

(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
28 avril 2011 (28.04.2011)

(10) Numéro de publication internationale
WO 2011/048341 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
B29C 37/00 (2006.01) *B29C 59/02* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2010/052259
- (22) Date de dépôt international :
22 octobre 2010 (22.10.2010)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
09 57412 22 octobre 2009 (22.10.2009) FR
- (71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) :
UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I [FR/FR]; 43 Boulevard du 11 Novembre 1918, F-69622 Villeurbanne Cedex (FR). **CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE** [FR/FR]; 3 Rue Michel Ange, F-75794 Paris Cedex 16 (FR).
- (72) Inventeur; et
- (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **MORIN, Pierre** [FR/FR]; 5 Rue du Val d'Isère, F-69300 Caluire (FR).
- (74) Mandataires : **THIBAUT, Jean-Marc** et al.; Cabinet Beau De Lomenie, 51 Avenue Jean Jaurès, B. P. 7073, F-69301 Lyon Cedex 07 (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : MICRO-THERMOFORMING METHOD AND MACHINE FOR FORMING MICROSTRUCTURES ON A PART

(54) Titre : PROCEDE ET MACHINE DE MICRO-THERMOFORMAGE POUR REALISER DES MICROSTRUCTURES SUR UNE PIECE

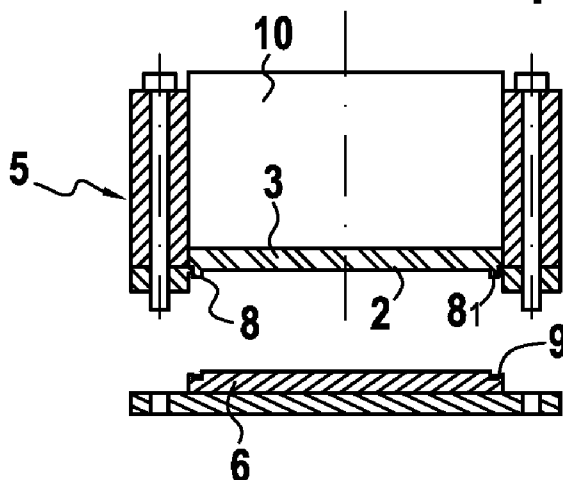


FIG.3

(57) Abstract : The invention relates to a micro-thermoforming method for forming microstructures on the forming surface (2) of a part (3), using a mould (5) including a microstructured die, characterised in that the invention includes the following steps: a first step consisting in thermoforming the part (3) which is placed in the mould (5), using a preforming die (6) which is not used to form the microstructures but to form at least one peripheral anti-shrinkage rib (8) on the forming surface; a step consisting in replacing the preforming die (6) with the microstructured die while the part is kept in the mould (5), said microstructured die being designed to retain the anti-shrinkage rib (8) during the thermoforming operation; and a second step consisting in thermoforming the part (3) in the mould (5) with the microstructured die such as to produce the part (3) with the microstructures and the anti-shrinkage rib (8).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2011/048341 A1

**Publiée :**

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

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h)

L'invention concerne un procédé de micro-thermoformage pour réaliser des microstructures sur la face de formage (2) d'une pièce (3), à l'aide d'un moule (5) comportant une matrice microstructurée caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes : - une première étape de thermoformage de la pièce (3) placée dans le moule (5), réalisée à l'aide d'une matrice de préformage (6) ne réalisant pas les microstructures mais assurant la formation sur la face de formage, d'au moins une nervure périphérique d'anti-retrait (8), - une étape de remplacement de la matrice de préformage (6) par la matrice microstructurée avec maintien de la pièce dans le moule (5), cette matrice microstructurée étant adaptée pour conserver la nervure d'anti-retrait (8) lors de l'opération de thermoformage, - une deuxième étape de thermoformage de la pièce (3) maintenue dans le moule (5) avec la matrice microstructurée pour obtenir la pièce (3) avec les microstructures et la nervure d'anti-retrait (8).

PROCEDE ET MACHINE DE MICRO-THERMOFORMAGE POUR REALISER DES MICROSTRUCTURES SUR UNE PIECE

La présente invention concerne le domaine technique du micro-thermoformage de pièces relevant de la micro-technologie et elle vise plus précisément un procédé et une machine permettant de réaliser par thermoformage, des microstructures, au sens général, sur une face d'une pièce.

