



(51) Classification internationale des brevets :
B22F 7/00 (2006.01) **G04B 37/22** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2016/067292

(22) Date de dépôt international :
20 juillet 2016 (20.07.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
15178288.5 24 juillet 2015 (24.07.2015) EP

(71) Déposant : THE SWATCH GROUP RESEARCH AND
DEVELOPMENT LTD [CH/CH]; Rue des Sors 3, 2074
Marin (CH).

(72) Inventeurs : DUBACH, Alban; Hans-Hugi-Strasse 6,
2502 Bienne (CH). WINKLER, Yves; Buchenweg 20,
3185 Schmitten (CH).

(74) Mandataire : ICB INGÉNIEURS CONSEILS EN BRE-
VETS SA; Fbg de l'Hôpital 3, 2001 Neuchâtel (CH).

(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, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, 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).

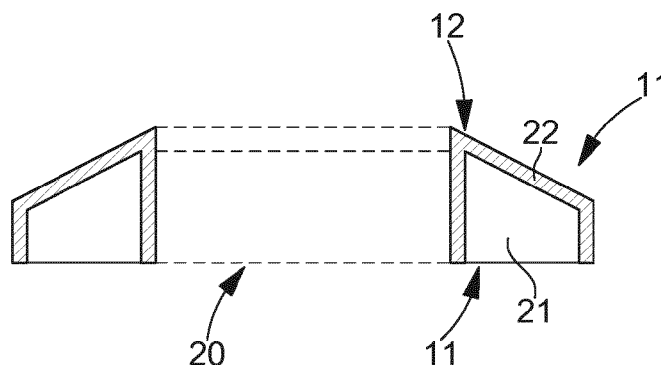
Publiée :

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

(54) Title : METHOD FOR COATING A WORKPIECE

(54) Titre : METHODE DE REVETEMENT DE PIECE

Fig. 1



(57) Abstract : The invention relates to a device (10) comprising a first part (11) made of a first material and a second part (12) made of a second material. A second workpiece extends from one of the sides of the first part and is made of an amorphous material.

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif (10) comprenant une première partie (11) réalisée dans un premier matériau et une seconde partie (12) réalisée dans un second matériau, la seconde pièce s'étend depuis l'une des faces de la première partie et est réalisée en un matériau amorphe.

METHODE DE REVETEMENT DE PIECE

La présente invention concerne un dispositif comprenant une première pièce réalisée dans un premier matériau et au moins une seconde pièce réalisée dans un second matériau, caractérisé en ce que la seconde pièce
5 est réalisée en une mousse et assemblée à la première pièce.

Le domaine technique de l'invention est le domaine de la mécanique fine.

ARRIERE PLAN TECHNOLOGIQUE

Il existe de nombreuses méthodes pour réaliser un revêtement d'une
10 première pièce. Les méthodes connues consistent à généralement déposer une couche du matériau voulu par électrodéposition.

Toutefois, cette électrodéposition présente l'inconvénient de ne permettre le dépôt que de revêtements de faibles épaisseurs ce qui se traduit par une faible résistance aux chocs.

15 Les chocs appliqués à la dite pièce entraînent alors un marquage du revêtement diminuant l'aspect esthétique de la pièce et dégradant les performances du revêtement.

Une autre solution consiste à utiliser une feuille métallique et à fixer cette feuille métallique sur la pièce à revêtir faisant office de support. La
20 fixation se fait par collage ou soudage ou brasage ou insertion à force.

Un inconvénient à cette méthode est que qu'elle ne convient pas pour des matériaux qui sont fragiles du type silicium.

RESUME DE L'INVENTION

L'invention a pour but de pallier les inconvénients de l'art antérieur en proposant de fournir un procédé pour revêtir une pièce de façon simple et sûre sans limitation quant à la nature des pièces fixées ensemble.

5 A cet effet, l'invention concerne un procédé de fabrication d'une pièce composée d'une première partie réalisée en un premier matériau et d'une seconde partie réalisée en un second matériau, caractérisé en ce que ledit procédé comprend en outre les étapes suivantes :

 - se munir d'une préforme réalisée avec le second matériau, ledit
10 second matériau étant un matériau métallique au moins partiellement amorphe apte à devenir une mousse sous des conditions de température et de pression;

 - se munir de ladite première partie et placer ladite première partie et la préforme entre deux matrices ayant la forme négative de la pièce à
15 fabriquer;

 - chauffer l'ensemble à une température comprise entre la température de transition vitreuse T_g et la température de cristallisation T_x de la préforme afin de permettre, au plus tard lors de cette étape, à la préforme de se présenter sous la forme d'une mousse et de permettre une expansion de
20 ladite préforme afin de remplir la forme négative du dispositif et former ladite pièce

 - refroidir l'ensemble pour solidifier la préforme et séparer le dispositif des matrices.

 Dans un premier mode de réalisation de l'invention, l'expansion de la
25 préforme est utilisée pour former une pièce revêtue.

 Dans un second mode de réalisation de l'invention, l'expansion de la préforme est utilisée pour former une pièce bi-matière.

Dans un troisième mode de réalisation de l'invention, la première partie est munie d'au moins une cavité dans laquelle la mousse métallique amorphe formant la seconde pièce s'étend.

5 Dans un quatrième mode de réalisation de l'invention, la première partie est munie d'au moins une protubérance (15) autour de laquelle la mousse métallique amorphe formant la seconde pièce s'étend.

Dans un cinquième mode de réalisation de l'invention, la première partie est munie de structurations (14) permettant une meilleure accroche de la seconde partie.

10 Dans un autre mode de réalisation de l'invention, le procédé comprend une étape préliminaire de fabrication d'une préforme en mousse d'alliage métallique au moins partiellement amorphe.

