

CONFÉDÉRATION SUISSE  
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 698 987 B1

(51) Int. Cl.: B32B 5/14 (2006.01)  
B32B 27/08 (2006.01)  
E04B 1/94 (2006.01)

**Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein**

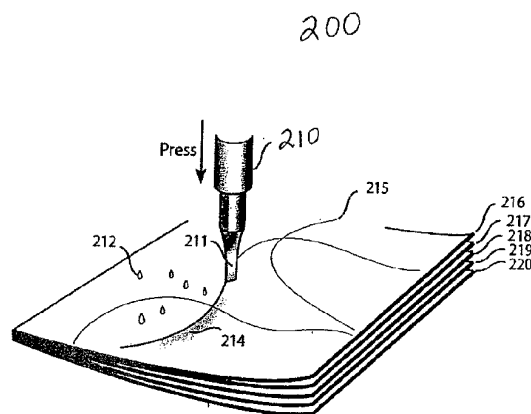
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) **FASCICULE DU BREVET**

(21) Numéro de la demande: 00257/06	(73) Titulaire(s): Kalogridis International, Ltd., 4819 Maple Avenue Dallas, TX 75219 (US)
(22) Date de dépôt: 17.02.2006	
(30) Priorité: 18.02.2005 US 11/060,880	(72) Inventeur(s): George Kalogridis Davis, Dallas, TX 75219 (US) Li-Ching Liu Tsai, Dallas, TX 75219 (US)
(24) Brevet délivré: 31.12.2009	
(45) Fascicule du brevet publié: 31.12.2009	(74) Mandataire: ABREMA Agence de Brevets & Marques Ganguillet & Humphrey, Avenue du Théâtre 16, Case postale 5027 CH-1002 Lausanne (CH)

(54) **Panneau ultraléger résistant au feu avec motif superficiel tridimensionnel.**

(57) L'invention concerne un panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (ou ignifuge) (200) ayant un motif artistique tridimensionnel (215) sur la surface, et un procédé destiné à fabriquer le panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (200) ainsi que son procédé de préparation à partir de matériaux haute performance résistants à la chaleur et à la flamme, tels que des polymères de polyamide-aramide ou tout autre matériau ignifuge ou ignifugé, qui peut être lié à une autre couche de matériau ignifuge tel qu'un papier, un tissu, un nid d'abeille ou une mousse. Les matériaux ignifuges peuvent être liés au moyen d'une machine à souder telle qu'une machine à souder par ultrasons, ou fixés par un adhésif thermostable, thermodurci, thermolié ou un autre adhésif résistant au feu.



## Description

**[0001]** L'invention concerne un panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (ou ignifuge) ayant un motif artistique tridimensionnel sur la surface, et un procédé destiné à fabriquer le panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme. Un aspect de l'invention est un procédé destiné à créer un panneau composite à partir de matériaux de haute performance résistants à la chaleur et à la flamme, tels que des polymères de polyamide-aramide (par exemple, NOMEX<sup>®</sup> fabriqué par DuPont) ou tout autre matériau ignifuge ou ignifugé qui peut être lié à une autre couche de matériau ignifuge tel qu'un papier, un tissu, un nid d'abeille ou une mousse. Des matériaux ignifuges peuvent être liés par une machine à souder telle qu'une machine à souder par ultrasons, ou fixés par un adhésif thermoplastique, thermodurci, thermolié ou un autre adhésif ignifuge. L'épaisseur du composite fini peut être d'environ 1,59 millimètres à environ 6,35 millimètres (1/16 pouces à 1/4 pouces). Le composite peut être décoré, et ciselé (ou gaufré) avec ou sans insertion d'un matériau ignifuge entre les couches avant le ciselage pour donner une surface décorative tridimensionnelle. Les étapes de décoration et de ciselage peuvent être accomplies l'une après l'autre selon l'un ou l'autre parmi les ordres suivants une étape de coloration suivie d'une étape de ciselage, ou une étape de ciselage suivie d'une étape de coloration. En variante, une ou plusieurs couches peuvent être imprimées avant de former le composite. Un apprêt transparent avec un agent ignifuge est ensuite placé sur la surface du composite.

**[0002]** Il existe aujourd'hui de nombreuses applications pour des barrières ignifuges utilisées à des fins de sécurité. Par exemple, de nombreux types de transport doivent satisfaire à des exigences imposées au niveau Fédéral en ce qui concerne des barrières et des panneaux ignifuges dans les véhicules. Ces usages comprennent des aéronefs et des trains. Des normes fédérales publiées imposent les niveaux de performance exigés pour certaines applications. Par exemple, le document 14 C.F.R. § 25 présente les normes de navigabilité pour les aéronefs de transport. Les sections 25.851 à 25.869 abordent le sujet de la protection contre les incendies. La section 25.853 indique que les matériaux utilisés dans les compartiments utilisés par l'équipage ou les passagers doivent répondre à certains critères d'essai présentés dans les parties I et II de l'Annexe F du règlement, et le § 25.853(d) requiert que certains composants intérieurs des aéronefs pouvant accueillir 20 passagers ou plus répondent également à des exigences supplémentaires présentées dans les parties IV et V de l'Annexe F. Ces composants comprennent les panneaux de plafond et de paroi intérieurs; les cloisons, les structures de galerie; et les grands compartiments à armoires électriques et d'arrimage de la cabine.

**[0003]** La partie IV de l'Annexe F est intitulée «Test Method to Détermine the Heat Release Rate From Cabin Materials Exposed to Radiant Heat» et présente un procédé destiné à réaliser des essais sur un échantillon et un appareil de mesure du débit calorifique de l'Ohio State University («OSU 65/65») (qui est une version modifiée de l'appareil de mesure de débit calorifique répondant à la norme ASTM E-906) destiné à réaliser des essais. Le moyen de ce procédé d'essai, le débit calorifique positif moyen total sur les deux premières minutes d'exposition des échantillons ne doit pas dépasser 65 kW-min/m<sup>2</sup>, et le débit calorifique maximum moyen pour les échantillons ne doit pas dépasser 65 kW/m<sup>2</sup>.

**[0004]** La partie V de l'Annexe F est intitulé «Test Method Détermine the Smoke Emission Characteristics of Cabin Materials» et précise que les échantillons doivent être construits, conditionnés et essayés dans le mode de flambage conformément au procédé d'essai à la norme ASTM F814-83. Au moyen de ce procédé d'essai, la densité de fumée optique spécifique moyenne après quatre (4) minutes ne peut pas dépasser 200.

**[0005]** Un certain nombre de matériaux ignifuges ont été mis au point ces dernières années pour répondre à ces besoins et aux normes fédérales pour pouvoir être utilisés dans des applications aéronautiques et autres. Par exemple, des revêtements pour des matériaux ont été mis au point en plus de tissus et de papier ignifuge. Un de ces matériaux ignifuge est le NOMEX<sup>®</sup>, un polymère de polyamide-aramide fabriqué par DuPont, qui est couramment utilisé dans les aéronefs de nos jours pour les tapisseries de cloison. Le NOMEX<sup>®</sup> est disponible sous différentes formes y compris sous forme de tissus et de papiers. Généralement, les fibres de NOMEX<sup>®</sup> sont tissées en tissus décoratifs et utilisées dans des tapisseries de cloison. Bien que les tissus tissés en NOMEX<sup>®</sup> conviennent à cet usage et répondent aux spécifications actuelles en matière de débit calorifique et de densité de fumée, le panneau résultant est coûteux et lourd.

**[0006]** Les revêtements ignifuges ont été précédemment décrits. Par exemple, la demande de Brevet U.S. publiée No. US2004/0 176 004 à Fyfe, intitulée «Method of Applying Fire Protection Coating to FRP-Reinforced Structure», dont la description est incorporée ici à titre de référence, décrit un procédé destiné à appliquer un revêtement de protection contre les incendies à des structures. Une couche d'isolation de gypse est appliquée sur un élément structurel, puis une barrière de diffusion telle qu'un revêtement intumescent époxy est appliqué sur le mélange de gypse. Le revêtement intumescent mousse et se carbonise lorsqu'il est exposé à une température élevée, et la surface carbonisée résiste à la combustion.

**[0007]** Des panneaux et des tissus ignifuges légers ont également été précédemment décrits. Par exemple, la demande de Brevet U.S. publiée No. US2003/0 022 577 à Kim et al., intitulée «Fire-Resistant Panel Comprising Loess And Fire-Resistant Decorative Panel Using the Same», dont la description est incorporée ici à titre de référence, décrit un panneau ignifuge comprenant un matériau formant substrat d'un tissu tissé ou non tissé à fibre inorganique, ou d'un papier; et un composé résineux imprégné ou enduit sur le matériau formant substrat contenant une résine thermodurcissable choisie parmi une résine phénolique, une résine phénolique modifiée, une résine phénol-urée modifiée, une résine mélamine, une résine mélamine modifiée, une résine mélamine-urée modifiée, une résine urée, ou une résine urée modifiée, un produit ignifuge et un loess. Le substrat est décrit comme étant une fibre de verre, une fibre d'alumine ou un papier kraft. Le produit ignifuge peut contenir du phosphore et de l'azote et une phase solide telle qu'un dicyandiamide. Le dicyandiamide réagit

avec des matériaux dans le composé résineux pour les transformer en substances ininflammables, ce qui se traduit par des effets ignifuges de telle sorte que le panneau décoratif ne brûlera pas. Le loess, un matériau de remplissage inorganique qui ne transmet pas la chaleur, absorbe également la chaleur pour fournir un effet ignifuge. Le loess peut également se présenter sous différentes couleurs. Un panneau décoratif ignifuge également décrit est réalisé par superposition et moulage sous haute température et haute pression sur une surface et/ou une face arrière d'un substrat feuilleté ayant une pluralité de ces panneaux ignifuges. On décore le panneau en peignant la surface de la couche décorative, ou en imprégnant la surface de la couche décorative d'une résine thermodurcissable.

**[0008]** La demande de brevet U.S. publiée No. US2003/0 124 397 de Kim et al., intitulée «Fire-Resistant Composite Panel And Fire-Resistant Décorative Panel Using The Same», dont la description est incorporée ici à titre de référence, décrit un panneau ignifuge comprenant un matériau formant substrat d'un tissu tissé ou non tissé à fibre inorganique, ou d'un papier et un composé résineux imprégné ou enduit sur le matériau formant substrat contenant une résine thermodurcissable choisie parmi une résine phénolique, une résine phénolique modifiée, une résine phénol-urée modifiée, une résine mélamine, une résine mélamine modifiée, une résine mélamine-urée modifiée, une résine urée ou une résine urée modifiée, un produit ignifuge et un loess et de plus une couche postérieure d'une feuille d'aluminium ou d'une plaque d'acier galvanisée.

**[0009]** Le Brevet U.S. No. 6 790 795 de Erb, JR et al., intitulé «Fire Blockin Fabric», dont la description est incorporée ici à titre de référence, décrit un matériau ignifuge comprenant un tissu non tissé comportant des fibres para-aramides et un polyacrylonitrile préoxydé et facultativement un garnissage de polybenzimidazole recyclé, des fibres para-aramides ou méta-aramides ou des combinaisons.