L'objet de l'invention trouve une application particulièrement avantageuse mais non exclusivement dans le domaine de la fabrication des microsystèmes au sens général tel que par exemple les microsystèmes microfluidiques.

L'objet de l'invention trouve des applications également dans le domaine du traitement des surfaces pour par exemple des applications optiques.

Dans le domaine technique du micro-thermoformage, il est connu de façonner une pièce en polymère afin de réaliser des motifs, en creux ou en relief ou d'une manière générale des microstructures à l'échelle micrométrique ou nanométrique. Une telle pièce est obtenue classiquement à l'aide d'une matrice microstructurée comportant des empreintes pour réaliser par thermoformage, les microstructures sur la pièce. A cet effet, cette matrice microstructurée fait partie d'un moule dans lequel est placée une plaquette par exemple en polymère. L'application d'un effort de compression sur la plaquette, combinée au chauffage de la plaquette permettent la réalisation d'une pièce thermoformée portant sur une face, les microstructures souhaitées. Avant démoulage, la pièce thermoformée et microstructurée est refroidie.

Cette technique de micro-thermoformage présente des inconvénients car il apparaît difficile, voire impossible, de remplir par le matériau certaines zones de tailles réduites. Par ailleurs, il n'apparaît pas possible d'obtenir certaines formes de microstructures car les efforts latéraux exercés sur les empreintes de la matrice microstructurée peuvent les déformer ou les détruire. De plus, lors du refroidissement des pièces avant démoulage, le

retrait de la matière exerce également des contraintes latérales sur les empreintes pouvant conduire à leur déformation ou leur destruction.

Pour tenter de remédier à ces inconvénients, il a été proposé d'augmenter l'effort de pression pour un meilleur remplissage des empreintes
5 de la matrice, par la matière. Cette solution présente l'inconvénient d'augmenter le risque de déformation des empreintes de la matrice microstructurée.

Pour améliorer la tenue des empreintes de la matrice microstructurée, il a été proposé de réaliser la matrice microstructurée par des matériaux plus
10 durs, ce qui conduit toutefois à un usinage plus difficile et à un coût de fabrication plus élevé.

Par ailleurs, dans le domaine de la fabrication de cartes en matière plastique, le brevet US-A-6 042 761 propose de réaliser une opération de thermoformage visant à s'affranchir des problèmes de retrait de la matière
15 plastique. Cette opération de thermoformage vise à réaliser des empreintes creuses pour déplacer la matière plastique. Si un tel document vise à s'affranchir des effets de retrait de la matière plastique, une telle solution ne donne pas satisfaction pour réaliser par thermoformage des microstructures,
20 en raison des efforts latéraux exercés par le déplacement de matière, sur les empreintes d'une matrice microstructurée.

De même, la demande de brevet US 2008/0157438 décrit une méthode de réalisation de motifs sur un substrat à l'aide d'un moule à empreintes creuses ou en reliefs. Ce document n'apporte pas une solution au problème
25 de la déformation ou de la destruction des empreintes de la matrice susceptible d'intervenir en raison des efforts latéraux exercés par la matière sur ces empreintes lors de l'opération de formage.

L'objet de l'invention vise donc à remédier aux inconvénients de l'art antérieur en proposant un procédé de micro-thermoformage adapté pour
30 réaliser sur une grande surface d'une pièce, des microstructures à l'échelle micro ou nanométrique, avec des formes diversifiées.

Un autre objet de l'invention vise à proposer un procédé de micro-formage permettant de s'affranchir des effets de retrait de la matrice

de la pièce mais également de contrer les efforts latéraux exercés par le déplacement de matière, sur les empreintes de la matrice microstructurée.

Pour atteindre un tel objectif, l'objet de l'invention concerne un procédé de micro-thermoformage pour réaliser des microstructures sur la face de
5 formage d'une pièce, à l'aide d'un moule comportant une matrice microstructurée.

Selon l'invention, le procédé comprend les étapes suivantes :

- une première étape de thermoformage de la pièce placée dans le moule, réalisée à l'aide d'une matrice de préformage ne réalisant pas les
10 microstructures mais assurant la formation sur la face de formage, d'au moins une nervure périphérique d'anti-retrait,

- une étape de remplacement de la matrice de préformage par la matrice microstructurée avec maintien de la pièce dans le moule, cette matrice microstructurée étant adaptée pour conserver la nervure
15 d'anti-retrait lors de l'opération de thermoformage,

- une deuxième étape de thermoformage de la pièce maintenue dans le moule avec la matrice microstructurée pour obtenir la pièce avec les microstructures et la nervure d'anti-retrait.