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, l'expansion de la mousse est contrôlée par la température, plus la température est élevée et
15 plus l'expansion est importante.

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, l'expansion de la mousse dépend de la densité de gaz dans la mousse, plus le volume de gaz emprisonné est grand est plus l'expansion sera grande.

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, l'expansion est
20 réalisée en ayant la pression dans la mousse supérieure à celle de l'atmosphère.

L'invention concerne également un dispositif comprenant une première partie réalisée dans un premier matériau et une seconde partie réalisée dans un second matériau, caractérisé en ce que la seconde pièce
25 s'étend depuis l'une des faces de la première partie et est réalisée en une mousse d'alliage métallique au moins partiellement amorphe.

Dans un premier mode de réalisation de l'invention, la seconde pièce est un revêtement.

- 4 -

Dans un second mode de réalisation de l'invention, la seconde pièce permet de former une pièce bi-matière.

Dans un troisième mode de réalisation de l'invention, la première pièce est munie d'au moins une cavité dans laquelle la mousse métallique amorphe
5 formant la seconde pièce s'étend.

Dans un quatrième mode de réalisation de l'invention, la première pièce est munie d'au moins une protubérance autour de laquelle la mousse métallique amorphe formant la seconde pièce s'étend.

Dans un cinquième mode de réalisation de l'invention, la première
10 pièce est munie de structurations dans laquelle la mousse métallique amorphe formant la seconde pièce s'étend.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

Les buts, avantages et caractéristiques du procédé selon la présente
15 invention apparaîtront plus clairement dans la description détaillée suivante d'au moins une forme de réalisation de l'invention donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et illustrée par les dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente de manière schématique un dispositif selon un premier mode de réalisation de l'invention;
- 20 - les figures 2 à 4 représentent de manière schématique le procédé d'assemblage d'un dispositif selon un premier mode de réalisation de l'invention;
- les figures 5 et 6 représentent de manière schématique une variante du dispositif selon le premier mode de réalisation de l'invention;
- 25 - les figures 7 à 9 représentent de manière schématique différents modes de réalisation de l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE

La présente invention concerne un dispositif et son procédé d'assemblage, le dispositif comprenant une première pièce et au moins une
5 seconde pièce.

Dans un premier mode de réalisation de l'invention visible à la figure 1, le dispositif 10 comprend une première partie 11 et une seconde partie 12. La première partie 11 est réalisée dans un premier matériau alors que la seconde partie 12 est réalisée dans un second matériau.

10 Avantageusement selon ce premier mode de réalisation, la première partie ou la seconde partie est réalisée sous la forme d'une mousse métallique au moins partiellement amorphe comprenant au moins un élément métallique tel qu'un alliage métallique au moins partiellement amorphe.

Cet élément métallique peut être un élément métallique classique tel
15 que le fer, le nickel, le zirconium, ou précieux tel que l'or, le platine, le palladium, le rhénium, le ruthénium, le rhodium, l'argent, l'iridium ou l'osmium. On comprendra par matériau au moins partiellement amorphe que le matériau est apte à se solidifier au moins partiellement en phase amorphe, c'est-à-dire qu'il est soumis à une montée en température au-dessus de sa
20 température de fusion lui permettant de perdre localement toute structure cristalline, ladite montée étant suivie d'un refroidissement à une température inférieure à sa température de transition vitreuse lui permettant de devenir au moins partiellement amorphe.

Une telle mousse peut être réalisée en utilisant différentes techniques.
25 Une première méthode consiste à se munir d'un alliage et de le faire chauffer jusqu'à lui faire atteindre un état liquide. A ce moment-là, des bulles de gaz sont injectées dans ledit alliage se trouvant à l'état liquide. Cette injection de bulles de gaz intervient avant une étape de refroidissement rapide. Cette

étape de refroidissement rapide est opérée pour solidifier ledit alliage tout en emprisonnant les bulles de gaz.

Une seconde méthode pour réaliser une telle mousse consiste à se munir d'un alliage et de le faire chauffer jusqu'à lui faire atteindre un état
5 liquide. A ce moment-là, des agents chimiques sont injectés dans ledit alliage se trouvant à l'état liquide. Ces agents chimiques sont des agents libérateurs de gaz de sorte que ces derniers, sous certaines conditions, libèrent des gaz. Ces agents chimiques ou précurseurs peuvent être par exemple des hydrides de titane ou de zirconium. Cette libération de gaz intervient avant une étape
10 de refroidissement rapide. Cette étape de refroidissement rapide est opérée pour solidifier ledit alliage tout en emprisonnant les bulles de gaz.

Une variante de cette seconde méthode consiste à fournir un matériau apte à devenir une mousse afin d'obtenir un matériau qui ne devient une mousse métallique amorphe qu'au moment de sa mise en forme. En effet,
15 les agents chimiques utilisés sont des agents libérateurs qui libèrent des gaz sous certaines conditions de température et de pression. Ainsi, en augmentant la pression lors du refroidissement, la libération du gaz est contenue. Lors de la mise en forme, l'augmentation de température permet la libération du gaz et donc la transformation du matériau en mousse.

20 Une troisième méthode pour réaliser une mousse en métal amorphe consiste en des dépôts successifs de couches de poudre, chaque couche de poudre étant frittée localement par un faisceau laser ou à électron. Ce frittage local permet ainsi, au niveau de chaque couche de poudre, de créer les pores qui permettront de former la mousse.

25 Cela permet avantageusement de réaliser des pièces revêtues ou des pièces bi-matière, la seconde partie 12 est alors un revêtement ou une partie intégrante de la première partie 11.