**[0010]** Le Brevet U.S. No. 6 596 658 de Putnam et al., intitulé «Laminated Fabric With Fire-Retardant Properties», dont la description est incorporée ici à titre de référence, décrit un tissu stratifié consistant en une couche relativement légère formée de fibres résistant à la chaleur et dimensionnellement stables, telles que les fibres de NOMEX<sup>®</sup>, et une couche relativement lourde formée d'un ou plusieurs plis. La couche de fibres de NOMEX<sup>®</sup> peut être préparée au moyen de procédés connus de cardage et de cardage par voie aérodynamique. La couche de fibres de NOMEX<sup>®</sup> est stratifiée sur une couche support, fabriquée à partir d'un voile de fibres courtes, par des jets d'eau haute pression. On forme une image tridimensionnelle en guidant le stratifié au-dessus d'un dispositif de transfert d'image tout en dirigeant de l'eau à haute pression contre la surface extérieure du stratifié. Le stratifié peut également être teint par jet.

**[0011]** Le Brevet U.S. No. 6 333 280 de Hashimoto et al., intitulé «Flame-retardant or Incombustible Décorative Laminate Sheet», dont la description est ici incorporée à titre de référence, décrit une feuille décorative ignifuge ou ininflammable qui est un stratifié monobloc comprenant un matériau en feuille pour une couche centrale obtenu par imprégnation d'un matériau en feuille de base fabriqué à partir d'une fibre inorganique, avec une composition à base de résine phénolique et/ou de résine mélamine et d'hydroxyde d'aluminium et/ou d'hydroxyde de magnésium, et un matériau en feuille décorative placé sur au moins un côté du matériau en feuille pour la couche centrale. Une couche de renfort peut également être intercalée entre de multiples couches centrales. La couche décorative peut être choisie parmi diverses couleurs ou divers motifs.

**[0012]** Le Brevet U.S. No. 5 612 130 de Smimov et al., intitulé «Fire-Resistant Multipurpose Protective Coating», dont la description est incorporée ici à titre de référence, décrit une revêtement protecteur ignifuge polyvalent comprenant un revêtement à deux couches dans lequel la première couche est une couche de graphite oxydé ignifuge et la seconde couche est une couche hydrophobe à base de poudre hydrophobe extrêmement dispersée contenant du silicone liquide.

**[0013]** Le Brevet U.S. No. 4 780 359 de Trask et al., intitulé «Fire Retardant Structural Textile Panel», dont la description est incorporée ici à titre de référence, décrit un panneau de textile non tissé destiné à être utilisé comme barrière ignifuge et insonorisante dans des intérieurs d'aéronef comprenant cinq couches de fibres textiles non tissées à base de fibres de sulfure de polyphénylène et de fibres de NOMEX<sup>®</sup> qui ont été cardées, croisées, aiguilletées et liées thermiquement par chauffage du panneau jusqu'à la température de point de ramollissement des fibres de sulfure de polyphénylène, lequel panneau a un extérieur comprenant une peau de polychlorure de vinyle. Les fibres sont formées thermiquement et gardent une forme permanente grâce aux propriétés thermoplastiques des fibres de sulfure de polyphénylène.

**[0014]** Le Brevet U.S. No. 4 752 300 de Johnston, intitulé «Dyeing And Fire Retardant Treatment For Nomex», dont la description est incorporée ici à titre de référence, décrit le traitement de peinture et d'ignifugation concurrent du NOMEX<sup>®</sup>. Un matériau ou un système ignifuge avec un colorant de dispersion ou un colorant acide est appliqué sur la fibre de NOMEX<sup>®</sup> sous la forme d'une fibre courte, d'une étoupe, d'un fil; de tissus tissés, non tissés, de tricot circulaires, de tricot chaînes, de textiles ondulés, textures, floqués, ou touffetés. Les matériaux ignifuges sont des esters phosphonates cycliques thermiquement stables, tels que l'Antiblaze<sup>®</sup> 19. Les fibres sont chauffées en présence à la fois du colorant et du liquide ignifuge dans la plage de températures d'environ 149°C à environ 316 °C (de 300 à 600°F) bien que la température puisse être supérieure.

**[0015]** Le Brevet U.S. No. 4 726 987 de Trask et al., intitulé «Fire Retardant Structural Textile Panel», dont la description est incorporée ici à titre de référence, décrit un panneau textile non tissé destiné à être utilisé en tant que barrière ignifuge et insonorisante dans des intérieurs d'aéronef comprenant cinq couches de fibres textiles non tissées à base de fibres de sulfure de polyphénylène et de fibre de NOMEX<sup>®</sup> qui ont été cardées, croisées, aiguilletées et liées thermiquement par chauffage du panneau jusqu'à la température de point de ramollissement des fibres de sulfure de polyphénylène, lequel panneau a un extérieur comprenant une peau de polychlorure de vinyle. Les fibres sont formées thermiquement et

gardent une forme permanente grâce aux propriétés thermoplastiques des fibres de polyphénylène sulfide. Un mode de réalisation en variante utilise une couche de mousse polyuréthane-polyester en dessous du vinyle pour le protéger contre des propriétés de rayonnement thermique du sulfure de polyphénylène et empêcher un froçage du matériau vinylique au cours du traitement.

**[0016]** Le Brevet U.S. No. 4 693 926 de Kowalski et al., intitulé «Flexible, Fire-Resistant, Décorative Laminates And Methods Of Manufacture Thereof» dont la description est incorporée ici à titre de référence, décrit des stratifiés décoratifs composites, légers, souples, ignifuges convenant à une utilisation sur des tapisseries de cloison dans des aéronefs. Des stratifiés comprennent une couche ignifuge laminaire comportant une feuille d'aluminium liée à une première feuille de polyfluorure de vinyle inerte; une strate de base sous-jacente semblable à un papier souple; un moyen destiné à lier de façon adhésive la première feuille à la strate; un film à gaufrer résineux recouvrant la feuille d'aluminium; et une feuille transparente externe en PVC transparent. La strate peut être décorée par impression au cadre, une photographie ou une impression, et est protégée par une feuille de polyfluorure de vinyle externe.

**[0017]** Le Brevet U.S. No. 4 557 961 de Gorges, intitulé «Lightweight, Fire-Retardant Structural Panel», dont la description est incorporée ici à titre de référence, décrit un panneau composite structurel laminaire léger et ignifuge comprenant une âme nid d'abeille centrale semblable à une feuille constituée d'aluminium, un papier traité pour améliorer ses caractéristiques ignifuges; des feuilles superficielles perforées supérieure et inférieure formées à partir de matériaux fibreux légers imprégnés d'une résine phénolique; une paire de films adhésifs phénoliques supérieur et inférieur intercalés entre l'âme nid d'abeille et les feuilles superficielles perforées; un revêtement ignifuge comprenant un copolymère de fluorure de vinylidène et de d'hexafluoropropylène appliqué sur une surface exposée de la feuille superficielle inférieure.

**[0018]** L'invention est un panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme ayant un motif artistique tridimensionnel sur la surface, et également un procédé destiné à fabriquer le panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme.

**[0019]** Un aspect de l'invention est un procédé destiné à créer un panneau composite à partir de couches de matériaux haute performance résistants à la chaleur et à la flamme, tels que des polymères de polyamide-aramide (par exemple, du NOMEX®), qui peuvent être liés à des couches ignifuges supplémentaires telles que du papier, du tissu, du nid d'abeille ou de la mousse. Le terme «matériaux ignifuges» est utilisé dans ce mémoire descriptif pour se référer aux matériaux qui comprennent des matériaux ignifuges, ou des matériaux qui sont traités de telle sorte que les matériaux traités sont ignifuges, que le matériau d'origine avant traitement ait ou non été ignifuge. Les matériaux ignifuges peuvent être liés les uns aux autres grâce à une machine à souder telle qu'une machine à souder par ultrasons, ou fixés par un adhésif ignifuge. Eventuellement, un matériau ignifuge, tel qu'un fil de NOMEX® ou tout autre matériau ignifuge ou ignifugé, peut être inséré entre des couches de matériau ignifuge comprenant le composite pour obtenir un effet tridimensionnel significatif. Une épaisseur du composite fini peut être d'environ 1,59 millimètres à 6,35 millimètres (1/16 à 1/4 pouces), en fonction du type et du nombre de couches formant le composite. Le composite peut alors être ciselé (ou gaufré) au moyen d'un rayonnement ultrasonique pour donner une surface décorative tridimensionnelle. Le composite peut être décoré par impression d'une surface d'un des matériaux ignifuges avant la formation du composite. En variante, une surface externe du composite peut être colorée après préparation du composite. Dans ce mode de réalisation, le composite peut être coloré avant ou après ciselage. Un apprêt transparent avec un agent ignifuge est ensuite placé sur la surface colorée du composite.

**[0020]** Un objet de l'invention consiste donc à fournir un panneau ultraléger qui convient à une utilisation dans un aéronef pour des tapisseries de cloison et des panneaux de paroi et qui offre la même protection ou une meilleure protection grâce à un débit calorifique et à une émission de fumée que les tapisseries de cloison et les panneaux de paroi actuellement utilisés fabriqués à partir de tissus en fibres de NOMEX®.

**[0021]** Un objet de l'invention consiste également à fournir un panneau ultraléger comprenant deux ou plusieurs couches de matériaux ignifuges liés par un adhésif et qui convient à une utilisation dans un aéronef pour des tapisseries de cloison et des panneaux de paroi et qui offre la même protection ou une meilleure protection face à un débit calorifique et à une émission de fumée que des tapisseries de cloison et les panneaux de paroi actuellement utilisés fabriqués à partir de tissus en fibres de NOMEX®.

**[0022]** Un objet de l'invention consiste également à fournir un panneau ultraléger comprenant deux ou plusieurs couches de matériau ignifuge lié par un adhésif qui ont été colorées et ciselées (ou gaufrées) sur la surface du composite formé pour offrir un aspect décoratif convenant à une utilisation dans un aéronef pour des tapisseries de cloison et des panneaux de paroi et qui offre la même protection ou une meilleure protection face à un débit calorifique et à une émission de fumée que les tapisseries de cloison et les panneaux de paroi actuellement utilisés fabriqués à partir de tissus en fil de NOMEX®.

**[0023]** Un objet de l'invention consiste également à fournir un panneau ultraléger convenant à une utilisation comme tapisseries de cloison et panneaux de paroi et qui répond ou va au-delà des directives imposées au niveau fédéral relatives au débit calorifique et aux émissions de fumée telles qu'on les mesure grâce aux essais présentés dans l'Annexe F, parties IV et V du document 14 C.F.R. § 25.

**[0024]** Un objet de l'invention consiste également à fournir un panneau ultraléger convenant à une utilisation dans toute application quelconque où une protection contre un dégagement calorifique et des émissions de fumée est souhaitée.

**[0025]** Un objet de l'invention consiste également à fournir un panneau ultraléger convenant à une utilisation dans toute application quelconque où une protection contre un dégagement calorifique et des émissions de fumée est souhaitée et qui pèse entre environ 28,35 grammes et environ 70,87 grammes/0,3048 m<sup>2</sup> (entre environ 1,0 et 2,5 onces par pied<sup>2</sup>).

**[0026]** Un objet de l'invention consiste en outre à fournir un procédé destiné à préparer panneau ultraléger par liage au moyen d'adhésif de deux ou plusieurs couches de matériaux ignifuges convenant à une utilisation dans un aéronef pour des tapisseries de cloison et des panneaux de paroi et qui offre la même protection ou une meilleure protection face à un débit calorifique et une émission de fumée que les tapisseries de cloison et les panneaux de paroi actuellement utilisés fabriqués à partir de tissus en fibres de NOMEX<sup>®</sup>.

