tant que plancher, il est avantageux de distinguer la tôle supérieure (21), en contact avec la charge transportée de la tôle inférieure (22). En effet, dans ce cas, il est avantageux que la tôle supérieure (21) présente des caractéristiques mécaniques ($R_{0,2}$ et R_m) supérieures à celle de la tôle inférieure (22) et/ou une épaisseur supérieure. Les caractéristiques mécaniques supérieures sont notamment obtenues grâce au choix de l'alliage et/ou de l'état métallurgique. Compte tenu des contraintes imposées, qui sont typiquement celles d'un plancher pouvant supporter des véhicules motorisés transportant éventuellement des charges, l'épaisseur optimale de la tôle supérieure est typiquement comprise entre 2 et 4 mm et celle de la tôle inférieure est typiquement comprise entre 1 et 3 mm. L'épaisseur de la tôle supérieure est avantageusement plus élevée d'au moins 30% et de manière préférée d'au moins 50%, que l'épaisseur de la tôle inférieure en particulier si la tôle inférieure présente des caractéristiques mécaniques au moins égales à celles de la tôle supérieure. Pour une tôle gravée, on entend par épaisseur de la tôle l'épaisseur hors épaisseur du relief. La tôle supérieure est directement en contact avec les charges transportées et doit assurer des fonctions mécaniques ainsi que des fonctions de contact. La fonction de la tôle inférieure est de renforcer l'assemblage du panneau et pour certaines applications de protéger la tôle supérieure et les profilés des projections extérieures, de façon à en particulier éviter leur corrosion. Dans un mode de réalisation de l'invention, on utilise cependant une tôle inférieure ajourée pour limiter le poids du panneau.

[0026] Par ailleurs, il est avantageux dans le cas où le panneau est utilisé en tant que plancher que la face supérieure de la tôle supérieure assure une fonction antidérapante. On peut avantageusement utiliser une tôle gravée, c'est-à-dire une tôle sur laquelle un motif a été imprimé en creux ou en relief, sur une ou sur les deux faces. Avantageusement, la face supérieure de la tôle supérieure est gravée. On peut également utiliser une tôle rendue antidérapante par tout autre procédé, notamment le rainurage ou le sablage. A titre d'exemple, un relief comportant une pluralité des traits allongés, sensiblement linéaires ou non, convient bien. De tels motifs sont connus sous les désignations normalisées dans la norme EN1386 « Damier 2 », « Damier 5 », « Losange », « Grain d'orge », « Amande », ainsi que sous d'autres désignations telles que « Grain de riz », « Diamants », « Pomme de pin », « Damier 3 » (dérivé du Damier 2 avec trois traits parallèles au lieu de 2), « Damier 4 » (dérivé du Damier 5 avec 4 traits parallèles au lieu de cinq). Toutes ces désignations décrivent de manière succincte et figurée la forme du motif. Les tôles de type damier sont appelées aussi D2, D3, D4, D5, selon le nombre de traits parallèles qui constituent le motif. A titre d'exemple, un motif qui convient à la réalisation de la présente invention est celui décrit dans le brevet français FR 2 747 948 (Pechiney Rhenalu).

[0027] Quand le panneau est rectangulaire, les profilés peuvent être orientés soit dans la direction parallèle à la longueur du panneau soit dans la direction perpendiculaire à la longueur du panneau. D'une façon avantageuse, lorsque le panneau est utilisé en tant que plancher de véhicule roulant, ou volant, tel que notamment un camion, un wagon, un avion cargo, un moyen de manutention tel qu'un container, les profilés sont orientés dans la direction perpendiculaire à la longueur du panneau, comme dans l'exemple de la figure 1, tandis que lorsque le panneau est utilisé en tant que plancher (notamment pont fixe ou provisoire, une passerelle), de véhicule flottant, tel que notamment un navire, les profilés sont orientés dans la direction parallèle à la longueur du panneau. D'une façon avantageuse les profilés utilisés dans le cadre de l'invention sont obtenus par filage. Les profilés (3) utilisés dans le cadre de l'invention comprennent au moins une portion transversale (31), destinée à espacer les tôles et au moins deux portions latérales (321) et (322) destinées à rentrer en contact avec les tôles (21) et (22). Avantageusement, au moins une portion transversale (31) est inclinée de 5° à 70° et de manière préférée de 5° à 60° par rapport à la direction perpendiculaire au plan défini par les

tôles. D'une façon avantageuse, l'extrémité des portions latérales en contact avec les tôles est arrondie, car une extrémité avec un angle vif, typiquement un angle droit, est défavorable pour l'assemblage par collage. Typiquement, l'épaisseur du profilé n'est pas identique dans la portion transversale et les portions latérales. Dans une réalisation avantageuse de l'invention, l'épaisseur du profilé est plus élevée dans la portion transversale que dans les portions latérales.

[0028] Dans un mode de réalisation avantageux de l'invention illustré par la figure 3b, les profilés sont constitués de au moins 5 et de préférence de 5 segments, référencés b, c, g, j, et k les portions transversales (31) étant constituées de au moins deux et de préférence de deux segments (c et j), la portion latérale supérieure (321) étant constituée de au moins deux et de préférence de 2 segments (b et k) et la portion latérale inférieure (322) étant constitué d'au moins un segment et de préférence d'un segment (g), le segment g reliant les deux portions transversales. Un segment est une partie de la section du profilé ayant deux extrémités : soit une extrémité libre et une extrémité définie par un angle de jonction non nul avec un autre segment, soit deux extrémités définies par un angle de jonction non nul avec un autre segment.

[0029] Dans un mode de réalisation préféré de l'invention illustré par la figure 3c, le profilés sont constitués de au moins neuf segments et de préférence de neuf segments, référencés a, b, c, d, g, h, j, k et l, les portions transversales (31) étant constituées par au moins deux segments et de préférence de deux segments (c et j), la portion latérale supérieure (321) étant constituée par au moins quatre segments et de préférence par quatre segments (b, d, h et k) situés de part et d'autre des segments transversaux et la portion latérale inférieure (322) étant constitué d'au moins trois segments et de préférence de trois segments (a, g, l), le segment g reliant les deux portions transversales. Ce mode de réalisation est particulièrement avantageux lorsque le panneau composite est assemblé par collage. En effet, les segments ajoutés par rapport à une géométrie à cinq segments (c'est-à-dire les segments d, h, a et l) permettent de réduire considérablement les contraintes au sein de la colle. Ainsi la contrainte maximale calculée au sein de la colle est inférieure d'au moins 30% et dans certains cas d'au moins 50% par rapport à une géométrie ne comportant pas ces segments supplémentaires. Lorsque le panneau composite est assemblé par collage, on préfère donc les réalisations dans lesquelles les profilés comprennent au moins deux segments latéraux, avantageusement horizontaux en contact avec la tôle supérieure, situés de part et d'autre d'au moins un segment transversal et au moins deux segments latéraux avantageusement horizontaux en contact avec la tôle inférieure, situés de part et d'autre d'au moins un segment transversal.

[0030] Des profilés supplémentaires, d'une géométrie identique ou différente de celle utilisée pour les profilés intercalaires (3) peuvent être utilisés en périphérie du panneau de façon à fermer de façon partielle ou totale l'espace entre les tôles.

[0031] Pour obtenir un panneau présentant un compromis optimal entre le poids et les performances les alliages légers sont favorables. Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, les tôles et profilés sont en alliage d'aluminium.

[0032] De façon avantageuse, les tôles utilisées dans le cadre de l'invention sont en alliage 5XXX, de préférence en alliage 5052, 5083, 5086 ou 5383. Pour un panneau utilisé en tant que plancher, une tôle en alliage 5083, 5086 ou 5383 est avantageusement utilisée pour la tôle supérieure tandis qu'une tôle en alliage 5052 ou 5383 est avantageusement utilisée pour la tôle inférieure. L'état métallurgique des tôles utilisées est typiquement un état H.

[0033] Avantageusement les profilés utilisés dans le cadre de l'invention sont en alliage 5XXX typiquement dans un état H ou 6XXX typiquement à l'état T5 ou T6, de préférence à l'état T6.

