

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
12 février 2015 (12.02.2015)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2015/018798 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B29C 70/38 (2006.01) *B21B 27/00* (2006.01)
B65H 27/00 (2006.01) *F16C 13/00* (2006.01)
B65H 57/14 (2006.01) *B65G 39/00* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2014/066748

(22) Date de dépôt international :
4 août 2014 (04.08.2014)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1357817 6 août 2013 (06.08.2013) FR

(71) Déposant : AIRBUS DEFENCE AND SPACE SAS
[FR/FR]; 51-61, Route de Verneuil, F-78130 Les Mureaux
(FR).

(72) Inventeurs : KRZEMINSKI, Mickael; 152 avenue Victor
Hugo, F-33110 Le Bouscat (FR). JAGUENAUD, Ludo-
vic; 20 Route du château d'eau, F-33250 Cissac-Médoc
(FR). LOZES, Jean-Christophe; 12 rue de la garenne, F-

33121 Carcans (FR). LARNAC, Guy; 17 Allée du pas de
Lièvre, F-33160 Saint Aubin de Médoc (FR).

(74) Mandataire : MAUPILIER, Didier; Schmit Chrétien,
111, Cours du Médoc CS40 009, F-33070 Bordeaux Cedex
(FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : COMPACTING ROLLER FOR A HEAD FOR LAYING FIBRES IMPREGNATED WITH THERMOPLASTIC RE-
SIN AND FIBRE LAYING HEAD

(54) Titre : ROULEAU DE COMPACTAGE POUR TÊTE DE PLACEMENT DE FIBRES IMPRÉGNÉES DE RÉSINE THER-
MOPLASTIQUE ET TÊTE DE PLACEMENT DE FIBRES

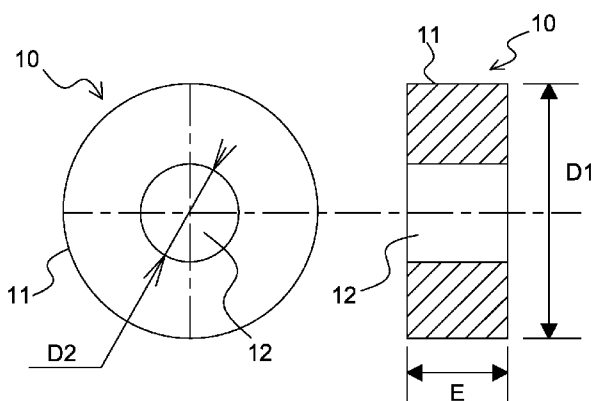


Fig.2a

Fig.2b

(57) Abstract : A compacting roller 10 for a head for laying fibres preimpregnated with thermoplastic resin consists of a cylinder ha-
ving an external diameter D1, a length E and comprising, along one axis of the cylinder, an axial recess of diameter D2. Moreover,
the roller is formed from a material having a compressive strength greater than or equal to 20 N/mm² between a temperature of 0°C
and a temperature of 500°C and an optical absorption coefficient of less than 0.2/m, at a temperature between 0°C and 500°C, in at
least one range of wavelengths that is compatible with an emission from a heat capacity laser. Advantageously, the material of the
roller moreover has a thermal diffusivity coefficient greater than or equal to 10E-5 m²/s, preferably greater than 10E-4 m²/s and/or a
thermal conductivity coefficient greater than or equal to 50 W/m.K, and/or a thermal expansion coefficient less than or equal to
10E-5 per Kelvin and/or a porosity of less than or equal to 0.5%.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2015/018798 A1

EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, **Publiée :**

LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,

GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

Un rouleau 10 de compactage de tête de dépose de fibres préimprégnées de résine thermoplastique est constitué d'un cylindre de diamètre extérieur D1, de longueur E et comportant suivant un axe du cylindre un évidement axial de diamètre D2. En outre le rouleau est formé en un matériau présentant une résistance à la compression égale ou supérieure à 20 N/mm² entre une température de 0°C et une température de 500°C et un coefficient d'absorption optique inférieure à 0,2 / m, à une température comprise entre 0°C et 500°C, dans au moins une plage de longueurs d'ondes compatible avec une émission d'un laser de puissance de chauffage. Avantageusement, le matériau du rouleau a en outre un coefficient de diffusivité thermique égal ou supérieur à 10E-5 m²/s, de préférence supérieur à 10E-4 m²/s et ou un coefficient de conduction thermique égal ou supérieur à 50W / m.K, et ou un coefficient thermique de dilatation inférieur ou égal à 10E-5 par Kelvin et ou une porosité inférieure ou égale à 0,5%.