**[0027]** Un objet de l'invention consiste également à fournir un procédé destiné à préparer un panneau ultraléger convenant à une utilisation dans un aéronef pour des tapisseries de cloison et des panneaux de paroi par liage au moyen d'adhésif de deux ou plusieurs couches de matériaux ignifuges, où les matériaux ignifuges comprennent du papier, du tissu, de la mousse, du nid d'abeille ou un adhésif doublé papier, qui offre la même protection ou une meilleure protection face à un débit calorifique et à une émission de fumée que les tapisseries de cloison et les panneaux de paroi actuellement utilisés fabriqués à partir du tissu en fibres de NOMEX<sup>®</sup>.

**[0028]** Un objet de l'invention consiste en outre à fournir un procédé destiné à préparer un panneau ultraléger, par liage au moyen d'adhésif de deux ou plusieurs couches de matériaux ignifuges, puis ciselage (ou gaufrage) de la surface du composite formé pour fournir un aspect décoratif, convenant à une utilisation dans un aéronef pour des tapisseries de cloison et de panneaux de paroi, et qui offre la même protection ou une meilleure protection face à un débit calorifique et à une émission de fumée que les tapisseries de cloison et les panneaux de paroi actuellement utilisés fabriqués à partir de tissus en fibres de NOMEX<sup>®</sup>.

**[0029]** Un objet de l'invention consiste en outre à fournir un procédé destiné à ciseler la surface d'un panneau ultraléger préparé par liage au moyen d'adhésif de deux ou plusieurs couches de matériaux ignifuges, où on cisèle la surface du composite en dirigeant un rayonnement ultrasonique dans la plage d'environ 15 kHz à environ 220 kHz au niveau de la surface lorsqu'il est dans un état humide.

**[0030]** Un objet de l'invention consiste encore en outre à fournir un appareil convenant au ciselage de la surface du panneau ultraléger préparé par liage au moyen d'adhésif de deux ou plusieurs couches de matériaux ignifuges, où on cisèle (ou en gaufre) la surface du composite en dirigeant un rayonnement ultrasonique dans la plage d'environ 15 kHz à environ 220 kHz au niveau de la surface lorsqu'il est dans un état humide au moyen d'embouts de bigorne spécialement conçus pour diriger le rayonnement ultrasonique au niveau de la surface du composite humide.

**[0031]** On écrira de façon plus détaillée ces caractéristiques et autres de l'invention en se référant conjointement aux figures et à la description suivantes.

- Les fig. 1a, 1b, 1c, et 1d      représentent des embouts de bigorne spécialement conçus pour diriger un rayonnement ultrasonique au niveau de la surface humide d'un composite préparé selon l'invention.
- La fig. 2                              représente un procédé destiné à ciseler la surface humide d'un composite préparé selon l'invention.
- La fig. 3                              représente un panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme ayant un motif artistique tridimensionnel sur la surface lorsqu'il est utilisé comme panneau de cloison sur un aéronef.
- La fig. 4                              représente les couches de divers modes de réalisation de l'invention tels que décrits dans les exemples 1 à 5 et 7 à 8.
- La fig. 5                              représente les couches d'un mode de réalisation de l'invention tel que décrit dans l'exemple 6.
- La fig. 6                              représente les couches d'un mode de réalisation de l'invention tel que décrit dans l'exemple 9.
- La fig. 7                              représente encore un autre mode de réalisation de l'invention.

**[0032]** Un panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme ayant un motif artistique sur la surface comprend deux ou plusieurs couches de matériau résistant au feu (ou ignifuge) liées ensemble au moyen d'adhésif pour former un composite. Les matériaux ignifuges peuvent comprendre un papier, un tissu, une mousse, un nid d'abeille, ou un adhésif doublé papier. Le terme «matériaux ignifuges» (ou résistant au feu) est utilisé dans ce mémoire descriptif pour se référer à des matériaux qui comprennent des matériaux ignifuges (ou résistant au feu), ou des matériaux qui sont traités de telle sorte que les matériaux traités sont ignifuges (ou résistant au feu), que le matériau d'origine avant traitement ait ou non été ignifuge (ou résistant au feu). Un papier et un tissu convenant à une utilisation avec l'invention sont un papier et un

tissu NOMEX<sup>®</sup> comprenant des polymères de polyamide-aramide, disponibles chez DuPont. Le papier NOMEX<sup>®</sup> approprié est disponible dans des épaisseurs d'environ 7 millièmes de pouce à environ 4 mm. Le papier peut être choisi en fonction de l'application souhaitée du panneau ultraléger, et l'épaisseur devra être choisie de façon à fournir une stabilité suffisante au panneau et à répondre aux dispositions gouvernementales relatives au débit calorimétrique et à la densité d'émission de fumée. On a découvert qu'un papier NOMEX<sup>®</sup> d'une épaisseur d'environ 23 millièmes de pouce fournit une stabilité acceptable pour une utilisation comme cloison dans un aéronef et répond également ou va au-delà des dispositions de l'agence fédérale de l'aviation (FAA) en matière de débit calorimétrique et de densité des émissions de fumée. Des tissus appropriés comprennent des tissus ayant une teneur en fibres de NOMEX<sup>®</sup> sensiblement égales à 100 % disponibles chez IBENA Textilwerke Beckmann GmbH tel que le Profire<sup>™</sup> comprenant du fil NOMEX<sup>®</sup> N 104 dans les directions de la chaîne et de la trame (densité de fil de chaîne FD 430 ± 10 Fd/10 cm, densité de fil de trame 320 ± 10 Fd/10 cm, telles que mesurées par la norme DIN EN 1049/2) tissé dans une armure croisée 3/1 et ayant une masse totale telle que mesurée par la norme ISO 3801 de 185 ± 5 g/m<sup>2</sup>. On suppose également que des tissus fabriqués à partir de NOMEX<sup>®</sup> et ayant des composants ignifuges supplémentaires tels que ceux découverts dans des fibres IBENA PROTECT<sup>®</sup> ou tout autre matériau ignifuge quelconque conviennent à une utilisation dans l'invention.

**[0033]** Des mousses ignifuges appropriées comprennent une mousse polyimide de Solimide<sup>®</sup> Densified HT disponible chez Degussa Corp. Et DAX 90 chez Skandia, Inc. ayant des densités dans la plage d'environ 1,81 à 3,18 kg/0,3048 m<sup>3</sup> (d'environ 4 à environ 7 lbs/ft<sup>3</sup>). On a découvert que les mousses ayant une densité dans la plage d'environ 2,27 à environ 2,95 kg/0,3048 m<sup>3</sup> (environ 5 à environ 6,5 lbs/ft<sup>3</sup>) fournissaient une stabilité suffisante et une bonne protection contre un débit calorimétrique et une densité d'émission de fumée pour des panneaux ultralégers destinés à être utilisés comme cloison dans un aéronef. On a également découvert que des mousses moins denses sont plus faciles à ciseler selon l'invention pour donner un effet tridimensionnel que des mousses plus denses, bien que les mousses plus denses offrent une plus grande durabilité dans le panneau ultraléger que les mousses moins denses. La mousse peut être choisie en fonction des exigences structurelles, des exigences de sécurité et des effets décoratifs souhaités dans l'application finale du panneau ultraléger.

**[0034]** Des nids d'abeille ignifuges appropriés comprennent tout nid d'abeille NOMEX<sup>®</sup> quelconque, tel qu'un nid d'abeille en fibres d'aramide/résine phénolique HRH<sup>®</sup>-10 disponible chez Hexcel Corporation basée à Pleasanton, Californie, Etats-Unis. Tout nid d'abeille NOMEX<sup>®</sup> ou autre nid d'abeille ignifuge (ou ignifugé) quelconque conviendra pour autant que le nid d'abeille pourra être lié dans le composite de l'invention.

**[0035]** Les couches ignifuges sont liées au moyen d'adhésifs ignifuges bien connus dans l'art pour le liage de ces matériaux. Des adhésifs ignifuges appropriés peuvent comprendre des adhésifs thermoplastiques, thermodurcis ou sensibles à la pression. D'autres adhésifs peuvent également être utilisés pour autant que le produit final réussisse avec succès tous les essais de sécurité nécessaires pour l'application du panneau ultraléger, tels que la densité des émissions de fumée ou le débit calorimétrique. Les adhésifs peuvent comprendre des feuilles d'environ 3 à environ 45 millièmes de pouce ou peuvent comprendre un liquide, et peuvent être choisis et liés aux couches du panneau ultraléger selon des procédés bien connus dans l'art. Des adhésifs thermoplastiques ignifuges appropriés comprennent un film adhésif Bostik<sup>®</sup> 10-321 disponible chez Bostik Inc. Un adhésif thermodurci ignifuge approprié est le Bostik 610 également disponible chez Bostik Inc. Un adhésif sensible à la pression approprié est le Bostik<sup>®</sup> 576, également disponible chez Bostik Inc. Les adhésifs 65/65 de Kimco Products Nos. 8 110 401-2; 8 110 401-3; 8 110 401-4; 8 110 401-5; 8 110 401-6; 8 110 401-7; 8 110 401-8; 8 110 401-9; 8 110 401-10; 8 110 404-11; 8 110 401-12; 8 110 401-13; 8 110 401-14; 8 110 401-15; et 811 040.1-16 disponibles chez Kimco Products basé à Wylie, Texas, Etats-Unis, sont disponibles comme adhésifs thermodurcis ou liquides thermoplastiques et sont supposés convenir également à une utilisation dans l'invention. On a découvert qu'une adhérence suffisante entre les couches de matériaux ignifuges constituant le panneau ultraléger peut être obtenue par un simple pressage thermique des couches composites avec des feuilles adhésives de 3 ou 5 millièmes de pouce ou des quantités suffisantes d'adhésif liquide disposées entre les couches. Les hommes du métier seront capables de déterminer la quantité appropriée et le type d'adhésif à utiliser en fonction de l'utilisation souhaitée du composite sans devoir recourir à une expérimentation excessive.

**[0036]** Une pluralité de couches ignifuges peuvent être liées au moyen d'un adhésif de la manière suivante, tel que représenté sur la fig. 7. Une première couche 710 d'un panneau ultraléger 700, par exemple un papier NOMEX<sup>®</sup> 411 de 23 millièmes de pouce, peut être lié au moyen d'un adhésif par pressage thermique de la première couche 710 sur un premier côté d'une deuxième couche 712, par exemple, une mousse polyimide de Solimide<sup>®</sup> Densified HT ayant une densité de 33 2,90 kg/0,3048 m (6,4 lbs/ft), au moyen d'une première couche d'adhésif 711, par exemple une couche de film adhésif Bostik<sup>®</sup> 10-321 de 3 à 5 millièmes de pouce ou une couche d'adhésif 65/65 de chez Kimco Products No. 8110401-2. Le second côté de la deuxième couche 712 peut ensuite être lié de façon similaire au moyen d'un adhésif sur un premier côté d'une troisième couche 714, telle qu'une doublure semblable à un papier destinée à se détacher, au moyen d'une deuxième couche d'adhésif 713, par exemple, une couche de film adhésif Bostik<sup>®</sup> 10-321 de 3 à 5 millièmes de pouce ou d'un autre adhésif ignifuge. En variante, la première couche 710 peut comprendre des matériaux ignifuges tels qu'un tissu IBENA<sup>®</sup> NOMEX<sup>®</sup> ou tout autre matériau ignifugé quelconque. La deuxième couche 712 peut comprendre un nid d'abeille en fibre d'aramide/résine phénolique HRH-10<sup>®</sup> tel qu'un nid d'abeille HRH-10<sup>®</sup> de chez Hexcel Corp. ou une mousse de Solimide<sup>®</sup> Densified HT ou une mousse DAX 90<sup>®</sup> de chez Skandia Corp. La troisième couche 714 peut comprendre une doublure semblable à du papier pour se détacher de la couche 712. Les première et seconde couches adhésives 711 et 713 peuvent

comprendre des adhésifs tels que du Bostik® 321, Bostik® 576, Bostik® 610, des adhésifs 65/65 de chez Kimco Products Nos. 8110401-2 à 8110401-16 ou d'autres adhésifs ignifuges. Par exemple, un autre mode de réalisation de l'invention peut comprendre une première couche 710 de papier NOMEX® 411 de 23 millièmes de pouce liée au moyen d'un adhésif à une première couche adhésive 711 d'adhésif Bostik® 321 à un premier côté de la deuxième couche 712 de nid d'abeille en fibre d'aramide/résine phénolique HRH®-10 de chez Hexcel Corp. Une troisième couche 714 peut comprendre une doublure semblable à un papier qui est liée au moyen d'un adhésif au second côté de la deuxième couche 712 avec une seconde couche adhésive 713 d'adhésif Bostik® 610 ou d'un autre adhésif ignifuge. Une pluralité de couches de matériau ignifuge peuvent être préparées de cette manière selon des exigences de l'application. Habituellement, un enduit de scellement ignifuge 715 est placé sur l'une des surfaces externes du composite 700.