[0034] D'une manière préférée des familles d'alliages différentes sont utilisées d'une part pour les tôles et d'autre part pour les profilés.

[0035] La résistance à la corrosion des alliages sélectionnés est importante notamment pour certaines applications (en particulier pour les panneaux destinés à la construction navale). Dans une réalisation avantageuse de l'invention, on utilise des tôles plaquées. Dans le cas où le panneau est utilisé en tant que plancher, il est particulièrement avantageux que la face inférieure de la tôle inférieure soit plaquée.

[0036] Les panneaux composites selon l'invention sont utilisés de façon avantageuse comme plancher de véhicule roulant, plancher, pont et/ou rampe de véhicule flottant ou plancher de véhicule volant.

[0037] La conception et la fabrication de panneau composite selon l'invention peut être décomposé dans les étapes suivantes :

Dans une première étape, on détermine en fonction de l'application à laquelle ledit panneau est destiné le coût et le poids maximaux acceptables pour sa réalisation. Cet impératif technico-économique est déterminé par différents critères pouvant inclure en particulier le coût des solutions existantes en fonction de leur poids.

[0038] Dans une seconde étape, on détermine en fonction de l'application à laquelle ledit panneau est destiné les contraintes mécaniques maximales susceptibles de s'exercer sur le panneau. Cette estimation peut être réalisée par un calcul imposé par une réglementation ou choisi en fonction d'une utilisation particulière. Dans le cas de la construction navale, le niveau de contrainte et son mode d'évaluation est généralement imposé par des organismes de certifications membres de l'IACS (International Association of Classification Societies) tels que notamment le DNV (Det Norske

Veritas), Lloyd's Register, ABS (American Bureau of Shipping), Veritas. On trouve par exemple ce type de spécification dans les règles DNVHSC, Part 5, Chapter 2 « Car Ferry ».

[0039] Dans d'autres cas spécifiques, on choisit des critères pratiques reflétant l'utilisation qui sera faite du panneau. Un exemple de contrainte appliquée est donné sur la Figure 2. Une masse (4) est appliquée sur le panneau composite (1) fixé sur deux supports (5). La charge simule une roue de camion ou d'engin de transport de charge. La charge peut être déplacée sur le panneau.

[0040] L'objectif à atteindre est défini en termes de déformation du panneau et/ou en termes de niveau maximal de contrainte locale acceptable. Le niveau maximal de contrainte locale acceptable dépend de la limite d'élasticité des matériaux utilisés et des conditions d'utilisation visées. Ainsi un coefficient de sécurité est défini par rapport à la limite d'élasticité du matériau pour tenir compte, entre autres des conditions de déformation en fatigue.

[0041] Dans une troisième étape, on choisit une limite élastique et une densité pour les tôles et les profilés. Ces valeurs sont déterminées de façon raisonnable en fonction des matériaux les plus prometteurs pour la réalisation du panneau.

[0042] Dans une quatrième étape, on calcule la géométrie optimale du panneau composite. L'objectif de cette étape est de trouver le panneau ayant le poids le plus faible possible qui résiste aux contraintes déterminées à la deuxième étape.

[0043] Dans un premier temps, on définit une géométrie de départ pour le calcul. Un exemple avantageux de géométrie de départ est donné sur la Figure 3a. Le panneau composite (1) est constitué de deux tôles, une tôle supérieure (21) et une tôle inférieure (22), espacées et assemblées par des profilés (3) divisés pour les besoins du calcul en 12 sous-segments, référencés par une lettre de « a » à « l ». Les portions transversales (31) sont constituées par les sous-segments « c » et « j ». La portion latérale supérieure (321) qui est en contact avec la tôle supérieure (21) est constituée par les sous-segments « b », « d », « f », « h » et « k ». La portion latérale inférieure (322) qui est en contact avec la tôle inférieure (22) est constituée par les sous-segments « a », « e », « g », « i » et « l ». Un sous-segment est une unité de calcul pouvant pendant la simulation numérique soit être supprimé soit donner seul ou en combinaison un segment de la solution optimisée. Par exemple, un sous-segment diffère d'un segment par le fait que l'angle entre sous segments peut être nul (voir Fig. 3a, sous-segments d, f et h). Dans le cas d'une utilisation horizontale du panneau, la tôle supérieure est la tôle en contact avec la charge. La géométrie de départ utilisée pour le profilé est avantageuse car elle permet d'atteindre directement la plupart des géométries finales de profilés envisageables.

[0044] Le calcul, avantageusement réalisé par éléments finis, consiste à faire varier les différents paramètres : épaisseur des tôles, longueur et épaisseur de chaque sous-segment des profilés de façon à obtenir une solution optimisée, c'est-à-dire présentant le meilleur compromis entre le poids du panneau, le niveau maximal des contraintes locales et/ou la déformation du panneau.

[0045] Dans le calcul, l'épaisseur des tôles reste toujours supérieure à une valeur minimale de 0,1 mm et de préférence de 0,5 mm. L'épaisseur des sous-segments de profilé est soit nulle (dans ce cas ce sous-segment de profilé n'est pas utilisé) soit supérieure à une valeur minimale de 0,5 mm et de préférence supérieure à 1 mm. La longueur des sous-segments du profilé dont l'épaisseur est nulle peut ne pas être égale à zéro de façon à générer deux profilés (voir figure 3d). Les sous-segments verticaux peuvent avantageusement être inclinés, l'angle entre la direction perpendiculaire au plan défini par les tôles (H) et les sous-segments verticaux, quand ils sont inclinés, étant compris entre 5° et 70° avantageusement entre 5° et 60° et de préférence entre 10° et 45°. Trois exemples de résultats obtenus sont donnés dans les figures 3b et 3c (cas d'une charge appliquée locale) et 3d (cas d'une charge appliquée répartie sur l'ensemble de la surface).

[0046] Dans la figure 3b, la géométrie obtenue pour le profilé est en forme de « Omega », les portions latérales supérieures « b » et « k » étant plus épaisses que la portion latérale inférieure « g ». Par ailleurs, la tôle supérieure (21) est plus épaisse que la tôle inférieure (22). La figure 3c représente une optimisation dans laquelle le cisaillement de la colle en extrémité de zone de contact a été pris en compte.

[0047] Dans la figure 3d, la géométrie obtenue pour le profilé est en forme de « I ». Les sous-segments « f » et « g » ont une épaisseur nulle mais leur longueur a augmenté par rapport à celle de la figure 3a.

[0048] Il est possible, pour des raisons pratiques ou économiques de figer certains paramètres on peut par exemple imposer une épaisseur identique pour la tôle inférieure et la tôle supérieure, ou imposer une forme « Omega » pour le profilé en limitant le nombre de sous-segments.

[0049] On constate que l'optimisation revient dans de nombreux cas à trouver le meilleur compromis entre la hauteur des portions transversales (sous-segments « c » et « j » de la figure 3) et la distance entre les profilés.

[0050] L'optimisation peut également prendre en compte des impératifs économiques tels que par exemple le coût d'assemblage des profilés en fonction du nombre de profilés utilisés et le coût de fabrication des géométries optimisées.

[0051] Le poids obtenu est comparé à l'objectif déterminé dans la première étape, si le poids obtenu est supérieur à cet objectif, on revient à la troisième étape.

[0052] Dans une cinquième étape on calcule le coût de la solution obtenue. Les alliages métalliques les plus appropriés pour atteindre les conditions de limite élastique et de densité sont sélectionnés et le coût d'obtention des tôles et profilé pour ces alliages dans la géométrie optimisée est déterminé. On calcule la différence entre d'une part le coût de la

solution obtenue en effectuant un choix approprié des matériaux métalliques pour la géométrie optimisée et d'autre part l'objectif de coût déterminé à la première étape et si elle est positive on revient à la troisième étape.

[0053] Dans une sixième étape, on approvisionne les tôles et les profilés en alliage sélectionné ayant la géométrie souhaitée.