En effet, il peut être utile, pour des pièces en matériaux fragiles comme le silicium, d'avoir des parties revêtues ou réalisées dans un matériau plus
30 résistant ou présentant des propriétés mécaniques plus favorables ou

carrément d'avoir une partie entière de la pièce qui est réalisée dans un autre matériau. Ce mode de réalisation permet également de simplement réaliser la seconde pièce et son assemblage à la première pièce lors d'un seul processus.

5 Dans le cas où une pièce est revêtue avec la mousse métallique amorphe, on considérera l'exemple d'une lunette 21 faisant office de première partie 11, revêtue par une couche 22 en mousse faisant office de seconde partie 12 formant une pièce revêtue 20 qui est le dispositif 10 final comme visible à la figure 1. Le premier matériau peut être un matériau
10 classiquement utilisé comme l'acier, le laiton, l'aluminium ou le titane mais il peut être également un matériau dit fragile. On entend par matériau fragile un matériau qui n'a pas de domaine plastique exploitable comme par exemple le quartz, le rubis, le saphir, le verre, le silicium, la graphite, le carbone ou une céramique telle que le nitrure de silicium et le carbure de
15 silicium ou un composite de type cermet.

Le procédé consiste, dans une première étape, à se munir d'une préforme 23 de mousse en métal amorphe.

Une seconde étape consiste à se munir de la partie à revêtir, ici la lunette 21, et de la placer dans un moule 24 pouvant être des matrices 24a,
20 24b ayant la forme négative de la pièce revêtue comme visible à la figure 2. Ce moule peut être formé de deux matrices. La préforme 23 est également placée dans le moule.

Par exemple, si on désire revêtir la totalité de la surface d'une lunette ou d'un rouage avec une couche de mousse métallique amorphe de 0,1
25 millimètre, le moule aura la forme du rouage ou de la lunette et des dimensions égales aux dimensions du rouage auxquels sont ajoutés les 0,1 millimètre de la couche. Il existe donc un espace 25 à remplir.

Dans une troisième étape, une étape de chauffage est réalisée. Cette étape de chauffage consiste à chauffer l'ensemble à une température
30 comprise entre la température de transition vitreuse T_g et la température de

cristallisation T_x de la préforme. A cette température, les métaux amorphes ont une viscosité qui diminue fortement, la diminution de la viscosité étant dépendante de la température: plus la température est élevée, plus la viscosité diminue. Cette viscosité permet au métal amorphe, lorsqu'il est
5 soumis à une contrainte, de s'insérer dans tous les recoins d'un moule.

Cette élévation de la température permet également de chauffer les bulles de gaz présentes dans la préforme en mousse. Or, un gaz chauffé entre en expansion de sorte qu'il occupera un volume plus important. Etant donné que le métal amorphe de la mousse se trouve dans un état dit
10 visqueux, cette expansion du gaz provoque une expansion de la préforme en mousse, cette préforme se met à gonfler comme visible à la figure 3. Par conséquent, le volume pris par la préforme augmente. Cette augmentation du volume de la préforme associée aux caractéristiques de mise en forme des métaux amorphes entraîne le remplissage du moule comme visible à la
15 figure 4.

Pour permettre l'expansion de la préforme en mousse de métal amorphe, il est nécessaire que la pression dans le négatif soit inférieure à la pression du gaz à l'intérieur de la préforme sinon il ne peut y avoir d'expansion. Dans le cas d'un moule étanche, il pourra être astucieusement
20 prévu de mettre la cavité formée par les deux matrices sous vide. Dans le cas où les deux matrices forment un moule non étanche, il sera prévu que l'enceinte dans laquelle se trouve le moule soit mise sous vide ou à une pression suffisamment inférieure à la pression du gaz.

De même, pour éviter que la contrainte exercée par l'expansion de la
25 préforme n'entraîne une désolidarisation des deux matrices du moule, ces deux matrices peuvent être fixées entre elles via des moyens de fixation comme des vis ou simplement en exerçant sur elles une pression.

Il est possible d'avoir un moussage avec une viscosité maîtrisable, c'est-à-dire qu'en ajustant la température entre T_g et T_x , on peut modifier la
30 viscosité de l'alliage pour que l'expansion soit plus ou moins rapide.

Comme la température de transition vitreuse T_g et la température de cristallisation T_x sont plus basses que la température de fusion de ladite mousse, cela permet d'assembler des pièces avec des températures de fusion plus basses que la température de fusion de la mousse métallique.

5 Enfin, étant donné qu'on ne dépasse pas la température de fusion de la mousse, la liaison reste purement mécanique et aucune soudage se fait, c'est-à-dire il y a aucun risque de créer des phases non-voulues (p.ex. intermétalliques fragiles).

Une fois que l'expansion de la préforme est réalisée, une étape de
10 refroidissement est opérée. Cette étape de refroidissement est faite pour figer la préforme en mousse de métal amorphe et former la pièce intermédiaire. Le dispositif est alors séparé des matrices pour obtenir le dispositif de la figure 1.

Dans le cas où une pièce est bi-matière, on comprendra que la pièce
15 finale est composée d'une première partie 11 dans un matériau quelconque et d'une seconde partie 12 en mousse métallique amorphe. Le procédé consiste, dans une première étape, à se munir d'une préforme de mousse en métal amorphe. Par exemple, il peut s'agir d'une lunette bi-matière constituée d'une base 31 faisant office de première partie 11 sur une seconde partie 12
20 en un second matériau. Cette seconde partie 12 forme alors une coque extérieure 32 de la lunette comme visible à la figure 5.

Dans un autre exemple, la pièce finale 10 pourra être un axe 41 dont les tigeons 42 sont réalisés dans un second matériau comme visible à la figure 6.

25 Dans ces deux exemples, on comprendra que la première partie ou la seconde partie peuvent être en mousse métallique amorphe.