Le procédé selon l'invention comporte en outre l'une et/ou l'autre des
20 caractéristiques suivantes :

- réaliser la nervure périphérique d'anti-retrait afin d'être en appui contre le moule,

- réaliser la nervure périphérique d'anti-retrait avec une hauteur supérieure à la hauteur des microstructures,

25 - retirer la matrice microstructurée avant l'enlèvement de la pièce du moule,

- refroidir la pièce avant l'enlèvement des matrices.

Un autre objet de l'invention est de proposer une machine de micro-thermoformage permettant la mise en œuvre du procédé conforme à
30 l'invention.

La machine de micro-thermoformage pour la mise en œuvre du procédé vise à réaliser des microstructures sur la face de thermoformage d'une pièce comportant :

- 5 - un bâti porteur d'un moule de réception d'une pièce thermoformable,
- un module de chauffage de la pièce,
- un système d'application d'un effort de compression sur le moule comportant :
 - 10 - une matrice de préformage dépourvue desdites microstructures mais pourvue d'au moins une rainure périphérique pour former une nervure périphérique d'anti-retrait sur la pièce,
 - une matrice microstructurée pour réaliser les microstructures et comportant une rainure périphérique identique à la rainure périphérique,
 - 15 - un dispositif de remplacement d'une matrice par une autre matrice,
 - un système assurant, lors de l'opération de remplacement de la matrice de préformage, le maintien de la pièce dans le moule et le contact avec la nervure périphérique de la pièce.

La machine selon l'invention comporte en outre l'une et/ou l'autre des caractéristiques suivantes :

- 20 - un dispositif de maintien comportant une plaque de fermeture du moule, montée mobile et déplacée par un organe de déplacement, cette plaque de fermeture recevant alternativement la matrice de préformage et la matrice microstructurée,
- 25 - un système de maintien de la pièce comportant un anneau de maintien présentant un rebord saillant sur lequel s'appuie la pièce et contre lequel la rainure d'anti-retrait est en contact.

Diverses autres caractéristiques ressortent de la description faite ci-dessous en référence aux dessins annexés qui montrent, à titre
30 d'exemples non limitatifs, des formes de réalisation de l'objet de l'invention.

Les **Figures 1 à 8** illustrent le procédé de micro-thermoformage conforme à l'invention selon différentes étapes caractéristiques.

La **Figure 9** est une vue schématique d'un exemple de réalisation d'une machine de micro-thermoformage conforme à l'invention.

Les **Figures 10** à **14** sont des vues illustrant la machine de micro-thermoformage dans des positions caractéristiques de mise en œuvre
5 du procédé conforme à l'invention.

Tel que cela ressort plus précisément des **Fig. 1** à **8**, l'objet de l'invention concerne un procédé de micro-thermoformage permettant de réaliser des microstructures **1** sur une face **2** d'une pièce thermoformée **3**. Les microstructures **1** correspondent à des motifs en creux ou en saillie de
10 formes diverses et réalisées à l'échelle micrométrique ou nanométrique.

De manière classique, cette pièce thermoformée **3** est réalisée en tout matériau thermoformable. Par exemple, la pièce **3** est une pièce en un matériau thermoplastique tel qu'un polymère thermoplastique. Bien entendu, la pièce **3** peut être réalisée en un matériau thermoformable différent tel que
15 par exemple en métal, en verre ou en céramique.

Le procédé selon l'invention met en œuvre un moule **5** dans lequel est placé en tant que pièce **3**, un matériau thermoformable (**Fig. 2**) se présentant sous la forme par exemple d'une plaquette qui après thermoformage permettra d'obtenir la pièce **3** avec les microstructures **1**
20 définitives souhaitées.

Conformément à l'invention, le procédé de micro-thermoformage consiste à réaliser une première étape de thermoformage à l'aide d'une matrice de préformage **6** ne réalisant pas les microstructures **1** mais assurant la formation d'au moins un épaulement, une saillie ou d'une
25 manière générale, une nervure périphérique d'anti-retrait **8** sur la face de thermoformage **2**. Tel que cela apparaît plus précisément aux **Fig. 1** à **3**, cette matrice de préformage **6** comporte au moins une rainure périphérique **9** destinée à réaliser la nervure d'anti-retrait **8** correspondante sur la face de thermoformage **2** de la pièce.