[0054] Dans une septième étape, le panneau est assemblé. Pour éviter la déformation lors de l'assemblage, et obtenir une planéité satisfaisante du panneau, l'assemblage est réalisé à l'aide d'une méthode dans laquelle il n'y a pas de fusion du métal. En particulier, les méthodes de soudage par fusion ne sont pas utilisées dans le cadre de l'invention. Les méthodes nécessitant un traitement thermique du panneau à une température supérieure à 200 °C ou même supérieure à 150 °C (tel que le traitement nécessaire à la cuisson d'une colle) sont également défavorables car elles

génèrent une perte de propriétés mécaniques.

[0055] Dans une réalisation préférée de l'invention, les tôles et profilés sont assemblés par collage sans cuisson, avantageusement à l'aide d'une colle de type époxy bi-composant, les éléments étant assemblés par mise sous pression, typiquement entre 50 et 100 kg/m² et la température du panneau ne dépassant pas 100 °C, et avantageusement ne dépassant pas la température ambiante, au cours de l'étape de collage ou ultérieurement. De façon à contrôler l'épaisseur de colle, on peut introduire avantageusement un fil métallique d'épaisseur contrôlée entre les portions latérales des profilés (321) et (322) et les tôles (21) et (22). On peut également introduire des billes de diamètre calibré dans la colle. Dans une autre réalisation avantageuse de l'invention, une excroissance du profilé dans la direction H sur les segments en contact avec les tôles (321) et (322) est réalisée de façon à contrôler l'épaisseur de colle. Avantageusement, un traitement de surface est réalisé avant assemblage par collage. Dans une autre réalisation de l'invention, les panneaux sont assemblés par soudage par friction malaxage.

Exemples

Exemple 1

[0056] Dans cet exemple, on a calculé la structure d'un panneau composite selon l'invention optimisé pour une contrainte telle que décrite sur la Figure 2. Une masse de 2 tonnes (4) de surface 144 cm² (longueur 180 mm, largeur 80 mm) est appliquée sur le panneau composite (1) fixé sur deux supports (5). La longueur du panneau était de 13,8 m et sa largeur de 2,3 m. Les profilés sont perpendiculaires à la direction de la longueur du panneau. Parmi les paramètres d'optimisation, seuls l'épaisseur des tôles et la distance entre profilés ont été optimisés. La forme générale du profilé n'a pas été optimisée, on a utilisé la forme « Omega » telle que décrite sur la figure 4. La figure 4 résume par ailleurs les différents paramètres: épaisseur des tôles (e_1 : tôle supérieure et e_2 : tôle inférieure), distance entre les profilés (d), épaisseur des différentes parties du profilé (e_3 épaisseur de la portion transversale, e_4 : épaisseur de la portion latérale supérieure en contact avec la tôle supérieure et e_5 : épaisseur de la portion latérale inférieure en contact avec la tôle inférieure). Les épaisseurs des différentes parties du profilé ont été fixées. Une épaisseur de 2,8 mm a été fixée pour e_3 et e_5 . Une épaisseur de 5 mm a été fixée pour e_4 . Les valeurs de d_2 , d_3 , d_4 and d_5 ont été fixées à 120 mm, 27 mm, 45 mm et 50 mm, respectivement. La contrainte locale est calculée pour chaque élément du maillage du calcul et la contrainte locale maximale est ainsi obtenue pour chaque géométrie considérée. Cette contrainte locale maximale peut ensuite être comparée avec une valeur cible conforme avec la résistance des matériaux et les coefficients de sécurité nécessaires. La figure 5 illustre les résultats obtenus pour différentes valeurs de d_1 , e_1 et e_2 . On constate d'une manière générale que plus les panneaux sont lourds, plus les contraintes locales maximales sont faibles ce qui traduit bien la plus forte résistance des panneaux. Les géométries dans lesquelles l'épaisseur de la tôle supérieure est plus élevée que celle de la tôle inférieure sont les plus favorables. La distance optimale entre les profilés varie en fonction de l'épaisseur choisie pour la tôle supérieure, ainsi pour une épaisseur de tôle supérieure de 4 mm, la distance optimale pour une contrainte maximale d'environ 115 est $d=110$ mm tandis que pour un même niveau de contrainte maximale, la distance optimale pour une épaisseur de tôle supérieure de 3 mm est $d=80$ mm.

[0057] Pour des raisons économiques, on a réalisé un panneau dans lequel l'épaisseur de la tôle supérieure et celle de tôle inférieure étaient égales à 3 mm et la distance entre les profilés était de 80 mm. La tôle supérieure était constituée d'alliage 5086 à l'état H244 tandis que la tôle inférieure était constituée d'alliage 5383 à l'état H34. Les profilés étaient constitués d'alliage 6005 à l'état T6. Les tôles et les profilés ont été assemblés par collage à l'aide d'une colle de type époxy bi-composant. L'épaisseur de la colle a été contrôlée grâce à une corde à piano positionnée sur les parties des profilés en contact avec les tôles, dans la zone de plus faible contrainte. La colle a été réticulée sous pression sans chauffage.

[0058] Un échantillon du panneau obtenu d'une dimension de 500 mm sur 1300 mm a été testé sous une force de 30 000 N appliquée au centre de l'échantillon. Aucune fissure n'a été observée, que ce soit sur la colle, les profilés ou les tôles. Le déplacement maximal observé a été de 6 mm.

Exemple 2

[0059] Dans cet exemple, on a calculé la structure d'un panneau composite selon l'invention optimisé pour une contrainte telle que décrite sur la Figure 2. Une charge de 0,4 MPa (4) de surface 365 cm² (longueur 215 mm (parallèle aux profilés), largeur 170 mm (perpendiculaire aux profilés)) est appliquée sur le panneau composite (1) fixé sur deux supports (5). La longueur du panneau était de 2,4 m et sa largeur de 0,6 m. La forme générale du profilé a été optimisée. On a utilisé comme première géométrie de départ du calcul la forme « Omega » telle que décrite sur la figure 4.

[0060] Dans un premier calcul, les contraintes au sein de l'adhésif n'ont pas été prises en compte et on a appliqué comme critère l'obtention d'une contrainte maximale (von Mises) dans l'aluminium inférieure à 200 MPa.

[0061] Les paramètres suivants ont été optimisés : épaisseur des tôles supérieure et inférieure, distance entre les profilés, géométrie des profilés (longueur et épaisseur des différents sous-segments de départ). La contrainte locale est calculée pour chaque élément du maillage du calcul et la contrainte locale maximale est ainsi obtenue pour chaque géométrie considérée.

[0062] La géométrie ainsi obtenue a ensuite été optimisée plus finement en tenant compte de l'élasticité de l'adhésif et de la contrainte locale maximale au sein de l'adhésif. Pour ce second calcul, on a comparé deux géométries de départ : une première géométrie (Géométrie 1) correspondant exactement à celle obtenue par le premier calcul et une seconde géométrie (Géométrie 2) dans laquelle 4 sous-segments ont été ajoutés à la forme décrite dans la Figure 4, conformément à la Figure 6.

[0063] La géométrie optimisée obtenue en partant d'une Géométrie 1 de départ telle que décrite sur la Figure 4 a les caractéristiques suivantes : e1 = 2,5 mm, e2 = 1,6 mm, e3 = 3,5 mm, e4 = 2 mm, e5 = 1,9 mm, d1 = 73 mm, d2 = 104 mm, d3 = 23 mm, d4 = 49 mm, d5 = 21 mm.

[0064] La géométrie optimisée obtenue en partant de la Géométrie 2 (Figure 6), a les caractéristiques géométriques sont les suivantes : e1 = 2,5 mm, e2 = 1 mm, e3 = 4 mm, e4 = 1,85 mm, e5 = 1,85 mm, d1 = 73 mm, d2 = 101 mm, d3 = 25 mm, d4 = 46 mm, d5 = 36 mm d6 = 2,3 mm et d7 = 1,5 mm.

[0065] Les contraintes calculées pour ces géométries sont données dans le Tableau 1.

[0066] On constate un très net avantage de la Géométrie 2 avec notamment une réduction de l'ordre de 50% de l'ensemble des contraintes maximales dans la colle.