Rouleau de compactage pour tête de placement de fibres imprégnées de résine thermoplastique et tête de placement de fibres

La présente invention concerne les machines et procédés pour la fabrication de pièces en matériaux composites thermoplastiques, mettant en œuvre le placement de fils et/ou l'enroulement filamentaire.

Plus particulièrement, l'invention est relative au rouleau, ou galet, mis en œuvre lors de la dépose des fils ou des nappes pour réaliser le compactage des couches successivement déposées.

Les procédés mis en œuvre consistent globalement à déposer des fils ou des nappes de matériau pré-imprégnés sur un moule, pouvant avoir la forme d'un mandrin de bobinage, qui a la forme de la pièce à réaliser, le matériau déposé étant consolidé soit simultanément soit ultérieurement à sa dépose.

On comprendra ici et dans la suite de la description que les matériaux composites concernés sont des matériaux comportant des fibres longues minérales, par exemple verre ou carbone, ou organiques, par exemple aramide, maintenue dans une matrice organique dure, désignée sous le terme générique de résine, par exemple un polymère dont les caractéristiques sont choisies en fonction des performances souhaitées de la pièce réalisée.

Dans le cas des matériaux composites thermoplastiques dont il est préférentiellement question dans la présente invention, il est utilisé une résine dite thermoplastique.

La résine thermoplastique est une résine qui présente la caractéristique d'être dure à la température ambiante et jusqu'à des températures prévues en utilisation pour la pièce à réaliser. La résine assure en pratique la cohésion des fils entre eux et donne à la pièce une part importante de sa rigidité. La résine thermoplastique présente également la propriété de devenir malléable au dessus d'une certaine température, qui dépend de la résine considérée, et de retrouver ses caractéristiques de dureté lorsque la température est à nouveau abaissée.

Cette caractéristique de changement réversible de la dureté et de la malléabilité de la résine thermoplastique d'imprégnation des fils est mise à profit lors de la réalisation des pièces en matériau composite thermoplastique et conduit à mettre en œuvre des moyens de chauffage de la résine.

5

Les machines utilisées pour déposer les fibres ou les rubans sont connues et comportent en particulier une tête de bobinage et/ou de placement de fibres, qui assure la mise en contact des fibres avec le moule sur lequel sont déposés les fils.

10 Ces têtes de bobinage ou de placement de fibres comportent un rouleau qui exerce une pression à l'emplacement d'une zone de contact où les fibres sont déposées sur la pièce en cours de réalisation ayant pour résultat de plaquer les fils ou nappes sur le moule ou sur les couches déjà déposées.

Diverses contraintes s'imposent au rouleau et en particulier, il doit permettre d'appliquer la pression souhaitée sur la zone de dépose des fils ou nappes, y compris dans le cas de surfaces non planes qui peuvent être à simple ou à double courbure, et il ne doit pas adhérer aux fils ou nappes à déposer, afin de ne pas détériorer ces fils ou nappes.

En outre, pour la réalisation de pièces en matériau composite thermoplastique, la tête comporte également des moyens de chauffage pour amener les fibres imprégnées de résine à une température supérieure à la température souhaitée pour permettre le placement des fils ou nappes sur le moule et pour assurer une cohésion des couches successivement déposées.

20 Ce chauffage est en pratique très localisé à la zone où les fibres ou nappes sont déposées, c'est-à-dire précisément à l'emplacement où le rouleau est en contact avec la pièce en cours de réalisation.

Du fait des températures devant être maintenue dans cette zone de contact, qui peuvent atteindre 400°C à 500°C avec certaines résines thermoplastiques utilisées dans la réalisation de pièces aéronautiques, les moyens de chauffage doivent apporter un flux d'énergie élevé dans la zone et le chauffage est le plus souvent réalisé par une torche à gaz chaud ou un laser.

30 Du fait même de l'énergie apportée de manière continue pendant la réalisation de la pièce dans la zone de contact, le rouleau est soumis lui-même à

un flux de chaleur important et absorbe une énergie qui élève sa température qui peut rapidement atteindre une température susceptible d'endommager le matériau déposé et qui peut affecter la durée de vie du rouleau ou ses qualités en fonction du matériau dans lequel il est réalisé.

5

Il est ainsi connu de réaliser les rouleaux dans un matériau où par un assemblage de matériaux résistant en température et de refroidir le rouleau pendant le fonctionnement de la tête de bobinage ou de placement de fibres et éviter une élévation de température excessive du rouleau.

10

La demande de brevet US2012/0073749 présente un exemple de rouleau comportant un cylindre rigide enveloppé d'une couche d'un matériau céramique fibreux souple qui résiste aux températures élevées, le rouleau étant par ailleurs refroidi par un circuit de fluide caloporteur ou par générateur de froid.