30 Selon un exemple préféré de réalisation, cette matrice de préformage **6** est complètement lisse à l'exception de la rainure périphérique **9**. En d'autres termes, la matrice de préformage **6** ne comporte pas les empreintes assurant

la formation des microstructures **1** que doit présenter la pièce **3** en fin de processus de thermoformage. Il est à noter que selon une variante de réalisation, il peut être prévu de réaliser sur la pièce **3**, lors de cette première étape de thermoformage, des microstructures correspondant à des préformes par rapport aux microstructures **1** réalisées au terme du procédé de thermoformage.

Lors de cette étape de thermoformage, la plaquette **3** est formée par thermo-compression c'est-à-dire par application par un organe **10** tel qu'un vérin, d'un effort de compression **F** combiné au chauffage du matériau pour obtenir une pièce **3** thermo compressée pourvue sur sa face de thermoformage **2**, de la nervure périphérique d'anti-retrait **8** (**Fig. 3**).

Il est à noter que lors de l'application de la force de compression **F** dans la direction perpendiculaire à la face **2** à structurer, il apparaît un déplacement de matière dans une direction parallèle à cette face **2** et vers l'extérieur de la pièce compte tenu de la nature élastique de la pièce **3**. Un tel déplacement latéral de matière est limité par la présence du moule **5** dans lequel est placée la pièce **3**. Ainsi la pièce **3** est en butée contre le moule **5**.

Selon une variante préférée de réalisation, il est à noter que la nervure d'anti-retrait **8** présente un bord externe **8₁** (**Fig. 8**) qui est avantageusement en butée sur le moule **5** contribuant également à limiter l'extension radiale de la matière de la pièce **3**.

De manière classique, la pièce **3** est refroidie avant la poursuite du procédé de micro-thermoformage selon l'invention qui comporte ensuite une étape de remplacement de la matrice de préformage **6** par une matrice microstructurée **11** (**Fig. 3, 4**). La pièce **3** est maintenue dans le moule **5** durant la suite du procédé et en particulier lors du remplacement de la matrice de préformage **6** par la matrice microstructurée **11**. Il est à noter qu'après la suppression de la force de compression **F** et l'enlèvement de la matrice de préformage **6**, il apparaît une rétraction c'est-à-dire un déplacement de matière dans une direction parallèle à cette face **2** et vers

l'intérieur de la pièce **3**. Avantageusement, la nervure d'anti-retrait **8** permet de maintenir en extension la matière de la pièce au niveau de la face **2**.

La matrice microstructurée **11** présente toutes les empreintes nécessaires pour réaliser les microstructures **1** sur la pièce **3**. Bien entendu, 5 la matrice microstructurée **11** comporte également une rainure périphérique **12** identique à la rainure périphérique **9** aménagée sur la matrice de préformage **6** afin de conserver la présence de la nervure d'anti-retrait **8**.

Le procédé selon l'invention consiste ensuite à réaliser une deuxième 10 étape de thermoformage avec la matrice microstructurée **11** (**Fig. 5**) en vue d'obtenir la pièce **3** pourvue sur sa face de formage **2**, des microstructures **1** et de la nervure d'anti-retrait **8**. Cette étape de thermoformage consiste à appliquer sur la pièce **3** maintenue dans le moule **5**, une force de compression F_1 combinée à un chauffage pour assurer la réalisation par 15 thermoformage des microstructures **1** et de la nervure anti-retrait **8**. Avant l'enlèvement de la matrice microstructurée **11**, la pièce **3** est refroidie (**Fig. 6**). La matrice microstructurée **11** est enlevée pour permettre le retrait de la pièce **3** du moule **5** (**Fig. 7 – 8**).