Tableau 1

			Géométrie 1	Géométrie 2
Contrainte dans l'aluminium	Von Mises (MPa)	Maximum	188	
Contraintes dans la colle	Von Mises (MPa)	Maximum	87	42
		Valeur moyenne sur la section	16	18
		Valeur moyenne absolue	16	18
	Contrainte en tension/compression (direction de l'épaisseur (MPa))	Maximum	45	28
		Valeur moyenne sur la section	-1	-1
		Valeur moyenne absolue	6	6
		Contrainte moyenne de rupture de l'adhésif à 25 °C	30 en tension	30 en tension

EP 2 115 233 B1

(suite)

			Géométrie 1	Géométrie 2
5	Contrainte de cisaillement (MPa)	Maximum	52	24
		Valeur moyenne sur la section	-1	-1
10		Valeur moyenne absolue	10	9
		Contrainte moyenne de rupture de l'adhésif à 25 °C	17	17

Revendications

1. Panneau composite métallique destiné à la construction comprenant au moins deux tôles (21) et (22) sensiblement parallèles et, disposés entre elles, des profilés (3) sensiblement parallèles entre eux et fixés aux dites tôles, chaque profilé ayant une section transversale uniforme sur toute sa longueur, lesdits profilés comprenant au moins une portion transversale (31), destinée à espacer lesdites tôles (21) et (22) et au moins deux portions latérales (321) et (322) destinées à rentrer en contact avec les tôles, **caractérisé en ce que** lesdits profilés, au moins au nombre de trois, servent d'intercalaires permettant de séparer lesdites tôles et sont disposés de telle sorte que la distance moyenne entre deux profilés adjacents n'est pas uniforme mais adaptée aux conditions locales d'utilisation dudit panneau.
2. Panneau composite selon la revendication 1 destiné à être utilisé en tant que plancher dans lequel la tôle supérieure (21) en contact avec la charge a des caractéristiques mécaniques et/ou une épaisseur supérieure à celle de la tôle inférieure (22) et préférentiellement dans lequel l'épaisseur de la tôle supérieure est comprise entre 2 et 4 mm et l'épaisseur de la tôle inférieure est comprise entre 1 et 3 mm.
3. Panneau composite selon la revendication 2 dans lequel la face supérieure de la tôle supérieure (21) a une fonction antidérapante et préférentiellement est gravée.
4. Panneau composite selon une quelconque des revendications 1 à 3 dans lequel lesdits profilés sont obtenus par filage et dans lequel l'extrémité des portions latérales en contact avec les tôles des profilés (321) et (322) est arrondie.
5. Panneau composite selon la revendication 4 dans lequel au moins une portion transversale (31) est inclinée de 5° à 70° par rapport à la direction perpendiculaire au plan défini par les tôles.
6. Panneau composite selon la revendication 4 ou la revendication 5 dans lequel l'épaisseur desdits profilés est plus élevée dans la portion transversale (31) que dans les portions latérales (321) et (322).
7. Panneau composite selon une quelconque des revendications 4 à 6 dans lequel lesdits profilés sont constitués d'au moins cinq segments, les portions transversales (31) étant constituées par au moins deux segments, la portion latérale supérieure (321) étant constituée par au moins deux segments et la portion latérale inférieure (322) étant constitué d'au moins un segment, reliant les deux portions transversales.
8. Panneau composite selon une quelconque des revendications 4 à 7 dans lequel lesdits profilés sont constitués d'au moins neuf segments, les portions transversales (31) étant constituées d'au moins deux segments, la portion latérale supérieure (321) étant constituée d'au moins quatre segments situés de part et d'autre des segments transversaux et la portion latérale inférieure (322) étant constitué d'au moins trois segments, dont un segment reliant les deux portions transversales.
9. Panneau composite selon une quelconque des revendications 1 à 8 dans lequel les tôles et profilés sont en alliage d'aluminium et/ou dans lequel les tôles (21) et (22) sont en alliage d'aluminium de la série 5XXX et préférentiellement en alliage d'aluminium 5052, 5083, 5086 ou 5383 et/ou dans lequel les profilés sont en alliage d'aluminium de la

série 5XXX dans un état H ou en alliage d'aluminium de la série 6XXX à l'état T6.

- 5 10. Panneau composite selon une quelconque des revendications 1 à 9 dans lequel les tôles et les profilés sont assemblés par collage sans cuisson sous pression, la température du panneau ne dépassant pas 100 °C au cours de l'étape de collage ou ultérieurement, de préférence avec une colle de type epoxy-bi-composant.
11. Panneau composite selon une quelconque des revendications 1 à 10 dans lequel les tôles et les profilés sont assemblés par soudage par friction malaxage.
- 10 12. Procédé de fabrication d'un panneau composite métallique comprenant au moins deux tôles sensiblement parallèles et, disposés entre elles, au moins trois profilés sensiblement parallèles entre eux, fixés aux dites tôles, et servant d'intercalaires permettant de séparer lesdites tôles, chaque profilé ayant une section transversale uniforme sur toute sa longueur, **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes successives suivantes :
 - 15 (i) on détermine en fonction de l'application à laquelle ledit panneau est destiné le coût et le poids maximaux acceptables pour la réalisation dudit panneau,
 - (ii) on détermine en fonction de l'application à laquelle ledit panneau est destiné les contraintes mécaniques maximales susceptibles de s'exercer sur ledit panneau,
 - (iii) on choisit une limite élastique et une densité pour les tôles et les profilés,
 - 20 (iv) on calcule la géométrie optimale du panneau notamment,
 - (a) l'épaisseur des tôles,
 - (b) la géométrie des profilés,
 - (c) l'écart entre les profilés,
 - 25 de façon à obtenir le panneau ayant le poids le plus faible possible qui résiste aux contraintes déterminées à l'étape (ii), et, si le poids obtenu est supérieur à celui déterminé à l'étape (i), on revient à l'étape (iii),
 - (v) on calcule, de préférence par éléments finis, la différence entre d'une part le coût de la solution obtenue en effectuant un choix approprié des matériaux métalliques pour la géométrie optimisée en (iv), et d'autre part le
 - 30 coût déterminé à l'étape (i) et si elle est positive on revient à l'étape (iii),
 - (vi) on approvisionne les tôles et les profilés choisis à l'étape (v),
 - (vii) on assemble les tôles et les profilés par collage sans cuisson ou par soudage par friction malaxage.
- 35 13. Procédé selon la revendication 12 dans lequel la géométrie de départ pour le calcul est un panneau composite (1) constitué de deux tôles, une tôle supérieure (21) et une tôle inférieure (22), espacées et assemblées par des profilés (3) divisés en 12 sous-segments, les portions transversales (31) étant constituées par deux sous-segments, la portion latérale supérieure (321) qui est en contact avec la tôle supérieure (21) étant constituée par 5 sous-segments, la portion latérale inférieure (322) qui est en contact avec la tôle inférieure (22) étant constituée par 5 sous-segments et dans lequel le calcul consiste à faire varier les différents paramètres : épaisseur des tôles, longueur et épaisseur
- 40 de chaque sous-segment des profilés de façon à obtenir une solution optimisée, c'est-à-dire présentant le meilleur compromis entre le poids du panneau, le niveau maximal des contraintes locales et/ou la déformation du panneau.
14. Procédé selon la revendication 13 dans lequel l'épaisseur des tôles reste toujours supérieure à une valeur minimale de 0,1 mm et de préférence de 0,5 mm et l'épaisseur des sous-segments de profilé est soit nulle soit supérieure à
- 45 une valeur minimale de 0,5 mm et de préférence supérieure à 1 mm.
15. Procédé selon une quelconque des revendications 12 à 14 dans lequel les éléments sont assemblés par collage, de préférence avec une colle de type époxy bi-composant, par mise sous pression entre 50 et 100 kg/m² et la température du panneau ne dépasse pas 100 °C, au cours de l'étape de collage ou ultérieurement.
- 50 16. Procédé selon une quelconque des revendications 12 à 15 dans lequel les éléments sont assemblés par soudage par friction-malaxage.
- 55 17. Utilisation d'un panneau composite selon une quelconque des revendications 1 à 11 comme plancher de véhicule roulant ou comme plancher, pont et/ou rampe de véhicule flottant ou comme plancher de véhicule volant.