Le refroidissement par fluide caloporteur reste cependant difficile à
15 réaliser compte tenu de l'espace disponible dans la tête de bobinage portant le rouleau, en particulier s'il est souhaité obtenir une tête maniable et donc aussi légère que possible et de dimensions aussi réduites que possible, et compte tenu des flux d'énergie en jeu. En outre, avec un rouleau métallique en tout ou partie, il est constaté des problèmes de mise en œuvre du fait d'une phase transitoire
20 relativement longue au cours de laquelle le système n'est pas en équilibre thermique, et de dilatations thermiques conduisant à des problèmes quant au vieillissement des pièces, la gestion des jeux ...

De plus la souplesse du rouleau, apportée par la couche de matériau céramique fibreux dans l'exemple de l'art antérieur cité mais pouvant être obtenu
25 par d'autres solutions telles que des rouleaux segmentés ou des rouleaux comportant un matériau élastomère, si elle s'avère nécessaire pour des formes de moule complexes, en particulier à double courbure, n'apparaît pas indispensable pour la réalisation de pièces de formes moins complexes, par exemple ne comportant que des courbures simples ou des réservoirs cylindriques de
30 révolution.

L'utilisation de rouleau en matériaux plastiques ou en élastomères se heurte aux problèmes de fonctionnement et de vieillissement du fait d'une

dégradation rapide au contact avec le matériau thermoplastique déposé et en présence du chauffage ou de l'illumination laser.

La déformation des matériaux élastomères a également pour conséquence de limiter les forces appliquées pour le compactage du fait même
5 que la déformation du rouleau entraîne une augmentation des surfaces d'appui qui diminue limite l'augmentation recherchée de la pression de contact.

Pour apporter une solution aux problèmes rencontrés avec les solutions connues, le rouleau de compactage de l'invention pour une tête de dépose de
10 fibres préimprégnées de résine thermoplastique est constitué principalement d'un cylindre de diamètre extérieur D1, de longueur E et comporte suivant un axe du cylindre un évidement axial de diamètre D2, et le rouleau est formé en un matériau présentant :

- une résistance à la compression égale ou supérieure à 20 N/mm² entre une
15 température de 0°C et une température de 500°C ;
- un coefficient d'absorption optique inférieure à 0,2 / dm, à une température comprise entre 0°C et 500°C, dans au moins une plage de longueurs d'ondes compatible avec une émission d'un laser de puissance de chauffage.

Il est ainsi obtenu un rouleau de compactage non déformable dans son
20 domaine d'utilisation, et qui évite un échauffement excessif par absorption du rayonnement laser utilisé par la tête de dépose pour chauffer localement le matériau thermoplastique.

De préférence le matériau dans lequel le rouleau est réalisé a un coefficient de diffusivité thermique égal ou supérieur à 10E-5 m²/s, de préférence
25 supérieur à 10E-4 m²/s.

Il est ainsi lors de l'utilisation du rouleau obtenu rapidement une température de fonctionnement stable du rouleau.

Dans une forme de réalisation, le matériau a en outre un coefficient de conduction thermique égal ou supérieur à 50W / m.K. Il est ainsi obtenu une
30 évacuation de la chaleur qui limite l'échauffement du rouleau en fonctionnement.

Dans une forme de réalisation, le matériau a un coefficient thermique de dilatation inférieur ou égal à 10E-5 par Kelvin. Il est ainsi obtenu une stabilité

dimensionnelle du rouleau soumis à des températures de plusieurs centaines de °C.

Le rouleau, outre ses capacités à ne pas absorber une quantité de chaleur importante en proportion de la chaleur produite dans la zone de dépose
5 des fibres, présente ainsi des dimensions stables dans le domaine de température de fonctionnement, évacue une part importante de la chaleur reçue par conduction thermique et atteint rapidement en fonctionnement des conditions thermiques stables.

De préférence, le matériau dans lequel est réalisé le rouleau a une
10 porosité inférieure ou égale à 0,5%, ce qui assure une bonne application de la pression.

Dans une forme de réalisation, le matériau dans lequel est réalisé le rouleau est un matériau céramique usinable de sorte qu'il est possible de réaliser un rouleau avec des dimensions précises sans nécessiter de faire appel à des
15 procédé de fabrication complexes ou coûteux.

Par exemple le matériau est un matériau céramique parmi les Nitrures d'Aluminium, l'oxyde d'aluminium Al_2O_3 , des Carbure de Silicium SiC.

Dans une forme particulière, le rouleau est réalisé dans un Nitrure d'Aluminium usinable avec un coefficient d'absorption optique inférieur à 0,15 / m
20 dans une plage de longueur d'un rayonnement optique de 900 nm à 1000 nm, à la température de 400°C. Il est ainsi obtenu un rouleau présentant la plupart des qualités recherchées pour le rouleau de l'invention au moyen d'un matériau industriellement économique et aisément disponible.