**[0037]** On a également découvert qu'un objet destiné à former un motif, par exemple, un fil NOMEX® ou tout autre matériau ignifuge peut être placé entre deux des couches du composite, en même temps que l'adhésif, pour former un motif superficiel tridimensionnel significatif dans le panneau résultant. Par exemple, des matériaux ignifuges destinés à former un motif, tels qu'un fil NOMEX® ou des feuilles vertes ou tout autre matériau ignifuge ou ignifugé choisi par le concepteur, peuvent être insérés entre deux couches quelconques du composite, en même temps que l'adhésif, dans un motif décoratif. Le composite peut être préparé tel qu'examiné précédemment par liage thermique des couches. Après liage, les matériaux ignifuges insérés destinés à former un motif peuvent fournir des effets tridimensionnels significatifs au composite.

**[0038]** Un procédé destiné à former une couche externe tridimensionnelle décorative du composite au moyen d'un rayonnement ultrasonique est également fourni. On a découvert que la surface du papier ou du tissu NOMEX®, lorsqu'elle était humide, pouvait être «ciselée» (ou gaufrée) pour former une image tridimensionnelle au moyen d'un rayonnement ultrasonique dirigé. Cette technique de ciselage peut être utilisée seule ou en plus de l'insertion d'un matériau ignifuge entre les couches du composite tel que précédemment décrit. L'image qui peut être formée n'est limitée en aucune façon mais peut être déterminée par le concepteur en fonction de l'application. Habituellement, un motif est placé sur la surface humide du composite qui reçoit le motif à former, mais le concepteur peut également former à main levée un motif approprié. Un appareil approprié destiné à diriger le rayonnement ultrasonique jusque sur la surface du papier ou du tissu ignifuge humide comprend des ensembles portatifs de sonde ultrasonique pouvant fonctionner à des fréquences de 20 kHz ou 40 kHz et disponibles chez Dukane Ultrasonics situé à St. Charles, Illinois, Etats-Unis. D'autres ensembles ultrasoniques ou systèmes automatiques intégrés à une table XY supposés être utiles au ciselage de la surface humide du papier et du tissu ignifuge sont automatiques et peuvent émettre un rayonnement ultrasonique à une fréquence d'environ 15 kHz à environ 220 kHz.

**[0039]** La surface du papier du tissu ignifuge peut être humidifiée au moyen d'eau, tel que par pulvérisation, brossage, frottement ou épongeage. Le papier ignifuge ne devra pas être trop humide puisque cela peut amener le papier ignifuge à se rompre au cours d'une manipulation et d'un ciselage. Cependant, il devra être suffisamment humide pour que la surface soit gaufrée par le rayonnement ultrasonique sans être brûlée. Les hommes du métier seront capables de déterminer une quantité suffisante d'humidité sans expérimentation excessive.

**[0040]** On fournit également des bigornes et des embouts novateurs attachés aux bigornes pour l'ensemble ultrasonique pouvant être utilisés afin de diriger le rayonnement ultrasonique vers la surface du papier ou du tissu ignifuge humide afin de former l'image ciselée. Les embouts peuvent être fabriqués à partir de tout matériau quelconque actuellement utilisé ou mis au point ultérieurement convenant à une utilisation avec des ensembles de rayonnement ultrasonique. Les embouts destinés à être utilisés lors de la préparation des panneaux ultralégers selon l'invention sont représentés sur les fig. 1a, 1b, 1c et 1d. Les fig. 1a et 1b représentent des modèles d'embouts qui peuvent être utilisés pour créer des lignes ciselées régulières sur la surface des composites humides. Ces embouts ont une ou plusieurs faces sensiblement alignées par rapport au composite de telle sorte que la distance entre l'embout de l'ensemble ultrasonique et la surface du composite est sensiblement la même au-dessus de l'embout. Les fig. 1a et 1b sont uniquement données à titre illustratif, et ne limitent en aucun cas à un type d'embout qui peut être utilisé pour un ciselage par ultrasons des composites de l'invention. Elles sont au contraire uniquement illustratives et des modèles d'embout supplémentaires peuvent être préparés par les hommes du métier pour créer le type d'effet souhaité sur la surface du composite.

**[0041]** On a également découvert que les embouts ayant une face inclinée par rapport à la surface humide à ciseler fournissent un effet tridimensionnel original sur la surface ciselée. Ces embouts comportent une ou plusieurs faces inclinées par rapport au composite de telle sorte que la face de la plaque inclinée varie en pression depuis une surface au-dessus de la face de l'embout lorsque l'ensemble ultrasonique est maintenu dans une position sensiblement perpendiculaire par rapport à la surface. Des embouts novateurs appropriés sont représentés sur les fig. 1c et 1d, lesquelles figures représentent des embouts ayant des faces inclinées de forme ronde ou carrée. Les embouts représentés sur les fig. 1c et 1d ont également des surfaces moletées destinées à améliorer l'effet de liage et de ciselage, bien que ceci ne constitue pas une exigence pour un embout selon l'invention. D'autres types d'embout novateurs ayant une surface inclinée par rapport à la surface humide à ciseler devront également convenir à une utilisation dans l'invention. Les fig. 1c et 1d n'ont qu'un but illustratif, et ne constituent en aucun cas une limite quant aux embouts pouvant être utilisés pour un ciselage ultrasonique des composites de l'invention. Elles sont au contraire uniquement illustratives et des modèles d'embout supplémentaires peuvent être préparés par les hommes du métier pour créer le type d'effet souhaité sur la surface du composite.

**[0042]** On suppose que d'autres procédés de ciselage de surface destinés à créer un effet tridimensionnel peuvent être utilisés, tels qu'au moyen d'une machine d'estampage thermique. On suppose également qu'une machine de ciselage au

laser conviendrait pour ciseler la surface. Les hommes du métier seront capables de choisir un procédé de ciselage et un ensemble appropriés pour créer l'effet tridimensionnel souhaité sur la surface du panneau ultraléger de l'invention.

**[0043]** On fournit également un procédé destiné à colorer la surface du papier ou du tissu ignifuge. La coloration peut avoir lieu avant ou après ciselage, si on souhaite à la fois une coloration et un ciselage. Une coloration juste après le ciselage peut fournir une humidité suffisante pour le ciselage au moyen du rayonnement ultrasonique. Cependant, on peut également obtenir de bons résultats en colorant la surface du papier ou du tissu ignifuge après ciselage. Par exemple, la surface peut être peinte à la main au moyen de la coloration choisie par le concepteur.

**[0044]** Les colorants appropriés comprennent les peintures naturelles telles que Marie's™ Chinese Painting Color fabriquées à partir de couleurs minérales naturelles, des couleurs résistant au soleil et de la colle pour cuir. La couleur peut être appliquée, tel que cela est connu dans l'art, par le concepteur pour obtenir tout effet décoratif souhaité quelconque.

**[0045]** En variante, le papier ou le tissu qui forme la surface du panneau ultraléger de l'invention peut être imprimé. Par exemple, le papier ou le tissu peut être imprimé au moyen du système d'impression numérique tel que la technique DuPont® Artistri® destinée à des systèmes d'impression numériques sur textile au moyen d'imprimantes à jet d'encre. Habituellement, le matériau ignifuge ou ignifugé est imprimé avant la préparation du composite.

**[0046]** Une fois que la surface du composite est ciselée et/ou colorée et séchée, une couche de scellement peut être appliquée. Par exemple, le revêtement de scellement peut être appliqué par pulvérisation. La couche de scellement devra également contenir un matériau ignifuge. Des produits de scellement appropriés comprennent un email polyuréthane à base de solvant pour apprêt d'aéronef JetFlex® disponible chez Sherwin Williams et une peinture transparente Clear Paint 65/65 de chez Kimco Products. Jet Flex® est un revêtement polyuréthane à deux composants. Clear Paint 65/65 de chez Kimco Products est une peinture transparente brillante, mais une poudre ou des agents matants peuvent être ajoutés pour fournir un apprêt mat. Le produit de scellement peut être un liquide, un film ou une particule, et peut comprendre une résine, un film de Tedlar® ou un film de Téflon®.

**[0047]** La fig. 2 représente un panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme 200 ayant un motif artistique ciselé, ou gaufré, sur la surface selon l'invention. Le panneau représenté 200 comprend une première couche 216, par exemple, un papier ou un tissu NOMEX® tel que précédemment décrit. Une deuxième couche 218 peut comprendre une mousse, un nid d'abeille ou un papier ignifuge. Une première feuille d'adhésif ignifuge 217 peut être intercalée entre la première couche 216 et la deuxième couche 218. Des couches supplémentaires, par exemple, une troisième couche 220 telle qu'un papier NOMEX® ou une doublure semblable à un papier fixé à un film adhésif peuvent être également incluses. Une deuxième feuille d'adhésif ignifuge 219 serait intercalée entre la deuxième couche 218 et la troisième couche 220 telle qu'une doublure semblable à du papier. Un modèle 215 de motif peut être placé sur la surface du panneau pour contribuer à réaliser un motif spécifique, par exemple là où on souhaite produire une pluralité de panneaux ayant sensiblement le même motif. Avant ciselage, une couche d'humidité 212 est placée sur la surface du panneau 200 sur la couche qui doit être ciselée, habituellement un papier ou un tissu NOMEX®. La fig. 2 représente un panneau ayant un motif ciselé sur la surface externe de la première couche 216. Un ensemble ultrasonique 210, par exemple une sonde portable fonctionnant à environ 20 kHz ou 40 kHz, est équipé d'un bigorne et d'un embout 211 choisis pour créer l'effet tridimensionnel souhaité sur la surface du panneau 200 tels que ceux représentés sur les fig. 1a à 1d. Au cours du ciselage, une surface tridimensionnelle est créée sur la surface du panneau 200 ayant une ou plusieurs régions tridimensionnelles inférieures 214. Tel qu'examiné, le panneau 200 peut être peint après ciselage, ou peut être peint avant ciselage afin de fournir la couche d'humidité 212. En variante, le papier ou tissu NOMEX® peut être imprimé au moyen d'une technique à jet d'encre avant ciselage.

**[0048]** La fig. 3 représente un panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme 300 ayant un motif artistique ciselé ou gaufré, sur la surface 320 selon l'invention pour une utilisation comme panneau de cloison d'aéronef. Le panneau composite 300 est fixé à une surface 310, représentée sur la fig. 3 en tant que structure d'aéronef, de telle sorte que la surface ciselée 320 est tournée vers l'extérieur pour pouvoir être observée. Le panneau composite 300 peut être fixé à la surface 310 grâce à tout procédé de fixation quelconque maintenant connu ou mis au point ultérieurement, y compris des agrafes; des vis; des clous; une fermeture par velcro; ou un adhésif.