Patentansprüche

1. Metallische Verbundplatte für Konstruktionszwecke, umfassend mindestens zwei im Wesentlichen parallele Bleche (21) und (22) und dazwischen angeordnete Profile (3), welche im Wesentlichen parallel zueinander verlaufen und an den Blechen befestigt sind, wobei jedes Profil einen gleichmäßigen Querschnitt über seine gesamte Länge besitzt, wobei die Profile mindestens einen Querabschnitt (31) aufweisen, der die Bleche (21) und (22) in Abstand voneinander hält, und mindestens zwei Seitenabschnitte (321) und (322) aufweisen, die mit den Blechen in Kontakt kommen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die - mindestens drei - Profile als Abstandsstücke zum Trennen der Bleche dienen und so angeordnet sind, dass der mittlere Abstand zwischen zwei benachbarten Profilen nicht gleichmäßig, sondern den örtlichen Einsatzbedingungen angepasst ist.
2. Verbundplatte nach Anspruch 1 zur Verwendung als Boden, bei der das obere Blech (21), welches mit der Last in Kontakt ist, mechanische Eigenschaften und/oder eine Dicke aufweist, die größer ist als die Dicke des unteren Blechs (22), und bei der in bevorzugter Weise die Dicke des oberen Blechs zwischen 2 und 4 mm liegt und die Dicke des unteren Blechs zwischen 1 und 3 mm liegt.
3. Verbundplatte nach Anspruch 2, bei der die Oberseite des oberen Blechs (21) Antirutschfunktion hat und vorzugsweise geprägt ist.
4. Verbundplatte nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, bei der die Profile durch Strangpressen hergestellt sind und das Ende der mit den Blechen in Kontakt kommenden Seitenabschnitte der Profile (321) und (322) abgerundet ist.
5. Verbundplatte nach Anspruch 4, bei der mindestens ein Querabschnitt (31) um 5° bis 70° gegenüber einer Richtung senkrecht zu der durch die Bleche definierten Ebene geneigt ist.
6. Verbundplatte nach Anspruch 4 oder Anspruch 5, bei der die Dicke der Profile in dem Querabschnitt (31) höher ist als in den Seitenabschnitten (321) und (322).
7. Verbundplatte nach irgendeinem der Ansprüche 4 bis 6, bei der die Profile aus mindestens fünf Segmenten bestehen, wobei die Querabschnitte (31) aus mindestens zwei Segmenten bestehen, der obere Seitenabschnitt (321) aus mindestens zwei Segmenten besteht und der untere Seitenabschnitt (322) aus mindestens einem Segment besteht, welches die beiden Querabschnitte verbindet.
8. Verbundplatte nach irgendeinem der Ansprüche 4 bis 7, bei der die Profile aus mindestens neun Segmenten bestehen, wobei die Querabschnitte (31) aus mindestens zwei Segmenten bestehen, der obere Seitenabschnitt (321) aus mindestens vier beiderseits der Quersegmente angeordneten Segmenten besteht und der untere Seitenabschnitt (322) aus mindestens drei Segmenten besteht, von denen eins die beiden Querabschnitte verbindet.
9. Verbundplatte nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 8, bei der die Bleche und Profile aus einer Aluminiumlegierung bestehen bzw. bei der die Bleche (21) und (22) aus einer Aluminiumlegierung der Serie 5xxx und vorzugsweise aus einer Aluminiumlegierung 5052, 5083, 5086 oder 5383 bestehen und/oder die Profile aus einer Aluminiumlegierung der Serie 5xxx im Zustand H oder einer Aluminiumlegierung der Serie 6xxx im Zustand T6 bestehen.
10. Verbundplatte nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 9, bei der die Bleche und Profile durch Klebung, vorzugsweise mit einem Zweikomponenten-Epoxidkleber, ohne Einbrennen unter Druck miteinander verbunden sind, wobei die Temperatur der Platte beim Kleben oder zu einem späteren Zeitpunkt 100 °C nicht übersteigt.
11. Verbundplatte nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 10, bei der die Bleche und Profile durch Reibrührschweißung miteinander verbunden sind.
12. Verfahren zur Herstellung einer metallischen Verbundplatte umfassend mindestens zwei im Wesentlichen parallele Bleche und mindestens drei dazwischen angeordnete Profile, welche im Wesentlichen parallel zueinander verlaufen, an den Blechen befestigt sind und als Abstandsstücke zum Trennen der Bleche dienen, wobei jedes Profil einen gleichmäßigen Querschnitt über seine gesamte Länge besitzt, **dadurch gekennzeichnet, dass** es folgende aufeinanderfolgende Schritte aufweist:

(i) Ermitteln der Kosten und des höchstzulässigen Gewichts für die Herstellung der Platte in Abhängigkeit von dem Verwendungszweck der Platte,

- (ii) Ermitteln der maximalen mechanischen Belastungen, die auf die Platte einwirken können, je nach Verwendungszweck der Platte,
- (iii) Wählen einer Dehngrenze und Dichte für die Bleche und Profile,
- (iv) Berechnen der optimalen Geometrie der Platte, insbesondere

(a) der Dicke der Bleche,
 (b) der Geometrie der Profile,
 (c) des Abstands zwischen den Profilen,
 um eine Platte mit möglichst geringem Gewicht zu erhalten, die den in Schritt (ii) bestimmten Belastungen standhält, und wenn das erhaltene Gewicht über dem in Schritt (i) bestimmten Gewicht liegt, Zurückgehen zu Schritt (iii),

(v) Berechnen, vorzugsweise durch finite Elemente, der Differenz zwischen den Kosten der durch eine geeignete Wahl der metallischen Werkstoffe im Hinblick auf die optimierte Geometrie in Schritt (iv) erhaltenen Lösung einerseits und den in Schritt (i) bestimmten Kosten andererseits, und wenn die Differenz positiv ist, Zurückgehen zu Schritt (iii),

(vi) Bereitstellen der in Schritt (v) gewählten Bleche und Profile,
 (vii) Verbinden der Bleche und Profile durch Kleben ohne Einbrennen oder durch Reibrührschweißen.

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem die Ausgangsgeometrie für die Berechnung eine Verbundplatte (1) ist, welche aus zwei Blechen besteht, einem oberen Blech (21) und einem unteren Blech (22), die voneinander beabstandet und durch in 12 Teilsegmente unterteilte Profile (3) miteinander verbunden sind, wobei die Querabschnitte (31) aus zwei Teilsegmenten bestehen, der obere Seitenabschnitt (321), der mit dem oberen Blech (21) in Kontakt ist, aus 5 Teilsegmenten besteht, der untere Seitenabschnitt (322), der mit dem unteren Blech (22) in Kontakt ist, aus 5 Teilsegmenten besteht, und bei dem die Berechnung darin besteht, die einzelnen Parameter, d.h. Dicke der Bleche, Länge und Dicke jedes Teilsegments der Profile, zu verändern, um eine optimierte Lösung zu erhalten, d.h. die den besten Kompromiss zwischen dem Gewicht der Platte, dem Höchstmaß an örtlichen Belastungen und/oder der Verformung der Platte aufweist.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem die Dicke der Bleche immer über einem Mindestwert von 0,1 mm und vorzugsweise 0,5 mm bleibt und die Dicke der Profiltailsegmente entweder Null ist oder über einem Mindestwert von 0,5 mm und vorzugsweise 1 mm liegt.

15. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 12 bis 14, bei dem die Elemente durch Kleben, vorzugsweise mit einem Zweikomponenten-Epoxidkleber, unter einem Druck im Bereich zwischen 50 und 100 kg/m² verbunden werden und die Temperatur der Platte beim Kleben oder zu einem späteren Zeitpunkt 100 °C nicht übersteigt.

16. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 12 bis 15, bei dem die Elemente durch Reibrührschweißen verbunden werden.

17. Verwendung einer Verbundplatte nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 11 als Boden eines rollenden Fahrzeugs oder als Boden, Deck und/oder Rampe eines schwimmenden Fahrzeugs oder als Boden eines fliegenden Fahrzeugs.