Avantageusement le matériau est un Nitrure d'Aluminium de conductivité
25 thermique égale ou supérieure à 90 W/m.K.

L'invention concerne également une tête de dépose de fibres préimprégnées d'une résine thermoplastique pour la réalisation de pièces en matériaux composites, comportant au moins un rouleau comportant toutes ou parties des caractéristiques du rouleau de l'invention.

La description détaillée d'un mode de réalisation est faite en référence aux figures qui représentent de manière non limitative :

figure 1 : une vue générale simplifiée d'une tête de dépose de fibres en cours de réalisation d'une pièce en matériau composite thermoplastique ;

5 figures 2a et 2b : une vue de profil, figure 2a, et en coupe axiale d'un rouleau de compactage en céramique adapté à la tête de dépose de fibres de la figure 1.

Sur les dessins, les différentes parties ne sont pas nécessairement représentées à la même échelle.

10

La figure 1 montre une vue simplifiée d'une tête 100 de dépose de fils 50 imprégnés d'une résine thermoplastique en cours de bobinage d'une pièce 51 principalement cylindrique de révolution, partiellement visible sur la figure.

15 La tête 100 fait partie d'un ensemble, non visible sur la figure, pour la réalisation de pièces en matériau composite thermoplastique comportant lui-même un dispositif pour supporter la tête 100 de manière à orienter et positionner en permanence la tête comme souhaité et un moule, ici un mandrin de bobinage, sur lequel est réalisé la pièce.

20 La tête 10 comporte un rouleau 10 de compactage pour exercer une pression sur les fils 50 lors de leur application sur le moule ou sur les fils déjà déposés, pression qui est maintenue contre la surface sur laquelle sont déposés les fils avec une valeur souhaitée par un vérin 20 de ladite tête.

La tête 10 comporte un moyen de chauffage, ici un laser 21, d'une zone de contact du rouleau avec la pièce en cours de réalisation.

25 La tête 10 comporte des moyens de soufflage 22 d'un gaz neutre, par exemple de l'azote, permettant d'une part de rendre neutre l'atmosphère de la zone portée à température élevée par le laser et d'autre part de refroidir le matériau composite chauffé par le laser 21 après le dépôt des fils.

30 Dans le cas présent le rouleau 10 est un rouleau réalisé intégralement dans un matériau rigide sous les efforts et aux températures utilisés, c'est-à-dire

que le rouleau ne se déforme pas sensiblement lors de son utilisation, et d'autre part qui présente les qualités physiques suivantes :

- le matériau à une diffusivité thermique égale ou supérieure à $10E-5$ m²/s, de préférence supérieure à $10E-4$ m²/s ;

5

- le matériau présente une forte transparence dans le domaine du spectre d'émission du laser, de préférence supérieur à 0,2/dm ;

- de préférence, le matériau a en outre un coefficient de dilatation thermique inférieur ou égal à $10E-5$ par Kelvin, dans le domaine de température rencontré par le rouleau en utilisation, c'est-à-dire environ de 0°C à 500°C pour les résines thermoplastiques dite "hautes températures" .

10

En outre le matériau, pour être compatible avec une utilisation pour un rouleau de compactage, doit avoir une résistance à la compression suffisante vis à vis des efforts d'application du rouleau sur la pièce en cours de réalisation, de préférence supérieure à 20 N/mm², et présenter une faible porosité, de préférence inférieure à 0,5 %.

15

Afin de permettre la réalisation du rouleau de compactage aux formes et dimensions voulues, le matériau doit également être adapté à au moins un procédé de façonnage, par exemple le matériau est usinable si le rouleau doit être réalisé par usinage.

20

La réalisation d'un rouleau 10 de compactage suivant les critères exposés s'avère particulièrement avantageuse du fait que ledit rouleau absorbe une énergie très diminuée par rapport aux rouleaux connus et qu'il est atteint rapidement en fonctionnement des conditions thermiques stables..

25

Dans un exemple de réalisation du rouleau 10, tel qu'illustré sur la figure 2, le rouleau présente la forme d'un cylindre de section circulaire de diamètre extérieur **D1** et de longueur **E**, une surface extérieure dudit cylindre déterminant une surface de roulement 11 du rouleau.

30

Le diamètre extérieur **D1** et la longueur **E** sont fonction de la dimension de la tête 100 et des formes et dimensions de la pièce à réaliser.