**[0049]** L'invention peut être utilisée dans toute application quelconque et convient particulièrement à ces applications où les caractéristiques de débit calorimétrique et de densité de fumée sont souhaitées. Les panneaux composites ultralégers résistant à la chaleur et à la flamme peuvent être incorporés de toute manière souhaitée quelconque telle qu'elle est connue des hommes du métier. Par exemple, les panneaux composites ultralégers résistant à la chaleur et à la flamme peuvent être liés au moyen d'adhésifs ou sinon fixés à une structure telle qu'un véhicule. On a découvert que là où le panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme comprend une couche adhésive doublée papier sur une des surfaces externes, le papier peut être retiré et l'adhésif peut être utilisé pour lier facilement le panneau à une structure, telle qu'un véhicule.

**[0050]** L'invention est en outre illustrée par les exemples non limitatifs suivants. Ces exemples sont uniquement donnés à titre illustratif et ne sont aucunement destinés à limiter l'application des panneaux composites ultralégers résistant à la chaleur et à la flamme novateurs.



[0051] Plusieurs composites ont été fabriqués selon l'invention et ont fait l'objet d'essais pour ce qui est du débit calorimétrique et de la densité de fumée selon le document 14 C.F.R. Partie 25 § 25.853, Annexe F parties IV (OSU 65/65) et V (ASTM F814-83) par Herb Curry, Inc. Mont Vernon, Indiana, Etats-Unis.

#### Exemple 1

[0052] On a préparé un panneau composite en liant au moyen d'adhésif un papier ignifuge NOMEX® 411 de 23 millièmes de pouce d'épaisseur sur une doublure de nid d'abeille HRH-10-1/8-5.0™ avec une feuille d'adhésif thermoplastique de 5 millièmes de pouce Bostik® 10-321. Les papiers en nid d'abeille ont été liés par pressage thermique au moyen d'un fer chaud. Le composite lié a été humidifié avec de l'eau puis ciselé au moyen d'un système d'ensemble ultrasonique portatif Dukane Ultrasonics fonctionnant à environ 20 kHz. Un embout ayant une face moletée et inclinée par rapport à la surface à ciseler a été placé sur le bigorne du système d'ensemble ultrasonique tel qu'on peut le voir sur les fig. 1c et 1d et utilisé pour préparer un ciselage tridimensionnel. La surface ciselée a ensuite été peinte au moyen de peintures Marie's™ Chinese Painting Color. Un revêtement de scellement polyuréthane JetFlex® a été placé sur la surface ciselée colorée et la surface enduite a été séchée au moyen de l'air ambiant ventilé. Les caractéristiques du composite, y compris le poids, les résultats de l'essai sur le débit calorimétrique, les résultats de l'essai sur la densité de fumée et les coûts relatifs sont indiqués dans le tableau 1. Le composite est représenté sur la fig. 4, où une couche 410 représente le revêtement de scellement polyuréthane JetFlex®; une couche 411 représente le papier NOMEX® 411; une couche 412 représente la feuille d'adhésif thermoplastique Bostik® 10-321; et une couche 413 représente la doublure de nid d'abeille HRH-10/8-5.0™.

#### Exemple 2

[0053] On a préparé un panneau composite en liant au moyen d'adhésif un tissu IBENA® Profire® fabriqué à partir d'un fil de NOMEX® N 104 dans les directions de chaîne et de trame (densité de fil de chaîne FD 430 ±10 Fd/10 cm, densité de fil de trame 320 ± 10 Fd/10 cm tel que mesuré par la norme DIN EN 1049/2) tissé dans une armure croisée 3/1 et ayant une masse totale telle que mesurée par la norme ISO 3801 de 185 ± 5 g/m<sup>2</sup> sur une doublure de nid d'abeille HRH-10-1/8-5.0™ avec une feuille d'adhésif thermoplastique Bostik® 10-321 de 5 millièmes de pouce d'épaisseur. Le tissu et le nid d'abeille ont été liés par pressage thermique au moyen d'un fer chaud. Le composite lié a été humidifié avec de l'eau puis ciselé au moyen d'un système d'ensemble ultrasonique portatif Dukane Ultrasonics fonctionnant à environ 20 kHz. Un embout ayant une face moletée et inclinée par rapport à la surface à ciseler a été placée sur le bigorne du système d'ensemble ultrasonique tel que représenté sur les fig. 1c et 1d et utilisé pour préparer un ciselage tridimensionnel. La surface ciselée a ensuite été peinte au moyen de peinture Marie's™ Chinese Painting Color. Un revêtement polyuréthane de scellement JetFlex® a été placé sur la surface ciselée et colorée et la surface enduite a été séchée au moyen de l'air ambiant ventilé. Les caractéristiques du composite, y compris le poids, les résultats de l'essai sur le débit volumétrique, les résultats de l'essai sur la densité de fumée et les coûts relatifs sont indiqués dans le tableau 1. Le composite est représenté sur la fig. 4, où la couche 410 représente le revêtement polyuréthane de scellement JetFlex®. La couche 411 représente le tissu IBENA® Profire®, la couche 412 représente la feuille d'adhésif thermoplastique Bostik® 10-321; et la couche 413 représente la doublure de nid d'abeille HRH-10-1/8-5.0™.

#### Exemple 3

[0054] On a préparé un panneau composite en liant au moyen d'adhésif un papier ignifuge NOMEX® 411 de 23 millièmes de pouce d'épaisseur sur une mousse de polyimide TA-301 Solimide Densified HT avec une feuille d'adhésif thermoplastique Bostik® 10-321 de 5 millièmes de pouce d'épaisseur. Le composite lié a été humidifié avec de l'eau puis ciselé au moyen d'un système d'ensemble ultrasonique portatif Dukane Ultrasonics fonctionnant à environ 20 kHz. Un embout ayant une face moletée et inclinée par rapport à la surface à ciseler a été placé sur le bigorne du système d'ensemble ultrasonique tel qu'observé sur les fig. 1c et 1d et utilisé pour préparer un ciselage tridimensionnel. La surface ciselée a été peinte au moyen de peinture Marie's™ Chinese Painting Color. Un revêtement polyuréthane de scellement JetFlex® a été placé sur la surface ciselée colorée et la surface enduite a été séchée au moyen de l'air ambiant ventilé. Des caractéristiques du composite, y compris le poids, les résultats de l'essai sur le débit calorimétrique, les résultats de l'essai sur la densité de fumée et les coûts relatifs sont indiqués dans le tableau 1. Le composite est représenté sur la fig. 4, où la couche 410 représente le revêtement polyuréthane de scellement JetFlex®; la couche 411 représente le papier NOMEX® 411; la couche 412 représente la feuille d'adhésif thermoplastique Bostik® 10-321; et la couche 413 représente la doublure de mousse de polyimide TA-301 Solimide Densified HT.

#### Exemple 4

[0055] On a préparé un panneau composite en liant au moyen d'adhésif un tissu JJBENA® Profire® fabriqué à partir d'un fil de NOMEX® N 104 dans la direction de chaîne et de trame (densité de fil de chaîne FD 430 ±10 Fd/10 cm, densité de fil de trame 320 ± 10 Fd/10 cm tel que mesuré par la norme DIN EN 1049/2) tissé dans une armure croisée 3/1 ayant une masse totale telle que mesurée par ISO 3801 185 ± 5 g/m<sup>2</sup> sur une doublure de mousse de polyimide TA-301 Solimide Densified HT ayant une densité d'environ 2,27 kg/0,3048 m<sup>3</sup> (5 lbs/ft<sup>3</sup>) avec une feuille d'adhésif thermoplastique Bostik® 10-321 de 5 millièmes de pouce d'épaisseur. Le composite lié a été humidifié avec de l'eau puis ciselé au moyen d'un système d'ensemble ultrasonique portatif Dukane Ultrasonics fonctionnant à environ 20 kHz. Un embout ayant une face

moletée et inclinée par rapport à la surface à ciseler a été placé sur le bigorne du système d'ensemble ultrasonique tel que représenté sur les fig. 1c et 1d et utilisé pour préparer un ciselage tridimensionnel. La surface ciselée a ensuite été peinte au moyen de peinture Marie's™ Chinese Painting Color. Un revêtement de scellement polyuréthane JetFlex® a été placé sur la surface ciselée colorée et la surface enduite a été séchée au moyen de l'air ambiant ventilé. Les caractéristiques du composite, y compris le poids, les résultats de l'essai sur le débit calorimétrique, les résultats de l'essai sur la densité de fumée et les coûts relatifs sont indiqués dans le tableau 1. Le composite est représenté sur la fig. 4, où la couche 410 représente le revêtement de scellement polyuréthane JetFlex®; la couche 411 représente le tissu IBENA® Profire®; la couche 412 représente la feuille d'adhésif thermoplastique Bostik® 10-321; et la couche 413 représente la doublure de mousse de polyimide TA-301 Solimide Densified HT.

#### Exemple 5

[0056] On a préparé un panneau composite en liant au moyen d'adhésif un papier ignifuge NOMEX® 411 de 23 millièmes de pouce d'épaisseur à un second papier ignifuge NOMEX® 411 de 23 millièmes de pouce d'épaisseur en tant que doublure avec une feuille d'adhésif thermoplastique Bostik® 10-321 de 5 millièmes de pouce d'épaisseur. Le composite lié a été humidifié avec de l'eau puis ciselé au moyen d'un système d'ensemble ultrasonique portatif Dukane Ultrasonics fonctionnant à environ 20 kHz. Un embout ayant une face moletée et inclinée par rapport à la surface à ciseler a été placé sur le bigorne du système d'ensemble ultrasonique tel qu'observé sur les fig. 1c et 1d et utilisé pour préparer un ciselage tridimensionnel. La surface ciselée a été peinte au moyen de peinture Marie's™ Chinese Painting Color. Un revêtement de scellement polyuréthane JetFlex® a été placé sur la surface ciselée colorée et la surface enduite a été séchée au moyen de l'air ambiant ventilé. Les caractéristiques de composite, y compris le poids, les résultats de l'essai sur le débit calorimétrique, les résultats de l'essai sur la densité de fumée et les coûts relatifs sont indiqués dans le tableau 1. Le composite est représenté sur la fig. 4, où la couche 410 représente le revêtement de scellement polyuréthane JetFlex®; la couche 411 représente la première couche de papier NOMEX® 411; la couche 412 représente la feuille d'adhésif thermoplastique Bostik® 10-321; et la couche 413 représente la seconde couche de papier NOMEX® 411.

#### Exemple 6

[0057] On a préparé un panneau composite en liant au moyen d'adhésif un papier ignifuge NOMEX® 411 de 23 millièmes de pouce d'épaisseur à une feuille d'adhésif thermoplastique Bostik® 10-321 doublée papier de 5 millièmes de pouce d'épaisseur. Le composite lié a été humidifié avec de l'eau puis ciselé au moyen d'un système d'ensemble ultrasonique portatif Dukane Ultrasonics fonctionnant à environ 20 kHz. Un embout ayant une face moletée et inclinée par rapport à la surface à ciseler a été placé sur le bigorne du système d'ensemble ultrasonique tel que représenté sur les fig. 1c et 1d et utilisé pour préparer un ciselage tridimensionnel. La surface ciselée a ensuite été peinte au moyen de peinture Marie's™ Chinese Painting Color. Un revêtement de scellement polyuréthane JetFlex® a été placé sur la surface ciselée et colorée et la surface enduite a été séchée au moyen de l'air ambiant ventilé. Des caractéristiques du composite, y compris le poids, les résultats de l'essai sur le débit calorimétrique, les résultats de l'essai sur la densité de fumée et les coûts relatifs sont indiqués dans le tableau 1. Le composite est représenté sur la fig. 5, où la couche 510 représente le revêtement de scellement polyuréthane JetFlex®, la couche 511 représente le papier NOMEX® 411; et la couche 512 représente la feuille d'adhésif thermoplastique Bostik® 10-321 doublée papier.