Ces deux exemples mettent en lumière l'avantage d'une pièce bi-matière qui est de pouvoir sélectionner le matériau suivant l'utilisation qui en est faite.

Une seconde étape consiste à se munir de la première partie 11 de la pièce bi-matière et de la placer dans un moule ayant la forme et les dimensions de la pièce finale.

5 Dans cette seconde étape, la préforme est également placée dans le moule. La préforme présente une forme similaire à celle de la deuxième partie.

Dans une troisième étape, une étape de chauffage est réalisée. Cette étape de chauffage consiste à chauffer l'ensemble à une température comprise entre la température de transition vitreuse T_g et la température de cristallisation T_x de la préforme. A cette température, les métaux amorphes
10 ont une viscosité qui diminue fortement, la diminution de la viscosité étant dépendante de la température : plus la température est élevée, plus la viscosité diminue. Cette viscosité permet au métal amorphe de s'insérer dans tous les recoins d'un moule. Cette élévation de la température permet
15 également de chauffer les bulles de gaz présentent dans la préforme en mousse.

Or, un gaz chauffé entre en expansion de sorte qu'il occupera un volume plus important. Etant donné que le métal amorphe de la mousse se trouve dans un état dit visqueux, cette expansion du gaz provoque une
20 expansion de la préforme en mousse, cette préforme se met à gonfler. Par conséquent, le volume pris par la préforme augmente. Cette augmentation du volume de la préforme associée aux caractéristiques de mise en forme des métaux amorphes entraîne le remplissage du moule c'est à dire le remplissage de l'espace dédié à la seconde partie de la pièce finale.

25 Une fois que l'expansion de la préforme est réalisée, une étape de refroidissement est opérée. Cette étape de refroidissement est faite pour figer la préforme en mousse de métal amorphe et former la pièce intermédiaire.

Dans une variante de ce premier mode de réalisation visible à la figure 7, il est envisageable que la première pièce 11 de la pièce finale soit munie
30 d'une cavité 13. Cette cavité 13 est utilisée pour améliorer la liaison entre la

première pièce 31 et la seconde pièce 32 dans les cas où la seconde pièce 32 est un revêtement ou est utilisée pour former une pièce bi-matière. La réalisation d'une cavité 13 permet, lors de la fabrication, à la mousse métallique amorphe de s'y étendre pour renforcer la liaison entre la première

5 pièce et la seconde pièce.

Cette cavité peut être munie ou être remplacée selon les cas par des structurations 14 qui augmentent la rugosité et donc l'accroche comme visible à la figure 8.

Dans une alternative de la première variante du premier mode de

10 réalisation, la cavité est agencée pour avoir une forme telle que sa surface n'est pas constante. Cela signifie que la cavité ne présente pas un profil constant en fonction de la profondeur. Idéalement, il sera prévu que le profil de la cavité s'élargisse en fonction de la profondeur de sorte à créer une retenue naturelle.

15 Dans une variante du procédé des différents modes de réalisation, la préforme ne devient une mousse que lors de la troisième étape. En effet, lorsque la mousse utilise des agents chimiques précurseurs qui libèrent du gaz sous l'effet d'une température, il a été précédemment décrit que l'on pouvait refroidir l'alliage contenant ces agents chimiques précurseurs avant

20 qu'ils ne libèrent le gaz permettant d'obtenir une préforme ne se présentant pas sous la forme d'une mousse.

Cette possibilité permet d'avoir un procédé dans lequel l'étape de transformation de la préforme en mousse et l'étape d'expansion de ladite mousse ont lieu en même temps. Cela est rendu possible car la libération du

25 gaz par les agents chimiques précurseurs et l'expansion de la mousse se produisent lorsque le matériau est chauffé.

Par conséquent, le procédé consiste à se munir de la préforme ne se présentant pas sous la forme d'une mousse et de la placer dans le moule. Le tout est alors chauffé à une température permettant aux agents chimiques

précurseurs de libérer du gaz, cette température permettant également aux gaz de se dilater et d'entraîner une expansion du matériau

Dans les différents modes de réalisation, le contrôle de l'expansion de la préforme en mousse métallique amorphe peut se faire de plusieurs façons.

5 Une première solution consiste à modifier la densité des bulles de gaz lors de la fabrication de la mousse. Une méthode de fabrication de mousse en métal amorphe consiste à injecter des bulles de gaz dans le métal en fusion et à le refroidir pour emprisonner ces bulles. L'injection de bulles de gaz peut être contrôlée pour qu'elles soient réparties de façon plus ou moins
10 homogène et plus ou moins dense. On comprendra alors que plus la densité des bulles de gaz est grande et plus le volume de gaz enfermé dans la mousse est important. Or, plus le volume de gaz enfermé est important et plus l'expansion sera grande du fait de la dilatation du gaz durant l'étape de chauffage.

15 Une seconde solution consiste à contrôler l'expansion de la mousse métallique amorphe en modifiant la température de l'étape de chauffage. Effectivement, lorsqu'un gaz est soumis à un réchauffement, la quantité de mouvement des particules qui le composent augmente. À volume constant, cela se traduit par une augmentation de la pression, car le nombre de chocs
20 entre particules par unité de surface augmente. Si la pression doit rester constante, le volume du gaz doit alors augmenter, selon la loi des gaz parfaits. Par conséquent, en augmentant ou en diminuant la température de chauffage durant l'étape de chauffage, on fait varier le volume du gaz enfermé dans la mousse métallique amorphe et on modifie donc son
25 expansion.