Claims

1. Metal composite panel intended for construction, comprising at least two substantially parallel sheets (21) and (22) and, arranged between them, profiles (3) substantially parallel to each other and fastened to said sheets, each profile having a uniform cross section over its entire length, said profiles comprising at least one transverse portion (31), intended to space apart said sheets (21) and (22) and at least two lateral portions (321) and (322), intended to come into contact with the sheets, **characterised in that** said profiles, numbering at least three, serve as separators making it possible to separate said sheets and are arranged so that the average distance between two adjacent structural shapes is not uniform but suited to the local conditions of use of said panel.

2. Composite panel of claim 1, intended to be used as flooring in which the upper sheet (21) in contact with the load has superior mechanical properties and/or a greater thickness than that of the lower sheet (22) and preferably in which the thickness of the upper sheet is between 2 and 4 mm and the thickness of the lower sheet is between 1 and 3 mm.

3. Composite panel of claim 2 in which the upper face of the upper sheet (21) has a non-skid function and preferably is engraved.
4. Composite panel as claimed in any of claims 1 to 3 in which said profiles are obtained by extrusion and in which the end of the lateral portions in contact with the sheets of the profiles (321) and (322) is rounded.
5. Composite panel of claim 4 in which at least one transverse portion (31) is inclined by 5° to 70° in relation to the direction perpendicular to the plane defined by the sheets.
6. Composite panel of claim 4 or claim 5 in which the thickness of said profiles is greater in the transverse portion (31) than in the lateral portions (321) and (322).
7. Composite panel as claimed in any of claims 4 to 6 in which said profiles consist of at least five segments, the transverse portions (31) consisting of at least two segments, the upper lateral portion (321) consisting of at least two segments and the lower lateral portion (322) consisting of at least one segment, connecting the two transverse portions.
8. Composite panel as claimed in any of claims 4 to 7 in which said profiles consist of at least nine segments, the transverse portions (31) consisting of at least two segments, the upper lateral portion (321) consisting of at least four segments situated on either side of the transverse segments and the lower lateral portion (322) consisting of at least three segments, one segment of which connects the two transverse portions.
9. Composite panel as claimed in any of claims 1 to 8 in which the sheets and profiles are made of an aluminium alloy and/or in which the sheets (21) and (22) are made of an aluminium alloy of the 5XXX series and preferably are made of a 5052, 5083, 5086 or 5383 aluminium alloy and/or in which the profiles are made of an aluminium alloy of the 5XXX series in an H temper or an aluminium alloy of the 6XXX series in the T6 temper.
10. Composite panel as claimed in any of claims 1 to 9 in which the sheets and the profiles are assembled via gluing under pressure without curing, the temperature of the panel not exceeding 100°C during the gluing step or later, preferably with a glue of the bicomponent epoxy type.
11. Composite panel as claimed in any of claims 1 to 10 in which the sheets and the profiles are assembled by friction stir welding.
12. Method for manufacturing a metal composite panel including at least two substantially parallel sheets and, arranged between them, at least three profiles substantially parallel to each other, fastened to said sheets, and serving as separators making it possible to separate said sheets, each profile having a uniform cross section over its entire length, **characterised in that** it includes the following successive steps:
 - (i.) based on the application for which the panel is intended, the maximum acceptable cost and weight for producing said panel is determined, (ii.) based on the application for which the panel is intended, the maximum mechanical stress likely to be exerted on said panel is determined,
 - (iii.) an elastic limit and a density are chosen for the sheets and the profiles,
 - (iv.) the optimal geometry is calculated, in particular,
 - (a) the thickness of the sheets,
 - (b) the geometry of the profiles,
 - (c) the distance between the profiles,so as to obtain the panel having the lowest weight possible which withstands the stress determined in step (ii), and, if the weight obtained is greater than that determined in step (i), one returns back to step (iii),
 - (v.) the difference is calculated, preferably with finite elements, between, on the one hand, the cost of the solution obtained by making a suitable choice of metal materials for the optimised geometry in (iv), and, on the other hand, the cost determined in step (i) and, if it is positive, one returns back to step (iii),
 - (vi.) the sheets and the profiles chosen in step (v) are supplied,
 - (vii.) the sheets and the profiles are assembled by gluing without curing or by friction stir welding.
13. Method of claim 12 in which the starting geometry for calculating purposes is a composite panel (1) consisting of

two sheets, an upper sheet (21) and a lower sheet (22), spaced apart and assembled via profiles (3) segmented into 12 sub-segments, the transverse portions (31) consisting of two sub-segments, the upper lateral portion (321) which is in contact with the upper sheet (21) consisting of five sub-segments, the lower lateral portion (322) which is in contact with the lower sheet (22) consisting of five sub-segments, and in which the calculations consist in varying the various parameters: thickness of the sheets, length and thickness of each sub-segment of the profiles, so as to obtain an optimised solution, i.e., having the best compromise between the weight of the panel, the maximum level of local stresses and/or the deformation of the panel.

14. Method of claim 13 in which the thickness of the sheets always remains greater than a minimum value of 0.1 mm, and preferably 0.5 mm, and the thickness of the profile sub-segments is either zero or greater than a minimum value of 0.5 mm, and preferably greater than 1 mm.

15. Method as claimed in any of claims 12 to 14 in which the elements are assembled by gluing, preferably with a glue of the bicomponent epoxy type, via pressurisation between 50 and 100 kg/m², and the temperature of the panel not exceeding 100°C, during the gluing step or later.

16. Method as claimed in any of claims 12 to 15 in which the elements are assembled by friction stir welding.

17. Use of a composite panel as claimed in any of claims 1 to 11 as a floor for a rolling vehicle or as a floor, deck and/or ramp for a floating vehicle or as a floor for a flying vehicle.