#### Exemple 7

[0058] On a préparé un panneau composite en liant au moyen d'adhésif un papier ignifuge NOMEX® 411 de 23 millièmes de pouce d'épaisseur à une doublure de mousse de polyimide TA-301 Solimide Densified HT ayant une densité d'environ 2,27 kg/0,3048 m<sup>3</sup> (5 lbs/ft<sup>3</sup>) avec une feuille d'adhésif thermoplastique Bostik® 10-321 de 5 millièmes de pouce d'épaisseur. Avant liage, le papier a été imprimé au moyen d'une technique d'impression à jet d'encre DuPont® Artistri® pour fournir un motif imprimé sur une surface du papier, qui a ensuite été placé dans le panneau composite en tant que la surface tournée vers l'extérieur du papier. Le composite lié a été humidifié avec de l'eau puis ciselé au moyen d'un système d'ensemble ultrasonique portatif Dukane Ultrasonics fonctionnant à environ 20 kHz. Un embout ayant une face moletée et inclinée par rapport à la surface à ciseler a été placé sur le bigorne du système d'ensemble ultrasonique tel qu'observé sur les fig. 1c et 1d et utilisé pour préparer un ciselage tridimensionnel. Un revêtement de scellement polyuréthane JetFlex® a été placé sur la surface ciselée colorée et la surface enduite a été séchée au moyen de l'air ambiant ventilé. Les caractéristiques des composites, y compris le poids, les résultats de l'essai sur le débit calorimétrique, les résultats de l'essai sur la densité de fumée et les coûts relatifs sont indiqués dans le tableau 1. Le composite est représenté sur la fig. 4, où la couche 410 représente le revêtement de scellement polyuréthane JetFlex®, la couche 411 représente le papier NOMEX® 411 imprimé par jet d'encre; la couche 412 représente la feuille d'adhésif thermoplastique Bostik® 10-321 de 5 millièmes de pouce d'épaisseur; et la couche 413 représente la doublure de mousse de polyimide TA-301 Solimide Densified HT.

#### Exemple 8

[0059] On a préparé un panneau composite en liant au moyen d'adhésif un tissu IBENA® Profire® fabriqué à partir d'un fil de NOMEX® N 104 dans les directions de chaîne et de trame (densité de fil de chaîne FD 430 ± 10 Fd/10 cm, densité de fil de trame 320 ± 10 Fd/10 cm, telles que mesurées par la norme DIN EN 1049/2) tissé dans une armure croisée

## CH 698 987 B1

3/1 et ayant une masse totale telle que mesurée par la norme ISO 3801 de  $185 \pm 5 \text{ g/m}^2$  à une doublure de mousse de polyimide TA-301 Solimide Densified HT ayant une densité d'environ  $2,27 \text{ kg/0,3048 m}^3$  ( $5 \text{ lbs/ft}^3$ ) avec une feuille d'adhésif thermoplastique Bostik® 10-321 de 5 millièmes de pouce d'épaisseur. Avant liage, le tissu a été imprimé au moyen de la technique à jet d'encre DuPont® Artistri® pour fournir un motif imprimé sur une surface du tissu, lequel a ensuite été placé dans le panneau composite en tant que la surface tournée vers l'extérieur du tissu. Le composite lié a été humidifié avec de l'eau puis ciselé au moyen d'un système d'ensemble ultrasonique portatif Dukane Ultrasonics fonctionnant à environ 20 kHz. Un embout ayant une face moletée et inclinée par rapport à la surface à ciseler a été placé sur le bigorne du système d'ensemble ultrasonique tel qu'observé sur les fig. 1c et 1d et utilisé pour préparer un ciselage tridimensionnel. Un revêtement de scellement polyuréthane JetFlex® a été placé sur la surface ciselée colorée et la surface enduite a été séchée au moyen de l'air ambiant ventilé. Les caractéristiques du composite, y compris le poids, les résultats de l'essai sur le débit calorimétrique, les résultats de l'essai sur la densité de fumée et les coûts relatifs sont indiqués dans le tableau 1. Le composite est représenté sur la fig. 4 où la couche 410 représente le revêtement de scellement polyuréthane JetFlex®; la couche 411 représente le tissu IBENA® Profire® imprimé par jet d'encre; la couche 412 représente la feuille d'adhésif thermoplastique Bostik® 10-321; et la couche 413 représente la doublure de mousse de polyimide TA-301 Solimide Densified HT.

### Exemple 9

[0060] On a préparé un panneau composite en liant au moyen d'adhésif un tissu IBENA® Profire® fabriqué à partir d'un fil de NOMEX® N 104 dans les directions de chaîne et de trame (densité de fil de chaîne  $FD 430 \pm 10 \text{ Fd/10 cm}$ , densité de fil de trame  $320 \pm 10 \text{ Fd/10 cm}$ , telles que mesurées par la norme DIN EN 1049/2) tissé dans une armure croisée 3/1 et ayant une masse totale telle que mesurée par la norme ISO 3801 de  $185 + 5 \text{ g/m}^2$  à une doublure de mousse DAX® 90 ayant une densité d'environ  $2,27 \text{ kg/0,3048 m}^3$  ( $5 \text{ lbs/ft}^3$ ), avec une feuille d'adhésif thermoplastique Bostik® 10-321 de 5 millièmes de pouce d'épaisseur. Un fil ignifuge NOMEX® a été inséré, avec l'adhésif, entre les couches de mousse et de tissu pour former un modèle tridimensionnel très décoratif. Le composite lié a été humidifié avec de l'eau puis ciselé au moyen d'un système d'ensemble ultrasonique portatif Dukane Ultrasonics fonctionnant à environ 20 kHz. Un embout ayant une face moletée et inclinée par rapport à la surface à ciseler a été placé sur le bigorne du système d'ensemble ultrasonique tel qu'observé sur les fig. 1c et 1d et utilisé pour préparer un ciselage tridimensionnel. La surface ciselée a ensuite été peinte au moyen de peinture Marie's™ Chinese Painting Color. Un revêtement de scellement polyuréthane JetFlex® a été placé sur la surface ciselée et coloré et la surface enduite a été séchée au moyen de l'air ambiant ventilé. Les caractéristiques du composite, y compris le poids, les résultats de l'essai sur le débit calorimétrique, les résultats de l'essai sur la densité de fumée et les coûts relatifs sont indiqués dans le tableau 1. Le composite est représenté sur la fig. 6 où la couche 610 représente le revêtement de scellement polyuréthane JetFlex®, la couche 611 représente le tissu IBENA® Profire®, la couche 612 représente la feuille d'adhésif thermoplastique Bostik® 10-321; la couche 613 représente la doublure de mousse DAX® 90; et le numéro de référence 614 représente la position d'insertion de l'insert de fil ignifuge NOMEX®.

[0061] Le tableau 1 fournit les caractéristiques des exemples 1 à 8 en comparaison avec une cloison tissée de fil NOMEX® telle qu'elle est actuellement utilisée de nos jours dans un avion. Les exemples répondent tous aux valeurs de débit calorimétrique et de densité de fumée des exigences imposées au niveau fédéral (FAR) de la même manière que la cloison de fil NOMEX® actuellement utilisée, mais à un coût et à un poids inférieurs. L'apport acoustique varie en fonction des matériaux utilisés pour former le composite.

**Tableau 1**

[0062]

Matériaux	Poids du composite g/m <sup>2</sup> (oz/ft <sup>2</sup> )	OSU 65/65 kW/m <sup>2</sup> (ne doit pas dépasser 65 pour être conforme aux FAR)	Densité de fumée (ne doit pas dépasser 200 pour être conforme aux FAR)	Apport acous- tique	Coût relatif
Fil NOMEX®	453,59 (16)	Réussi	Réussi	Oui	*****
Exemple 1	46,78 (1,65)	27/65	68/200	Possible	***
Exemple 2	60,95 (2,15)	27/65	68/200	Oui	***
Exemple 3	35,15(1,24)	56/65	151/200	Possible	***
Exemple 4	49,33 (1,74)	56/65	151/200	Oui	***
Exemple 5	34,87 (1,23)	27/65	68/200	–	**
Exemple 6	28,35 (1,00)	27/65	68/200	–	**

## CH 698 987 B1

Matériaux	Poids du composite g/m <sup>2</sup> (oz/ft <sup>2</sup> )	OSU 65/65 kW/m <sup>2</sup> (ne doit pas dépasser 65 pour être conforme aux FAR)	Densité de fumée (ne doit pas dépasser 200 pour être conforme aux FAR)	Apport acous- tique	Coût relatif
Exemple 7	35,15 (1,24)	56/65	151/200	Possible	**
Exemple 8	49,33 (1,74)	56/65	151/200	Oui	**
Exemple 9	53,01 (1,87)	Réussi	Réussi	Oui	**

**[0063]** Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation ci-dessus décrits et représentés, à partir desquels on pourra prévoir d'autres modes et d'autres formes de réalisation, sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

### Revendications

1. Panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (200, 300, 700) comprenant: une première couche externe (216, 710) de matériau de polymère de polyamide-aramide résistant à la flamme et une seconde couche externe (218, 712), la première couche externe et la seconde couche externe (216, 218, 710, 712) étant faites en différents matériaux ignifuges, où la première couche externe (216, 710) et la seconde couche externe (218, 712) sont liées ensemble par un matériau ignifuge; et un revêtement de scellement (410, 510, 610, 715) sur au moins une parmi les surfaces externes de la première couche externe (216, 710) ou de la deuxième couche externe (218, 712), dans lequel en outre au moins une surface de l'une ou l'autre parmi la première couche externe (216, 710) ou la seconde couche externe (218, 712) comprend une surface tridimensionnelle formée en partie par déplacement d'une portion d'au moins une des première couche externe et seconde couche externe, où le matériau ignifuge comprend un matériau qui est ignifuge ou un matériau qui a été traité pour devenir ignifuge, et dans lequel le panneau composite est d'une épaisseur de 6.35 mm (0,25 pouces) ou inférieure.
2. Panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (200, 300, 700) selon la revendication 1, dans lequel la seconde couche externe (218, 712) est un adhésif.
3. Panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (200, 300, 700) selon la revendication 2, dans lequel l'adhésif comprend un adhésif thermodurci, un adhésif thermoplastique (412, 512, 612), un adhésif sensible à la pression, ou toute combinaison quelconque d'un adhésif thermodurci, d'un adhésif thermoplastique (412, 512, 612) et d'un adhésif sensible à la pression.
4. Panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (200, 300, 700) selon la revendication 1, dans lequel une parmi la première couche externe (216, 710) et la seconde couche (218, 712) comprend un papier ignifuge (411, 511, 611) ou un tissu ignifuge.
5. Panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (200, 300, 700) selon la revendication 1, dans lequel une parmi la première couche externe (216, 710) et la seconde couche (218, 712) comprend une mousse ignifuge, un papier ignifuge (411, 511, 611) ou un adhésif doublé papier ignifuge.
6. Panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (200, 300, 700) selon la revendication 1, comprenant en outre une ou plusieurs couches intermédiaires liées à une parmi la première couche externe (216, 710), la seconde couche (218, 712) ou une couche intermédiaire.
7. Panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (200, 300, 700) selon la revendication 6, dans lequel les couches intermédiaires comprennent toute combinaison quelconque parmi une couche adhésive, une mousse ignifuge, un papier ignifuge (411, 511, 611) ou un tissu ignifuge.
8. Panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (200, 300, 700) selon la revendication 7, comprenant en outre un matériau décoratif ignifuge inséré entre deux couches quelconques (216, 218, 710, 712).
9. Panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (200, 300, 700) selon la revendication 1, comprenant en outre un fil ignifuge entre la première couche externe (216, 710) et la deuxième couche externe (218, 712).
10. Panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (200, 300, 700) selon la revendication 1, dans lequel au moins une parmi les surfaces externes de la première couche externe (216, 710) ou de la seconde couche (218, 712) est gautrée avec un rayonnement ultrasonique d'une fréquence comprise entre 15 kHz et 220 kHz après formation du panneau composite (200, 300, 700).
11. Panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (200, 300, 700) selon la revendication 10, dans lequel le rayonnement ultrasonique comprend une fréquence soit de 20 kHz soit de 40 kHz.