Dans une troisième solution, le contrôle de l'expansion de la mousse métallique amorphe se fait par contrôle de l'atmosphère dans l'enceinte de chauffage du second mode de réalisation ou dans la cavité du moule dans le premier mode de réalisation. Cette solution part du principe que l'expansion
30 est possible à partir du moment où la pression du gaz enfermé dans la

mousse métallique amorphe est supérieure à celle de l'atmosphère extérieure à la mousse. L'idéal est que l'atmosphère extérieure soit proche du vide de sorte à favoriser au maximum l'expansion de la mousse. De ce fait, en ajustant la pression extérieure, l'amplitude de l'expansion de ladite

5 mousse est ajustée sachant que plus la pression de l'atmosphère extérieure est importante et moins l'expansion sera importante.

On comprendra que diverses modifications et/ou améliorations et/ou combinaisons évidentes pour l'homme du métier peuvent être apportées aux différents modes de réalisation de l'invention exposée ci-dessus sans sortir

10 du cadre de l'invention définie par les revendications annexées.

Bien entendu, il est envisageable que les cavités puissent être remplacées ou complétées avec des protubérances 15 comme visibles à la figure 9. Ces protubérances sont les négatifs des cavités et ont la même fonction. On entend par là que la mousse métallique amorphe est mise en

15 forme de sorte à pouvoir envelopper cette ou ces protubérances et améliorer la solidarisation entre la première partie et la seconde partie.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une pièce (10) composée d'une première partie (11) réalisée en un premier matériau et d'une seconde partie (12) réalisée en un second matériau, caractérisé en ce que ledit procédé
5 comprend en outre les étapes suivantes :

- se munir d'une préforme réalisée avec le second matériau, ledit second matériau étant un matériau métallique au moins partiellement amorphe apte à augmenter son volume sous des conditions de température et de pression;

10 - se munir de ladite première partie et placer ladite première partie et la préforme entre deux matrices ayant la forme négative de la pièce à fabriquer;

- chauffer l'ensemble à une température comprise entre la température de transition vitreuse T_g et la température de cristallisation T_x de la préforme
15 afin de permettre, au plus tard lors de cette étape, à la préforme de former une mousse métallique au moins partiellement amorphe et de permettre une expansion de ladite préforme afin de remplir la forme négative du dispositif et former ladite pièce;

- refroidir l'ensemble pour solidifier la préforme pour garder l'état de
20 mousse métallique au moins partiellement amorphe et séparer le dispositif des matrices.

2. Procédé de fabrication selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'expansion de la préforme est utilisée pour former une pièce revêtue.

3. Procédé de fabrication selon la revendication 1, caractérisé en ce
25 que l'expansion de la préforme est utilisée pour former une pièce bi-matière.

4. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la première partie est munie d'au moins une cavité (13)

dans laquelle la mousse métallique amorphe formant la seconde pièce s'étend.

5 5. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la première partie est munie d'au moins une protubérance (15) autour de laquelle la mousse métallique amorphe formant la seconde pièce s'étend.

6. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la première partie est munie de structurations (14) permettant une meilleure accroche de la seconde partie.

10 7 Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une étape préliminaire de fabrication d'une préforme en mousse d'alliage métallique au moins partiellement amorphe.

15 8. Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'expansion de la mousse est contrôlée par la température, plus la température est élevée et plus l'expansion est importante.

9. Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'expansion de la mousse dépend de la densité de gaz dans la mousse, plus le volume de gaz emprisonné est grand et plus l'expansion sera grande.

10. Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'expansion est réalisé en ayant la pression dans la mousse supérieure à celle de la pression ambiante.

25 11. Dispositif (10) comprenant une première partie (11) réalisée dans un premier matériau et une seconde partie (12) réalisée dans un second matériau, caractérisé en ce que la seconde pièce s'étend depuis l'une des faces de la première partie et est réalisée en une mousse d'alliage métallique au moins partiellement amorphe.

- 16 -

12. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce que la seconde pièce est un revêtement.

13. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce que la seconde pièce permet de former une pièce bi-matière.

5 14. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 13, caractérisé en ce que la première pièce est munie d'au moins une cavité dans laquelle la mousse métallique amorphe formant la seconde pièce s'étend.

15. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 14, caractérisé en ce que la première pièce est munie d'au moins une protubérance autour de
10 laquelle la mousse métallique amorphe formant la seconde pièce s'étend.

16. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 15, caractérisé en ce que la première pièce est munie de structurations dans laquelle la mousse métallique amorphe formant la seconde pièce s'étend.