Figure 1

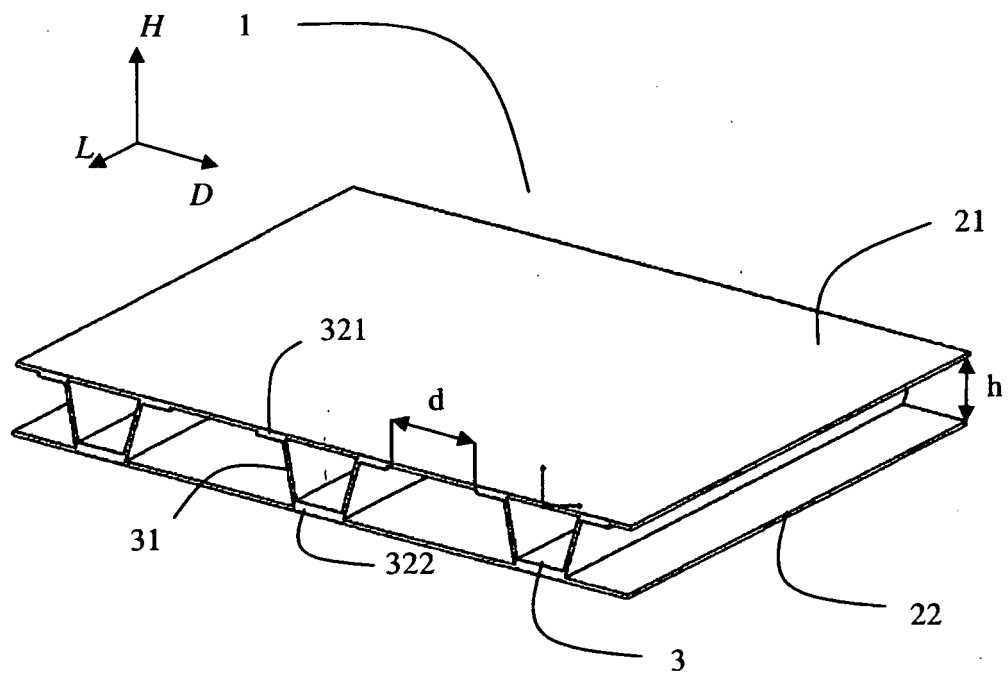


Figure 2a

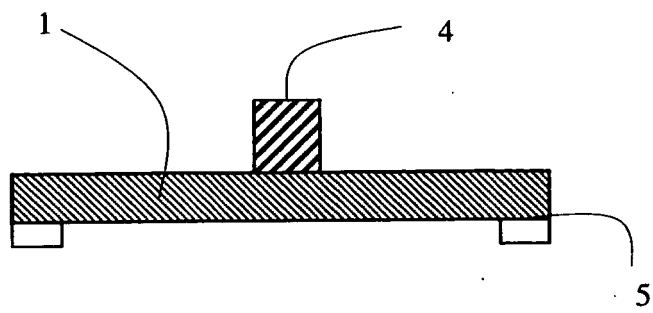
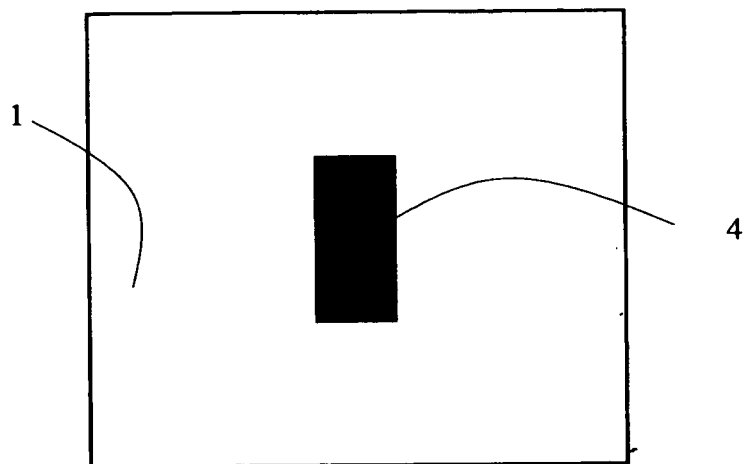


Figure 2b



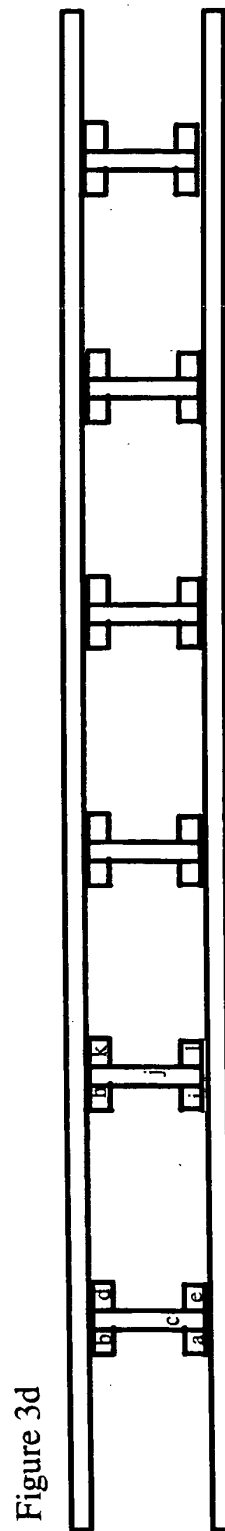
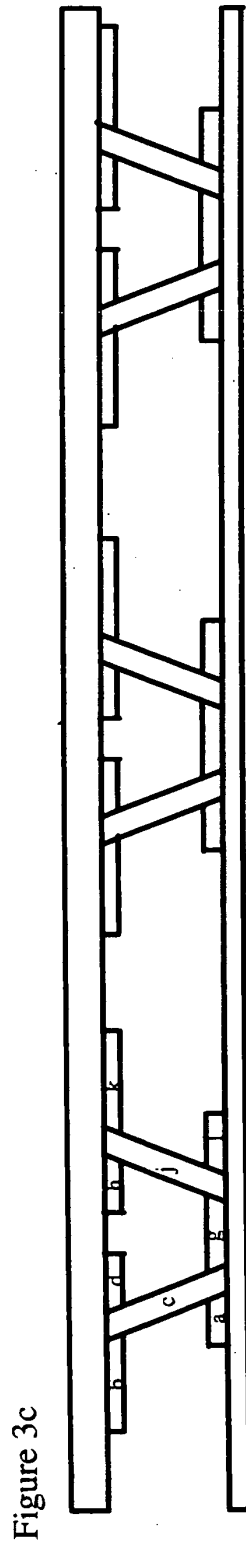
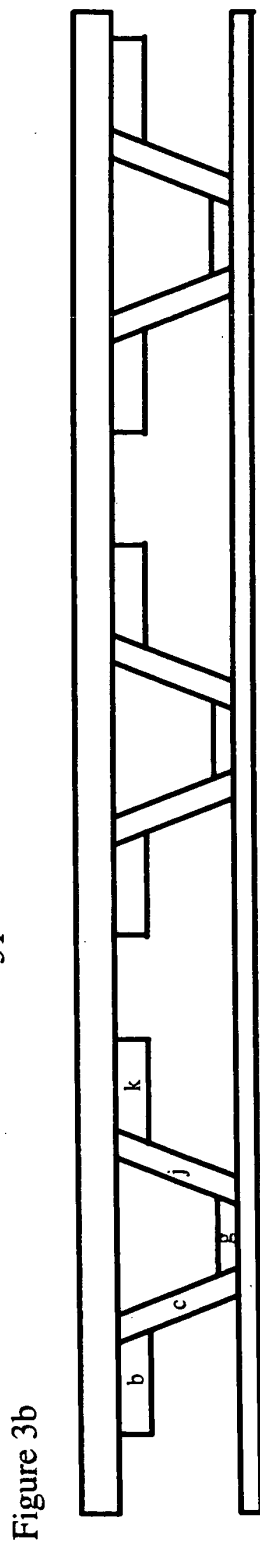
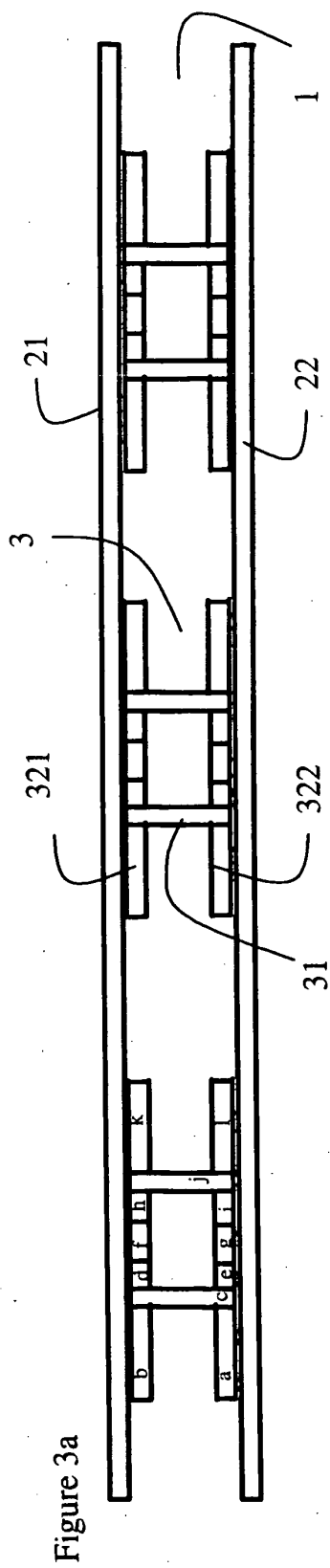