Dans l'exemple de la réalisation d'un réservoir cylindrique de révolution par enroulement filamenteux de 800mm de diamètre, un rouleau 10 de diamètre
5 extérieur **D1** égal à environ 60 mm et de longueur **E** égale à environ 22 mm permet de réaliser une tête 100 compacte compatible en particulier avec la réalisation des fonds du réservoir, aux extrémités de la partie cylindrique du réservoir, par enroulement filamenteux.

Le rouleau 10 présente au centre du disque un évidement axial 12, ici un
10 trou de section circulaire de diamètre intérieur **D2** destiné au passage d'un arbre, non représenté sur les figures 2a et 2b, autour duquel le rouleau est monté libre en rotation par exemple par l'intermédiaire d'un roulement à billes ou à rouleaux adapté aux températures de mise en œuvre du rouleau 10.

L'arbre et le roulement sont par exemple réalisés dans un matériau
15 ordinaire ayant une conductivité thermique égale ou supérieure à 50 W/m.K, par exemple un acier ou dans un matériau céramique dont les caractéristiques de diffusivité thermique élevée sont plus favorables à l'obtention rapide d'un équilibre thermique.

20 La transparence du matériau constituant le rouleau 10 aux longueurs d'ondes du faisceau laser de chauffage limite la quantité d'énergie absorbée par ledit rouleau.

Le laser mis en œuvre pour apporter l'énergie de chauffage des fibres préimprégnées est par exemple un laser du domaine infrarouge, par exemple
25 émettant dans le spectre entre 900 nm et 1000 nm de longueur d'onde, d'une puissance de l'ordre du KiloWatt, l'énergie étant en pratique adaptée pour amener la résine dans la zone de dépose à la température souhaitée et donc dépendant du type de résine et de la vitesse de dépose qui conditionnent l'énergie nécessaire.

30

Pour obtenir les caractéristiques recherchées du rouleau, le rouleau 10 est réalisé en céramique telle que du Nitrure d'Aluminium, de l'oxyde d'aluminium

Al₂O₃, un Carbure de Silicium SiC dans une variété présentant une transparence optique recherchée, matériaux dont les propriétés, mécaniques en particulier, peuvent être ajustées par des éléments additifs connus de l'industrie des céramiques industrielles.

5

Les céramiques présentent en général une dureté élevée et leur porosité peut être inférieure à 0,5% comme par exemple dans le cas du Nitrure d'Aluminium usinable diffusé par la société GoodFellow sous la référence Shapal MTM.

10

Le Nitrure d'Aluminium sous cette forme usinable s'avère particulièrement adapté à la réalisation du rouleau de l'invention en raison de sa stabilité jusqu'à des températures de 1000°C, donc bien supérieures aux températures nécessaires, d'une conductivité thermique de l'ordre de 90 W/m.K, c'est-à-dire plus de 10 fois celle d'un acier inoxydable ordinaire et d'une diffusivité thermique supérieure à 4x10E-5 supérieure à 10 fois celle d'un acier inoxydable ordinaire.

15

De préférence, il sera préféré un matériau céramique présentant une diffusivité thermique supérieure à au moins 10E-5 m²/s et de préférence supérieure à 10E-4 m²/s, et présentant une conductivité thermique supérieure à 90 W/m.K, en pratique comprise entre 90 et 180 W/m.K.

20

La diffusivité d'un matériau est égale à $\lambda/\rho C_p$, où λ est la conductivité thermique, ρ la densité et C_p sa capacité calorifique volumique. Cette valeur caractérise le comportement thermique transitoire du matériau, et détermine le temps nécessaire pour que le matériau atteigne un état thermique stable.

25

Une telle conductivité thermique permet d'une part d'obtenir une mise en température rapide du rouleau 10 et ainsi de réduire la phase transitoire de mise en température en début de fonctionnement de la tête 100 et d'autre part de conduire l'énergie thermique vers les structures de ladite tête portant le rouleau et constituant un puits thermique et un radiateur de sorte que la température d'équilibre du rouleau en fonctionnement est limitée.

30

Le Nitrure d'Aluminium possède également un coefficient de dilatation thermique de $4,4 \cdot 10E-6$ à la température de 400°C relativement faible par

rapport aux coefficients équivalents de la plupart des matériaux courant présentant des caractéristiques mécaniques adaptées au rouleau, par exemple par rapport à celui d'un acier ordinaire environ trois fois plus élevé.

Un tel coefficient de dilatation permet d'améliorer le comportement au vieillissement du rouleau 10 fortement sollicité en contraintes mécaniques et en cycles thermiques.

Dans une forme de réalisation, le diamètre intérieur **D2** est légèrement supérieur, à température ambiante, à un diamètre du roulement destiné à être placé dans l'évidement axial 12.