Fig. 1

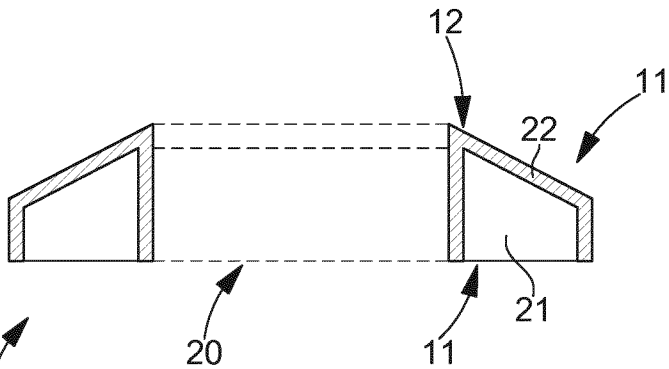


Fig. 2

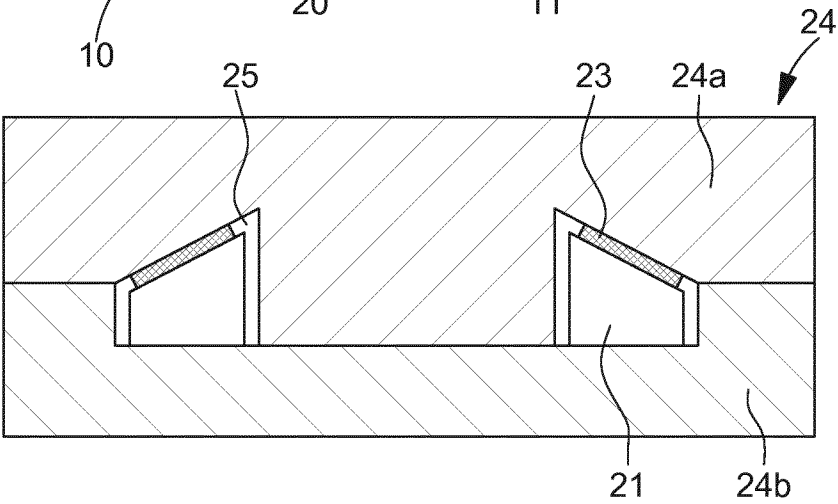


Fig. 3

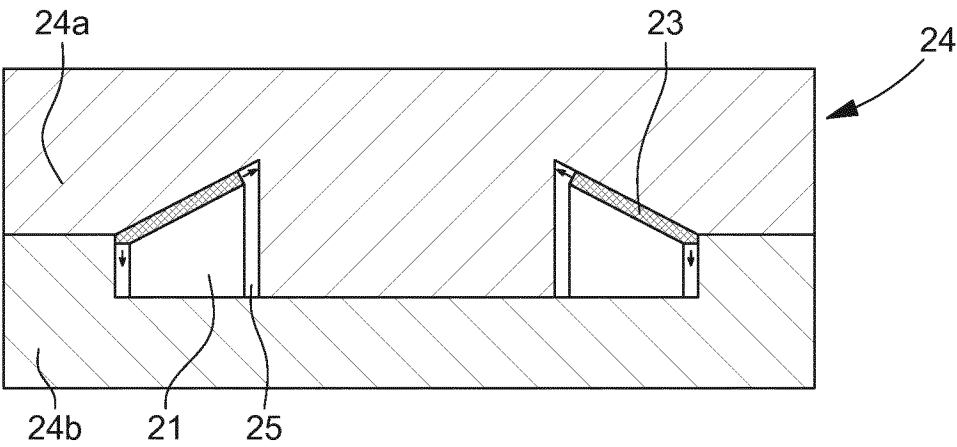


Fig. 4

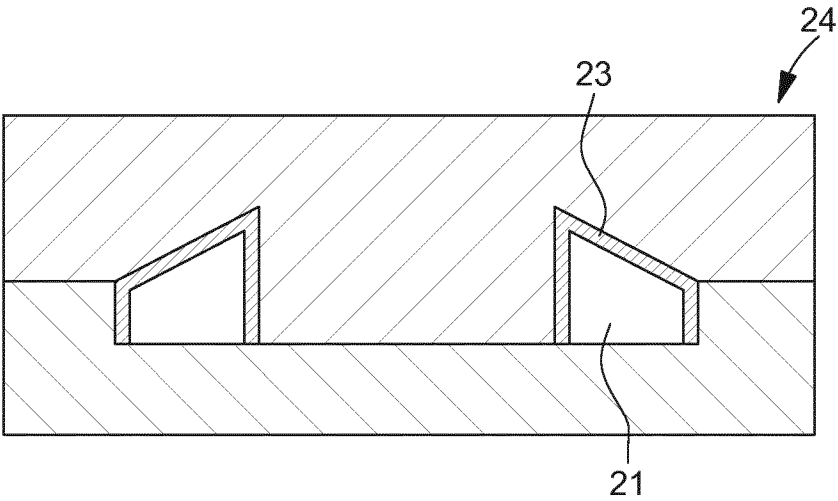


Fig. 5

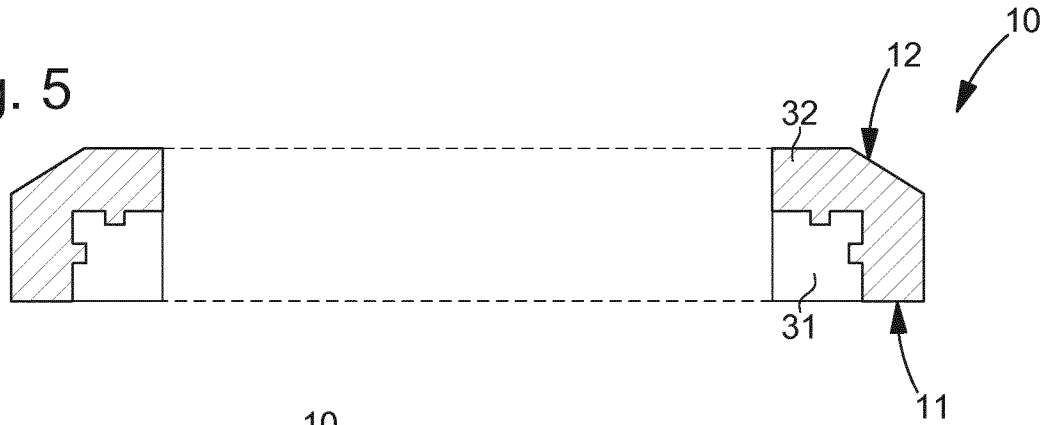


Fig. 7

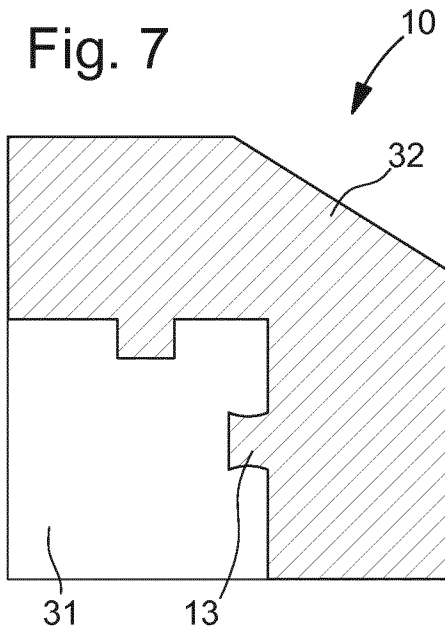


Fig. 6

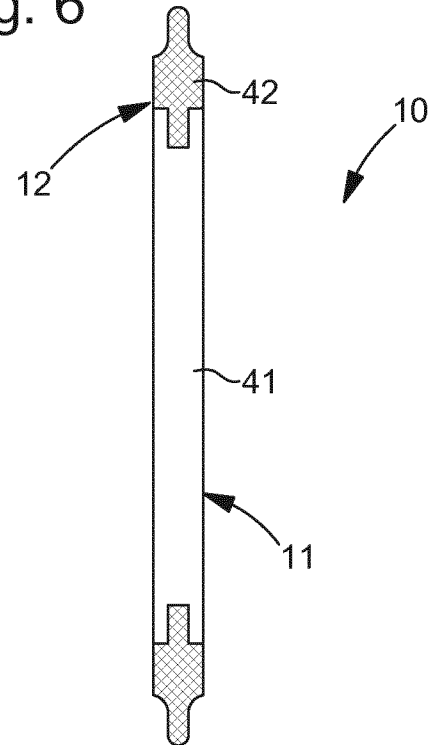


Fig. 8

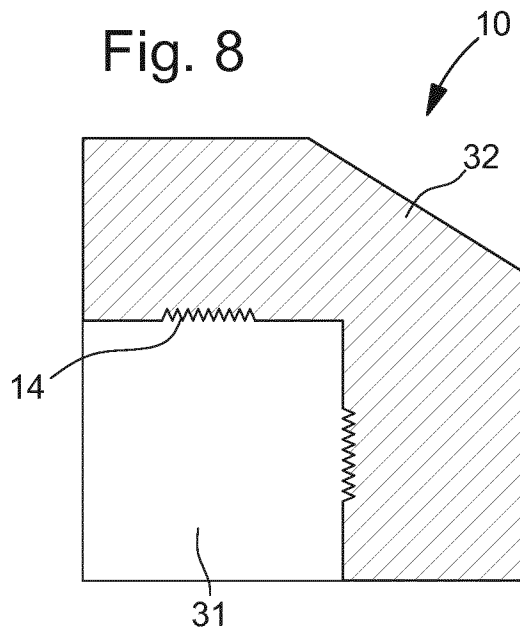
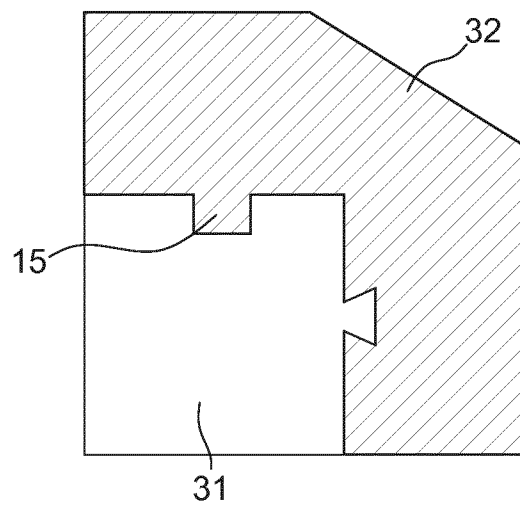


Fig. 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/067292

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B22F7/00 G04B37/22
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)
B22F G04B

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 A	US 2007/290339 A1 (SUH DAEWOONG [US] ET AL) 20 December 2007 (2007-12-20) paragraphs [0016], [0030] - [0032]; figures 1,2,3,4	11,14 1-10,12, 13,15,16
X A	US 2007/048164 A1 (DEMETRIOU MARIOS [US] ET AL) 1 March 2007 (2007-03-01) paragraph [0047]; figure 2	11,13 1-10,12, 14-16
A	EP 1 677 332 A2 (PATENT TREUHAND GES FUER ELEKTRISCHE GLUEHLAMPEN MBH [DE]) 5 July 2006 (2006-07-05) paragraphs [0050] - [0064]; figures 3-8 ----- -/-	1-16



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

28 October 2016

Date of mailing of the international search report