## CH 698 987 B1

12. Panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (200, 300, 700) selon la revendication 10, dans lequel la surface externe de la première couche externe (216, 710) ou de la seconde couche (218, 712) est peinte au moyen de couleurs de peinture avant application du revêtement de scellement (410, 510, 610, 715).
13. Panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme selon la revendication 1, dans lequel au moins une parmi les surfaces externes de la première couche externe (216, 710) ou la seconde couche (218, 712) est imprimée avant formation du panneau composite (200, 300, 700).
14. Panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (200, 300, 700) selon la revendication 1, dans lequel le panneau composite a un poids inférieur à 70,87 g/0,3048 m<sup>2</sup> (2,5 oz/ft<sup>2</sup>).
15. Panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (200, 300, 700) selon la revendication 1, dans lequel le panneau composite (200, 300, 700) a un résultat inférieur à 28/65 dans l'essai sur le débit calorimétrique OSU 65/65 tel que spécifié dans la partie IV de l'Annexe F du document 14 C.F.R. § 25 (2004).
16. Panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (200, 300, 700) selon la revendication 1, dans lequel le panneau composite (200, 300, 700) a un résultat inférieur à 152/200 dans l'essai sur la densité de fumée selon la procédure d'essai de la norme ASTM F814-83 spécifiée dans la partie V de l'Annexe F du document 14 C.F.R. § 25 (2004).
17. Panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (200, 300, 700) selon la revendication 1, dans lequel le panneau composite (200, 300, 700) a un résultat inférieur à 69/200 dans l'essai sur la densité de fumée selon la procédure d'essai de la norme ASTM F814-83 spécifiée dans la partie V de l'Annexe F du document 14 C.F.R. § 25 (2004).
18. Panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (200, 300, 700) selon la revendication 1, dans lequel le panneau composite (200, 300, 700) a un résultat inférieur à 1/65 dans l'essai sur le dégagement calorimétrique OSU 65/65 tel que spécifié dans la partie IV de l'Annexe F du document 14 C.F.R. § 25 (2004).
19. Panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme (200, 300, 700) selon la revendication 1, dans lequel le panneau composite (200, 300, 700) a un résultat inférieur à 15/200 dans l'essai sur la densité de fumée selon la procédure d'essai de la norme ASTM F814-83 spécifiée dans la partie V de l'Annexe F du document 14 C.F.R. § 25 (2004).
20. Procédé destiné à préparer un panneau composite ultraléger résistant à la chaleur et à la flamme selon l'une des revendications 1 à 19 comprenant les étapes consistant à:  
insérer un adhésif ignifuge entre une première couche externe (216, 710) de matériaux de polymère de polyamide-aramide résistant à la flamme et une seconde couche externe (218, 712), la première et la seconde couche externe étant faites en différents matériaux ignifuges, où le matériau ignifuge comprend toute combinaison quelconque des matériaux qui sont ignifuges et de matériaux qui ont été traités de manière à devenir ignifuge;  
lier la première couche externe et la seconde couche externe ensemble avec un adhésif ignifuge;  
déplacer des portions d'au moins une surface externe;  
colorer facultativement une ou plusieurs portions de la surface externe déplacée au moyen de couleurs de peinture; et  
sceller la surface externe déplacée, formant ainsi le panneau composite qui est d'une épaisseur de 6.35 mm (0,25 pouces) ou inférieure.
21. Procédé selon la revendication 20, comprenant les étapes consistant à:  
humidifier une surface externe du panneau composite;  
diriger un rayonnement ultrasonique d'une fréquence de 15 kHz à 220 kHz au niveau de la surface externe humidifiée du panneau composite jusqu'à ce qu'un modèle tridimensionnel soit gaufré;
22. Procédé selon la revendication 20 dans lequel au moins une parmi les surfaces externes du panneau composite est colorée après déplacement.
23. Procédé selon la revendication 21, dans lequel le rayonnement ultrasonique comprend une fréquence de 20 kHz ou de 40 kHz.
24. Procédé selon la revendication 21, dans lequel le panneau composite comprend une pluralité de couches.
25. Procédé selon la revendication 24, comprenant en outre l'étape consistant à insérer un matériau décoratif ignifuge entre deux couches de matériau ignifuge à lier pour créer un effet tridimensionnel significatif.
26. Procédé selon la revendication 20, comprenant en outre l'étape consistant à imprimer au moins un parmi les matériaux ignifuges dans une imprimante à jet d'encre au moyen de pigments ignifuges.