10 Plus particulièrement le diamètre intérieur **D2** est sensiblement égal au diamètre du roulement destiné à être placé dans le trou lorsque le rouleau 10 et le roulement sont portés à la température d'équilibre en fonctionnement de la tête 100.

Il est ainsi possible à la température ambiante d'un atelier, du fait d'un coefficient de dilatation supérieur du roulement, par exemple en acier, d'insérer sans effort, et donc sans risque d'endommagement du rouleau, l'arbre et le roulement dans le trou 12. A température de fonctionnement du rouleau 10, par exemple à environ 400°C, le roulement en raison de sa dilatation différentielle s'appuie sur une surface de l'évidement axial 12 avec un léger serrage de sorte à
20 assurer un transfert de chaleur du rouleau vers le roulement et l'arbre puis vers les autres parties de la tête 100, sans toutefois exercer sur les parois dudit évidement axial une pression qui serait susceptible de fragiliser mécaniquement le rouleau 10.

25 Le Nitrure d'Aluminium, ainsi que l'oxyde d'aluminium l' Al_2O_3 , présente également une transparence proche de 100% pour les longueurs d'ondes du domaine infrarouge comprises entre 900 nm et 1000 nm.

Sur les épaisseurs considérées de Nitrure d'Aluminium pour le rouleau 10, soit environ 40 nm, l'énergie absorbée du rayonnement laser traversant ledit
30 rouleau est donc quasiment nulle.

Pour un laser de chauffage d'une puissance de l'ordre de 1000W, il en résulte que la puissance lumineuse infrarouge absorbée par le rouleau est quasiment nulle, tout au plus de l'ordre de 10 W, valeur négligeable par rapport à la chaleur transmise par conduction depuis les parties de la pièce en cours de fabrication et chauffée par le faisceau du laser.

En outre la transparence du rouleau permet de réaliser un chauffage des fibres en cours de dépôt et des fibres déjà déposées au moyen du faisceau laser infrarouge y compris au travers du rouleau 10, et ceci sans induire un chauffage excessif du rouleau, ce qui permet d'améliorer l'homogénéité des flux d'énergie apportés pour le chauffage local de la pièce et des fibres déposées.

L'utilisation d'un Nitrure d'Aluminium usinable permet de réaliser le rouleau 10 avec des dimensions précises par usinage d'un bloc de Nitrure d'Aluminium.

15

La mise en œuvre d'un rouleau en Nitrure d'Aluminium de diamètre extérieur $D1 = 57$ mm, de diamètre intérieur $D2 = 22$ mm et de longueur $E = 22$ mm, avec un laser infrarouge de 1100 Watts, avec une tête de dépose de fibres opérant avec 3 mèches de 5 mm de large sous une tension de 2,5 daN par mèche et une force d'appui du rouleau de 65 daN a permis de constater qu'il est possible dans ces conditions opératoires de réaliser des pièces en matériau composite thermoplastique avec des vitesses de défilement des mèches de 10 m/ min sans qu'il soit noté un échauffement excessif ou une dégradation de l'état du rouleau tout en constatant un très bon résultat dans la dépose des fibres.

25

Outre les performances propres au rouleau, le faible échauffement du rouleau en utilisation et sa transparence aux rayonnements laser utilisés pour le chauffage localisé de la pièce permet la réalisation d'une tête de dépose particulièrement compacte et dont les mouvements permis par la compacité de la tête permettent d'utiliser le rouleau, bien que rigide, pour le bobinage de fond bombés de réservoirs à corps cylindriques.

30

Bien que particulièrement adapté à la dépose de fibres imprégnées de résine thermoplastique, le rouleau de l'invention peut être mis en œuvre pour le dépôt de fibres imprégnées d'une résine thermodurcissable.

RE V E N D I C A T I O N S

- 1- Rouleau (10) de compactage de tête de dépose (100) de fibres préimprégnées de résine thermoplastique constitué d'un cylindre de diamètre extérieur D1, de longueur E et comportant suivant un axe du cylindre un évidement axial de diamètre D2, caractérisé en ce que le rouleau est formé en un matériau
- 5 présentant :
- une résistance à la compression égale ou supérieure à 20 N/mm² entre une température de 0°C et une température de 500°C ;
 - un coefficient d'absorption optique inférieure à 0,2 / dm, à une température comprise entre 0°C et 500°C, dans au moins une plage de longueurs d'ondes
- 10 compatible avec une émission d'un laser de puissance de chauffage.
- 2 - Rouleau suivant la revendication 1 dans lequel le matériau a en outre un coefficient de diffusivité thermique égal ou supérieur à 10E-5 m²/s, de préférence supérieur à 10E-4 m²/s.
- 15 3 - Rouleau suivant la revendication 1 ou la revendication 2 dans lequel le matériau a en outre un coefficient de conduction thermique égal ou supérieur à 50W / m.K.
- 20 4 - Rouleau suivant l'une des revendications précédentes dans lequel le matériau a un coefficient thermique de dilatation inférieur ou égal à 10E-5 par Kelvin.
- 5 - Rouleau suivant l'une des revendications précédentes dans lequel le matériau a une porosité inférieure ou égale à 0,5%.
- 25 6 - Rouleau suivant la revendication 5 dans lequel le matériau est un matériau céramique usinable.