09/11/2016

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

Zuccatti, Stefano

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/067292

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 199 12 618 A1 (MELEGHY HYDROFORMING GMBH & CO [DE]) 28 September 2000 (2000-09-28) figures 1,2,3 column 1, line 61 - column 2, line 9 column 2, line 32 - column 3, line 3 -----	1-16
A	DE 10 2008 060234 A1 (MANN & HUMMEL GMBH [DE]) 10 June 2010 (2010-06-10) abstract paragraphs [0017] - [0019]; figures 1,2,3,5,6a,6b -----	1-16
A	DE 199 08 867 A1 (HUEBLER ARVED [DE]) 7 September 2000 (2000-09-07) abstract column 9, line 49 - line 61; figures 1-3, 7, 8 -----	11-16
A	DE 199 28 997 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 4 January 2001 (2001-01-04) sentence 62, paragraph 6 - sentence 66; figures 1-4 -----	11-13
A	EP 2 835 698 A1 (SWATCH GROUP RES & DEV LTD [CH]) 11 February 2015 (2015-02-11) paragraphs [0032] - [0034]; figures 2-6 -----	1-16
A	CH 352 966 A (EMIR S A [CH]) 15 March 1961 (1961-03-15) page 1, lines 10-19; figure 1 -----	1-16
A	EP 2 725 000 A1 (SWATCH GROUP RES & DEV LTD [CH]) 30 April 2014 (2014-04-30) paragraphs [0025] - [0033]; figures 7-10 -----	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/067292