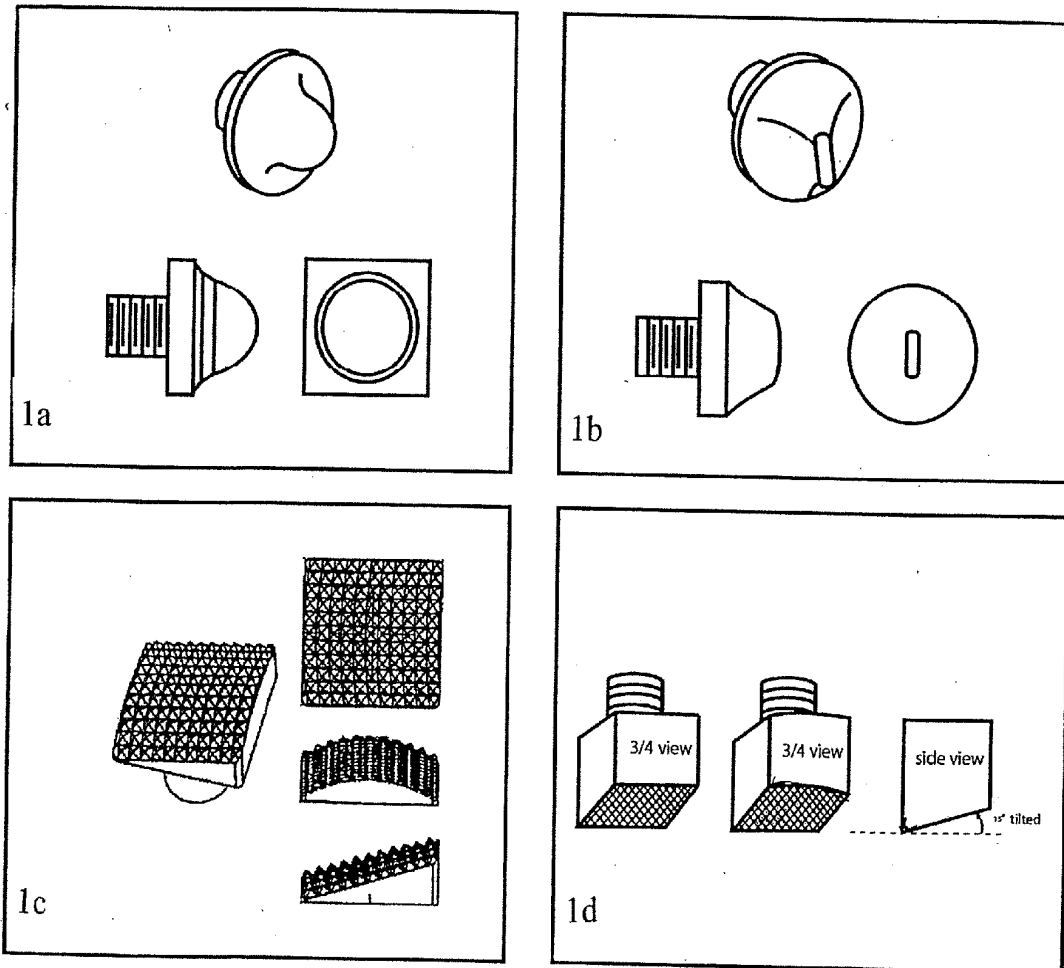


Fig. 1

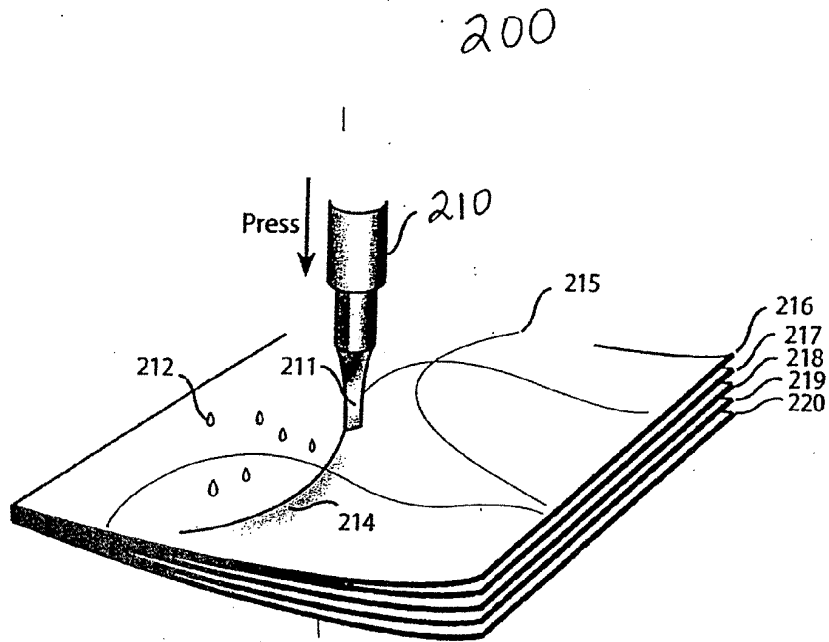


Figure 2

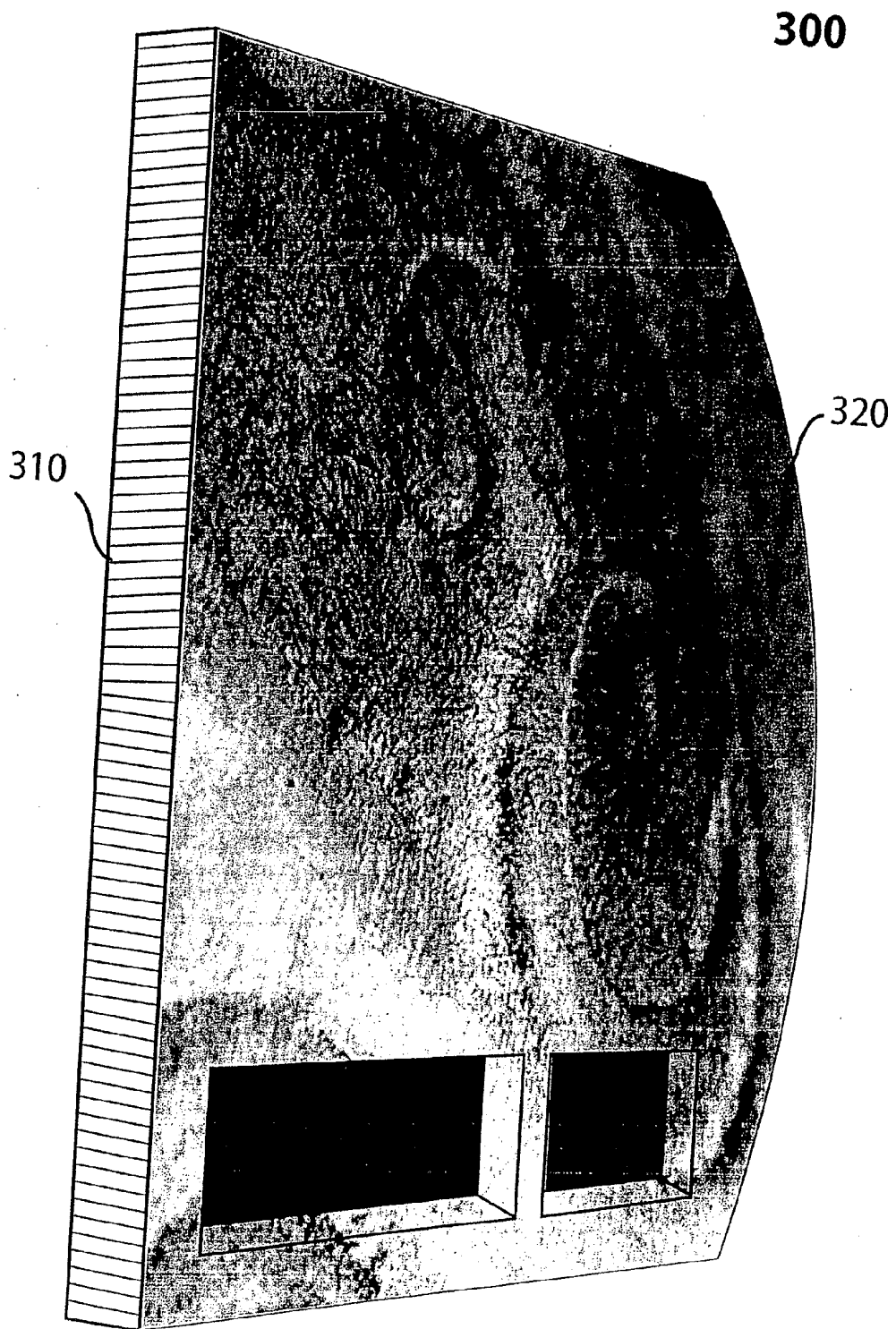


Fig 3



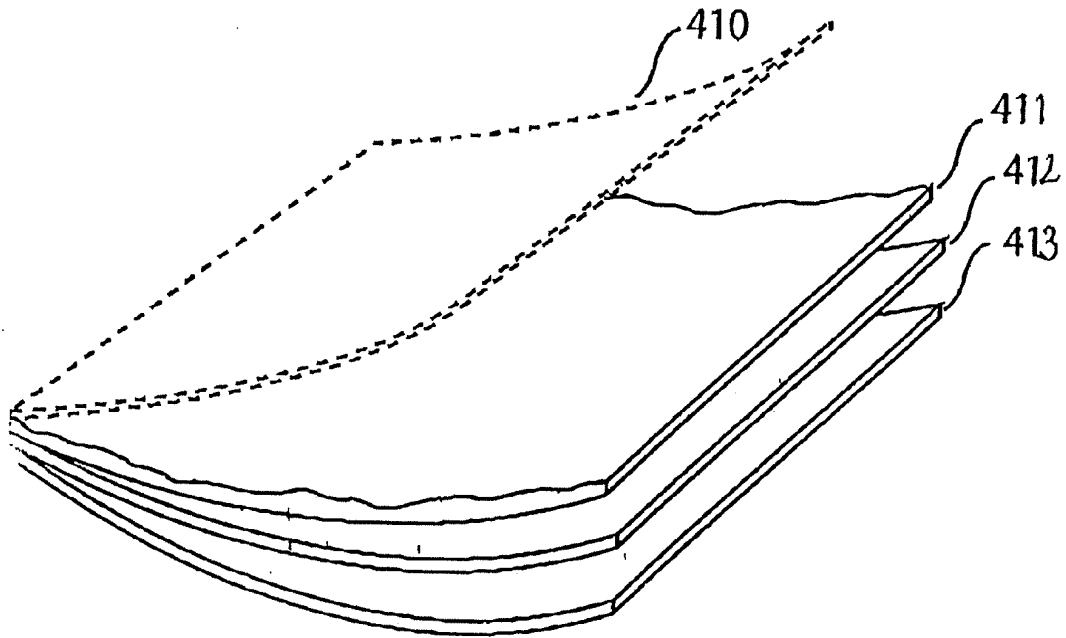


Fig. 4

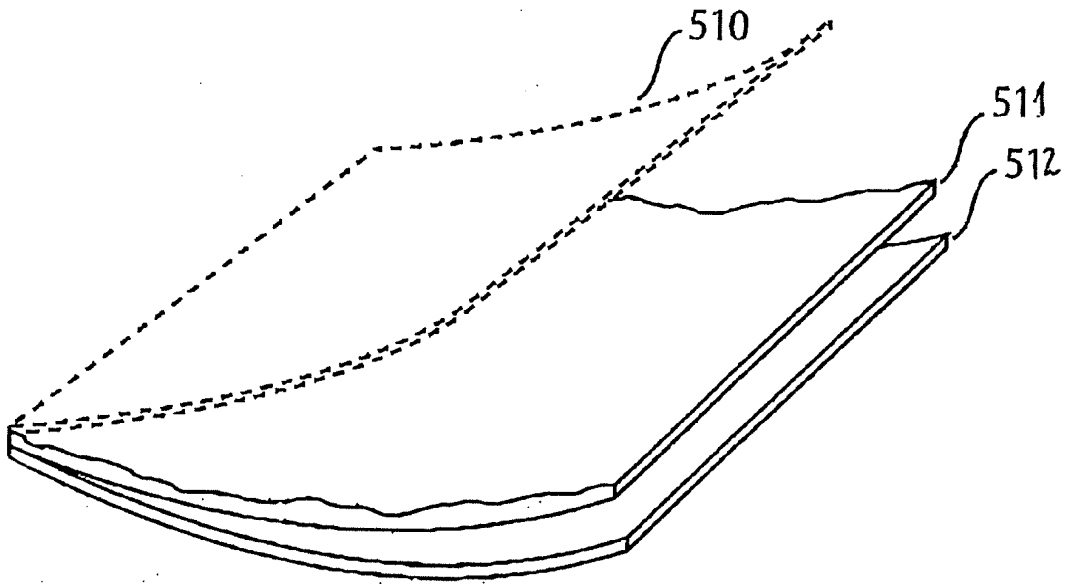


Fig. 5

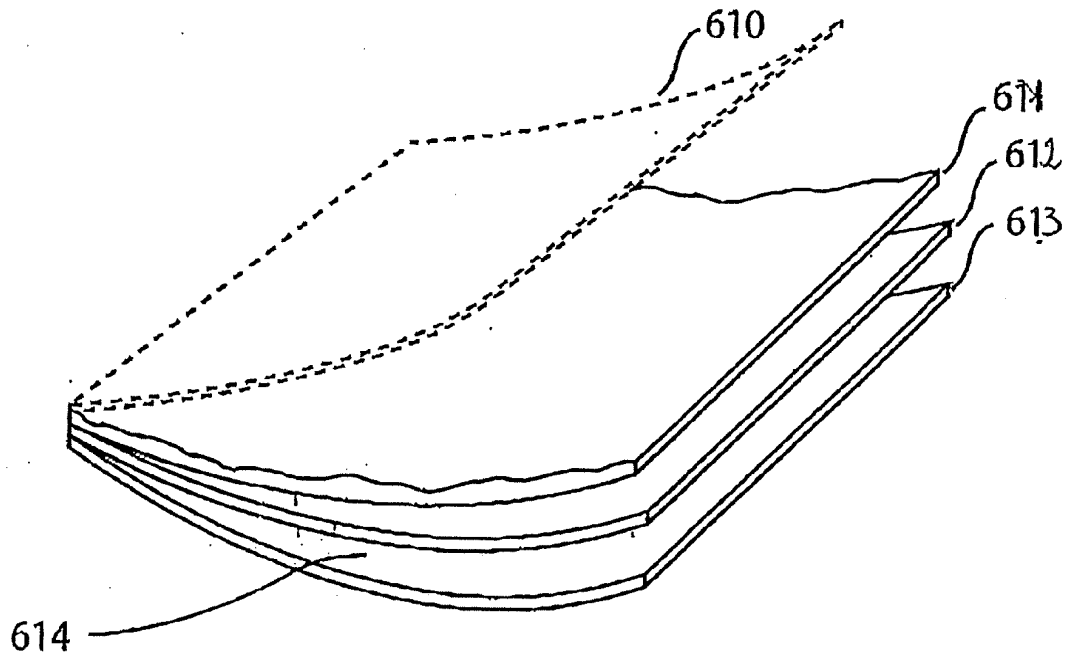


Fig. 6

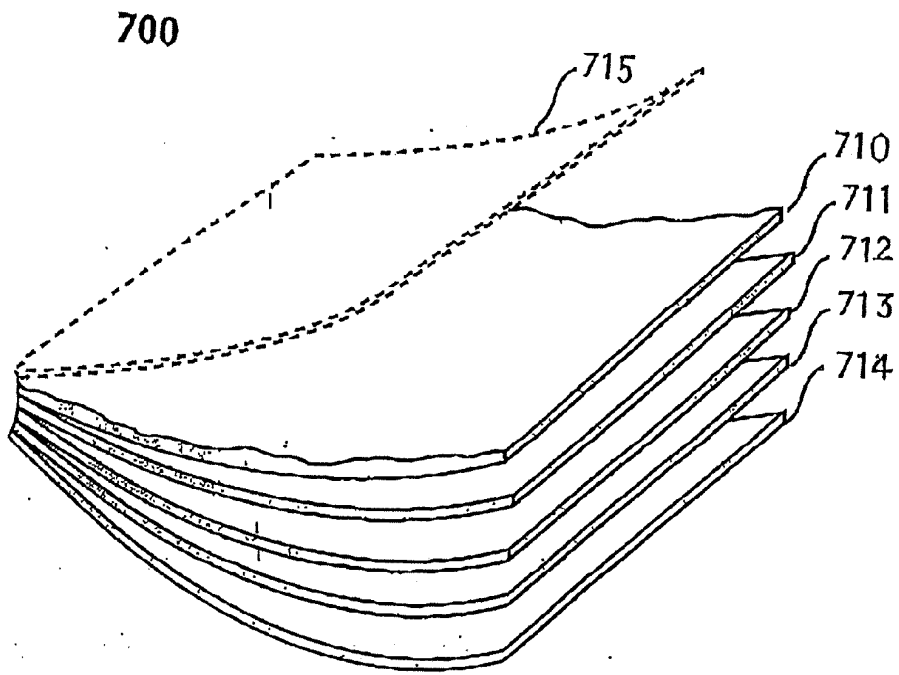


Fig. 7