Figure 4

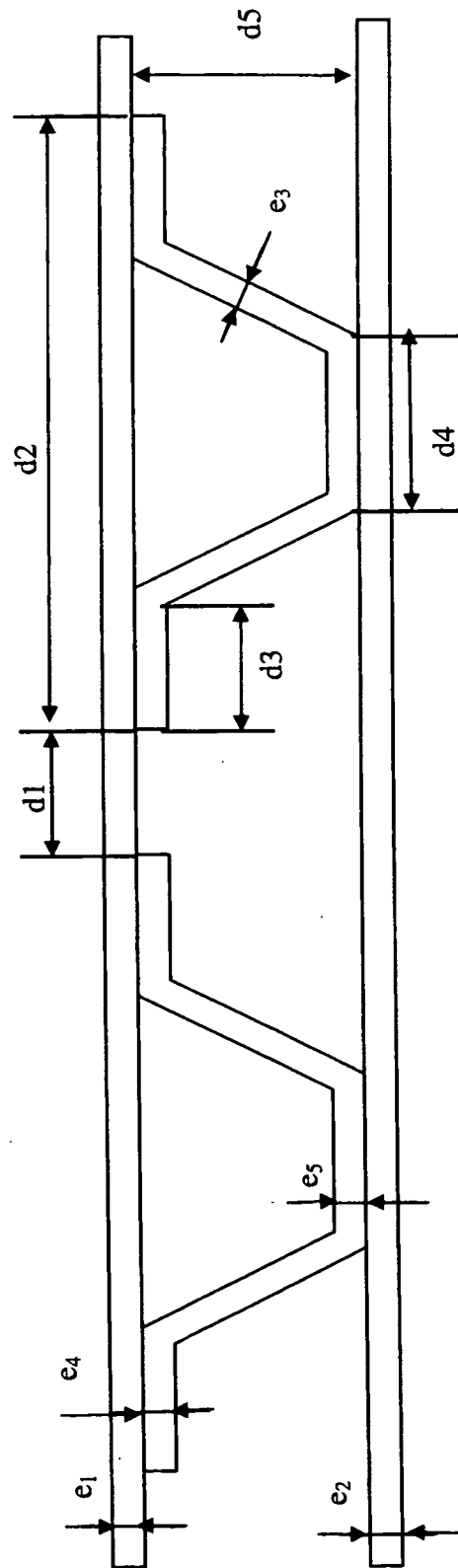
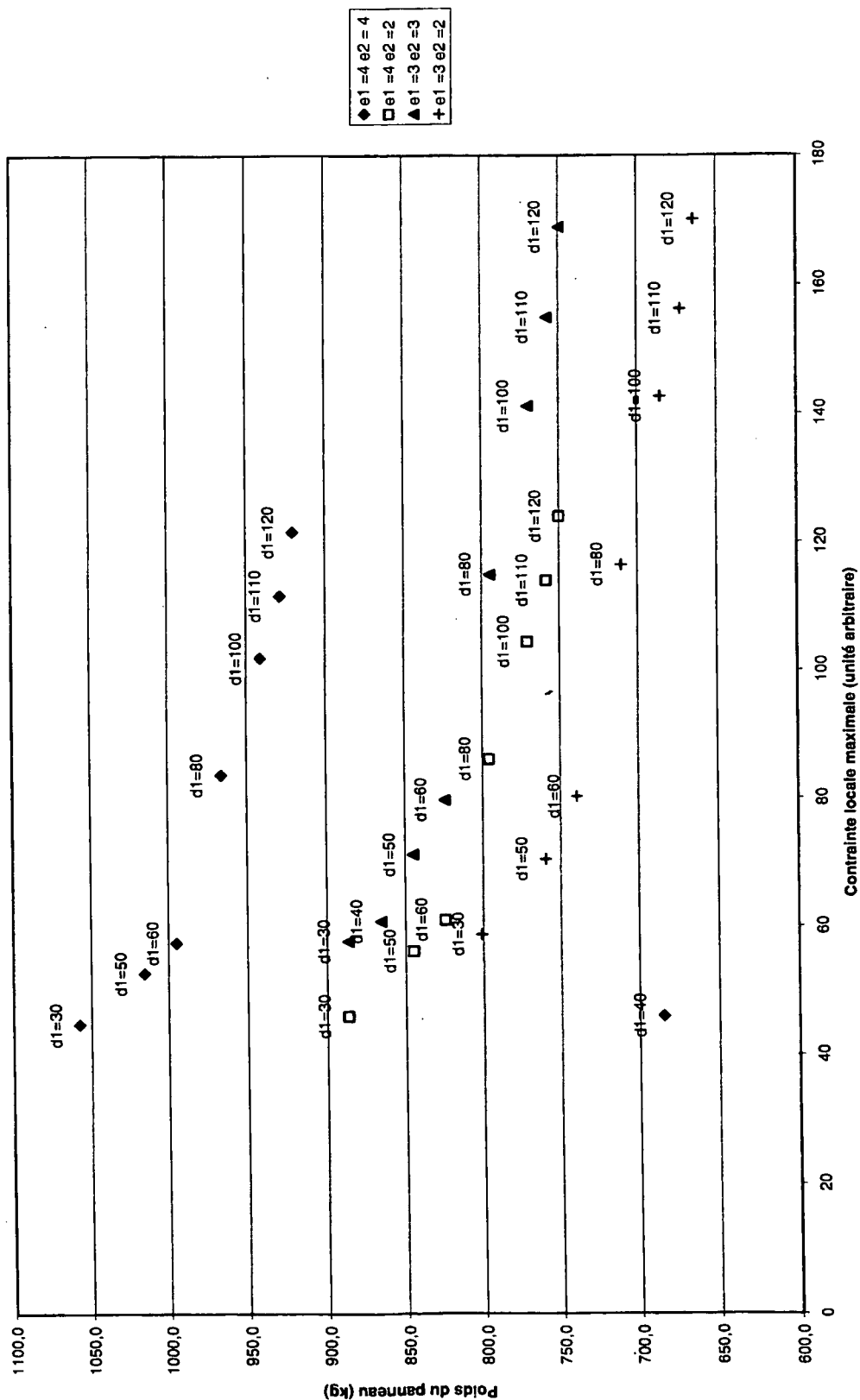
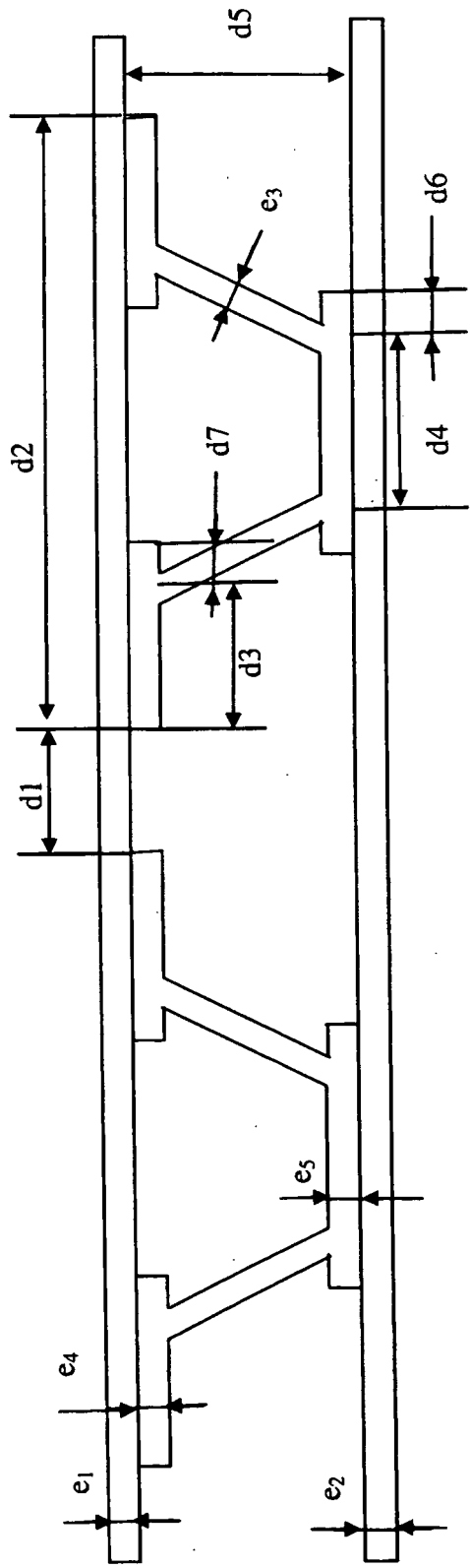


Figure 5



aFigure 6



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

- FR 1024889 [0004]
- US 6574938 B [0005]
- FR 2207581 [0006]
- EP 0589054 A [0007]
- WO 0232598 A, Kujala [0008]
- EP 1133390 A [0010]
- EP 1222993 A1 [0011]
- FR 2747948 [0026]