- 7 - Rouleau suivant l'une des revendications 5 ou 6 dans lequel le matériau est un matériau céramique parmi les Nitrures d'Aluminium, , l'oxyde d'aluminium Al_2O_3 , les Carbures de Silicium SiC .
- 5 8 - Rouleau suivant la revendication 7 dans lequel le matériau est un Nitrure d'Aluminium usinable avec un coefficient d'absorption optique inférieur à 0,15 / m dans une plage de longueur d'un rayonnement optique de 900 nm à 1000 nm, à la température de 400°C.
- 10 9 - Rouleau suivant la revendication 8 dans lequel le matériau est un Nitrure d'Aluminium de conductivité thermique égale ou supérieure à 90 W/m.K.
- 10 - Tête de dépose (100) de fibres préimprégnées d'une résine thermoplastique pour la réalisation de pièces en matériaux composites, comportant au moins
- 15 un rouleau (10) conforme à l'une des revendications précédentes.

1/1

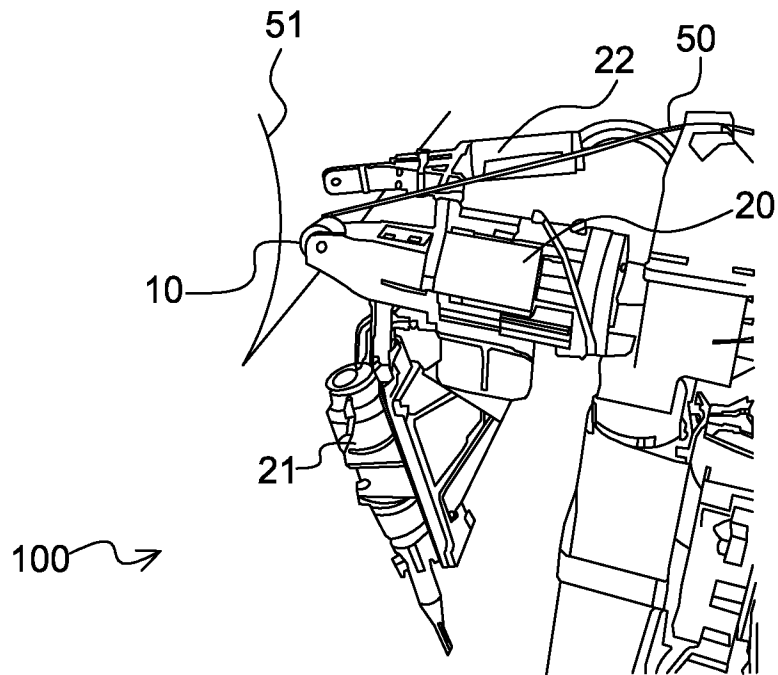


Fig.1

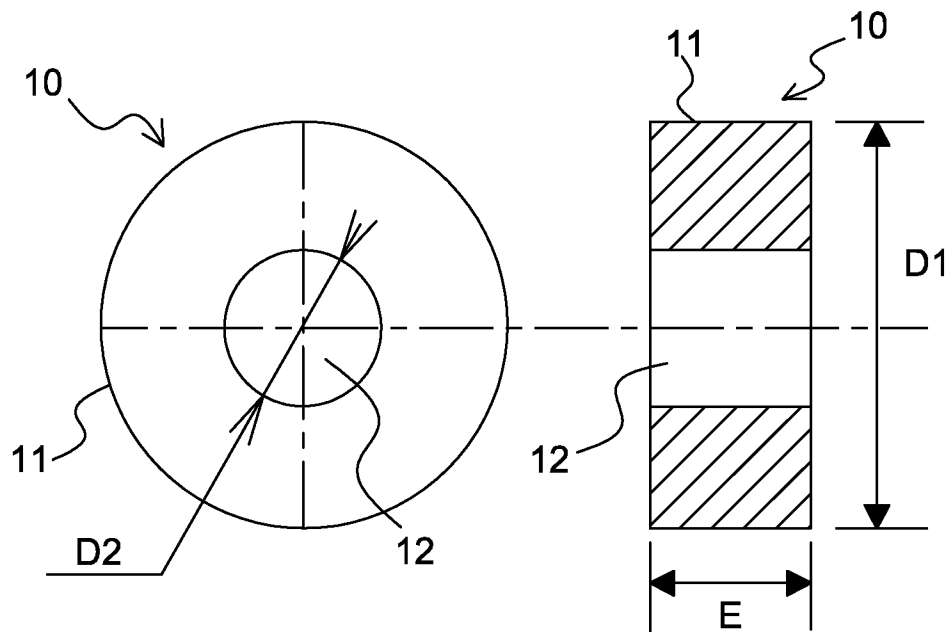


Fig.2a

Fig.2b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/066748

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV.	B29C70/38 B65G39/00	B65H27/00 B65H57/14 B21B27/00 F16C13/00
ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B29C F16C B32B B65H B65G B21B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Ceramic Substrates: "Shapal-M Soft Machining", www.youtube.com 9 November 2010 (2010-11-09), XP002725068, Retrieved from the Internet: URL:http://www.youtube.com/watch?v=tXvrV9f4Klw [retrieved on 2014-05-27] the whole document	1-9
X	US 2012/073749 A1 (NAUMANN NIKO [DE]) 29 March 2012 (2012-03-29) cited in the application figure 1 page 2, paragraph [0018] ----- -/-	1,2,4,7, 10
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 2 October 2014		Date of mailing of the international search report 09/10/2014
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Gasner, Benoit

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/066748

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 990 213 A (BROWN CHRISTOPHER L [US] ET AL) 5 February 1991 (1991-02-05) column 7, lines 33-36 -----	10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/066748

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2012073749	A1	29-03-2012	CA 2752456 A1 19-08-2010
			CN 102317055 A 11-01-2012
			DE 102009009186 A1 09-09-2010
			EP 2396163 A1 21-12-2011
			JP 2012517366 A 02-08-2012
			US 2012073749 A1 29-03-2012
			WO 2010091997 A1 19-08-2010

US 4990213	A	05-02-1991	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2014/066748

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B29C70/38 B65H27/00 B65H57/14 B21B27/00 F16C13/00 B65G39/00 ADD. Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB											