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 2007290339	A1	20-12-2007	CN	101473424 A	01-07-2009
			CN	104681521 A	03-06-2015
			JP	4947817 B2	06-06-2012
			JP	5182682 B2	17-04-2013
			JP	2009533886 A	17-09-2009
			JP	2012164984 A	30-08-2012
			KR	20090019852 A	25-02-2009
			TW	200818431 A	16-04-2008
			US	2007290339 A1	20-12-2007
			WO	2007149737 A2	27-12-2007

US 2007048164	A1	01-03-2007	NONE		

EP 1677332	A2	05-07-2006	CA	2531611 A1	29-06-2006
			CN	1870206 A	29-11-2006
			DE	102005001949 A1	13-07-2006
			EP	1677332 A2	05-07-2006
			JP	2006190677 A	20-07-2006
			KR	20060076232 A	04-07-2006
			US	2006141894 A1	29-06-2006

DE 19912618	A1	28-09-2000	NONE		

DE 102008060234	A1	10-06-2010	NONE		

DE 19908867	A1	07-09-2000	NONE		

DE 19928997	A1	04-01-2001	NONE		

EP 2835698	A1	11-02-2015	EP	2835698 A1	11-02-2015
			WO	2015018718 A1	12-02-2015

CH 352966	A	15-03-1961	NONE		

EP 2725000	A1	30-04-2014	CN	103771907 A	07-05-2014
			EP	2725000 A1	30-04-2014
			JP	5766765 B2	19-08-2015
			JP	2014085355 A	12-05-2014
			US	2014112112 A1	24-04-2014

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2016/067292

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. B22F7/00 G04B37/22
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)
B22F G04B

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

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X A	US 2007/290339 A1 (SUH DAEWOONG [US] ET AL) 20 décembre 2007 (2007-12-20) alinéas [0016], [0030] - [0032]; figures 1,2,3,4	11,14 1-10,12, 13,15,16
X A	US 2007/048164 A1 (DEMETRIOU MARIOS [US] ET AL) 1 mars 2007 (2007-03-01) alinéa [0047]; figure 2	11,13 1-10,12, 14-16
A	EP 1 677 332 A2 (PATENT TREUHAND GES FUER ELEKTRISCHE GLUEHLAMPEN MBH [DE]) 5 juillet 2006 (2006-07-05) alinéas [0050] - [0064]; figures 3-8 ----- -/-	1-16



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

28 octobre 2016

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

09/11/2016

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

Zuccatti, Stefano

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	DE 199 12 618 A1 (MELEGHY HYDROFORMING GMBH & CO [DE]) 28 septembre 2000 (2000-09-28) figures 1,2,3 colonne 1, ligne 61 - colonne 2, ligne 9 colonne 2, ligne 32 - colonne 3, ligne 3 -----	1-16
A	DE 10 2008 060234 A1 (MANN & HUMMEL GMBH [DE]) 10 juin 2010 (2010-06-10) abrégé alinéas [0017] - [0019]; figures 1,2,3,5,6a,6b -----	1-16
A	DE 199 08 867 A1 (HUEBLER ARVED [DE]) 7 septembre 2000 (2000-09-07) abrégé colonne 9, ligne 49 - ligne 61; figures 1-3, 7, 8 -----	11-16
A	DE 199 28 997 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 4 janvier 2001 (2001-01-04) phrase 62, alinéa 6 - phrase 66; figures 1-4 -----	11-13
A	EP 2 835 698 A1 (SWATCH GROUP RES & DEV LTD [CH]) 11 février 2015 (2015-02-11) alinéas [0032] - [0034]; figures 2-6 -----	1-16
A	CH 352 966 A (EMIR S A [CH]) 15 mars 1961 (1961-03-15) page 1, lignes 10-19; figure 1 -----	1-16
A	EP 2 725 000 A1 (SWATCH GROUP RES & DEV LTD [CH]) 30 avril 2014 (2014-04-30) alinéas [0025] - [0033]; figures 7-10 -----	1-16

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2016/067292

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2007290339	A1	20-12-2007	CN 101473424 A	01-07-2009
			CN 104681521 A	03-06-2015
			JP 4947817 B2	06-06-2012
			JP 5182682 B2	17-04-2013
			JP 2009533886 A	17-09-2009
			JP 2012164984 A	30-08-2012
			KR 20090019852 A	25-02-2009
			TW 200818431 A	16-04-2008
			US 2007290339 A1	20-12-2007
			WO 2007149737 A2	27-12-2007

US 2007048164	A1	01-03-2007	AUCUN	

EP 1677332	A2	05-07-2006	CA 2531611 A1	29-06-2006
			CN 1870206 A	29-11-2006
			DE 102005001949 A1	13-07-2006
			EP 1677332 A2	05-07-2006
			JP 2006190677 A	20-07-2006
			KR 20060076232 A	04-07-2006
			US 2006141894 A1	29-06-2006

DE 19912618	A1	28-09-2000	AUCUN	

DE 102008060234	A1	10-06-2010	AUCUN	

DE 19908867	A1	07-09-2000	AUCUN	

DE 19928997	A1	04-01-2001	AUCUN	

EP 2835698	A1	11-02-2015	EP 2835698 A1	11-02-2015
			WO 2015018718 A1	12-02-2015

CH 352966	A	15-03-1961	AUCUN	

EP 2725000	A1	30-04-2014	CN 103771907 A	07-05-2014
			EP 2725000 A1	30-04-2014
			JP 5766765 B2	19-08-2015
			JP 2014085355 A	12-05-2014
			US 2014112112 A1	24-04-2014