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B29C F16C B32B B65H B65G B21B Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data											
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS <table border="1"> <thead> <tr> <th>Catégorie*</th> <th>Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents</th> <th>no. des revendications visées</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td> Ceramic Substrates: "Shapal-M Soft Machining", www.youtube.com 9 novembre 2010 (2010-11-09), XP002725068, Extrait de l'Internet: URL: http://www.youtube.com/watch?v=tXvrV9f4Klw [extrait le 2014-05-27] le document en entier ----- </td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td> US 2012/073749 A1 (NAUMANN NIKO [DE]) 29 mars 2012 (2012-03-29) cité dans la demande figure 1 page 2, alinéa [0018] ----- -/- </td> <td>1,2,4,7, 10</td> </tr> </tbody> </table>			Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées	X	Ceramic Substrates: "Shapal-M Soft Machining", www.youtube.com 9 novembre 2010 (2010-11-09), XP002725068, Extrait de l'Internet: URL: http://www.youtube.com/watch?v=tXvrV9f4Klw [extrait le 2014-05-27] le document en entier -----	1-9	X	US 2012/073749 A1 (NAUMANN NIKO [DE]) 29 mars 2012 (2012-03-29) cité dans la demande figure 1 page 2, alinéa [0018] ----- -/-	1,2,4,7, 10
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées									
X	Ceramic Substrates: "Shapal-M Soft Machining", www.youtube.com 9 novembre 2010 (2010-11-09), XP002725068, Extrait de l'Internet: URL: http://www.youtube.com/watch?v=tXvrV9f4Klw [extrait le 2014-05-27] le document en entier -----	1-9									
X	US 2012/073749 A1 (NAUMANN NIKO [DE]) 29 mars 2012 (2012-03-29) cité dans la demande figure 1 page 2, alinéa [0018] ----- -/-	1,2,4,7, 10									
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe											
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets											
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 2 octobre 2014		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 09/10/2014									
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Gasner, Benoit									

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 4 990 213 A (BROWN CHRISTOPHER L [US] ET AL) 5 février 1991 (1991-02-05) colonne 7, ligne 33-36 -----	10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2014/066748

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2012073749 A1	29-03-2012	CA 2752456 A1	19-08-2010
		CN 102317055 A	11-01-2012
		DE 102009009186 A1	09-09-2010
		EP 2396163 A1	21-12-2011
		JP 2012517366 A	02-08-2012
		US 2012073749 A1	29-03-2012
		WO 2010091997 A1	19-08-2010

US 4990213 A	05-02-1991	AUCUN	