Le procédé décrit ci-dessus permet de minimiser les efforts latéraux sur 20 les empreintes de la matrice microstructurée **11** pour les raisons suivantes. Lors de la première étape de thermoformage, il se produit, comme explicité ci-dessus, un déplacement important de matière qui ne se produit plus lors de la deuxième étape de thermoformage. Compte tenu de l'absence des empreintes sur la matrice de préformage **6**, il n'apparaît pas de dégradations 25 de la matrice de préformage **6**. Cette première étape de thermoformage est mise à profit pour réaliser sur la face de thermoformage **2**, une nervure d'anti-retrait **8** qui d'une part se trouve en appui sur le moule **5** pour limiter l'extension de la pièce **3** et d'autre part, limite le retrait de la pièce **3** lors de la suppression de la force de compression mise en œuvre pour cette 30 première étape de thermoformage. Cette nervure d'anti-retrait **8** qui s'étend en saillie par rapport à la face de thermoformage **2**, présente de préférence un contour fermé en étant réalisé sur toute la périphérie de la pièce **3**. Bien

entendu, il peut être prévu de réaliser plusieurs nervures d'anti-retrait **8** en différents endroits de la pièce **3**.

La nervure d'anti-retrait **8** assume également ces fonctions lors de la deuxième étape de thermoformage même si le déplacement de matière est
5 moins important que dans la première étape de thermoformage. Il est à noter que d'une manière avantageuse, la nervure d'anti-retrait **8** présente une hauteur supérieure à la hauteur maximale des microstructures **1** permettant de protéger ces dernières au cours de l'opération de démoulage.

Par ailleurs, il est à noter qu'il existe une différence de température
10 entre la phase de compression et de démoulage, ce qui entraîne un retrait inévitable de la matière par rapport au moule **5**. La rainure **12** réalisée sur la matrice microstructurée **11** permet également de maintenir la pièce en extension pour préserver à la fois les empreintes de la matrice microstructurée **11** et les microstructures **1** réalisées en surface de la
15 pièce **3**.

La **Fig. 9** illustre un exemple de réalisation d'une machine **20** permettant de mettre en œuvre le procédé de micro-thermoformage conforme à l'invention tel que décrit ci-dessus.

Tel que cela ressort de la **Fig. 9**, la machine de
20 micro-thermoformage **20** comporte un bâti **21** supportant le moule **5** de la pièce **3**. Dans l'exemple illustré, le moule **5** comporte un corps cylindrique **5₁** fermé par une plaque de fermeture **5₂**. Selon une caractéristique avantageuse de réalisation, le moule **5** comporte également un anneau de maintien **5₃** dont la fonction apparaîtra plus précisément dans la suite de la
25 description et qui est interposée entre le corps cylindrique **5₁** et la plaque de fermeture **5₂**. Cet anneau de maintien **5₃** comporte un rebord saillant **5₄** s'étendant en saillie par rapport à la paroi interne du corps cylindrique **5₁**.

La machine **20** comporte également un système **23** d'application de l'effort de compression **F** sur le moule **5**, réalisé par exemple par un
30 vérin **23₁** pourvu d'un piston de compression **23₂** agissant sur la pièce **3** sur une face opposée à la face de thermoformage **2** en contact avec la matrice de préformage **6** ou la matrice microstructurée **11**. A cet égard, la matrice

de préformage **6** ou la matrice microstructurée **11** est portée par la plaque de fermeture **5₂** pour constituer le fond du moule **5**. Avantageusement, chaque matrice **6**, **11** vient en butée contre le rebord saillant **5₄** de l'anneau de maintien **5₃**. Par ailleurs, chaque nervure **9**, **12** est aménagée
5 respectivement sur la matrice de préformage **6**, et la matrice microstructurée **11** de manière que son bord externe se trouve situé dans l'alignement ou à distance de l'extrémité du rebord saillant **5₄** pour permettre le retrait de la pièce **3** par rapport à l'anneau de maintien **5₃**.

Cette machine **20** comporte également un dispositif **26** permettant de
10 remplacer une matrice par une autre matrice. Dans l'exemple illustré, le dispositif de remplacement **26** comporte un vérin inférieur **27** dont la tige **28** est équipée de la plaque de fermeture **5₂**. Le coulissement en rétraction de la tige de piston **28** permet de dégager la matrice **6**, **11** du moule pour permettre son chargement (manuel ou automatique). Le
15 coulissement en extension de la tige de piston **28** permet de fermer le moule **5**, et voire d'assurer l'application de l'effort de compression **F₁** lors de la deuxième étape de thermoformage. Bien entendu, cet effort de compression peut être assuré aussi par le vérin **23₁**.

De manière classique, cette machine **20** comporte également un
20 module **30** de chauffage de la pièce **3**. Par exemple, ce module de chauffage **30** permet de chauffer, par tous moyens appropriés, le piston de compression **23₂** et la matrice **6**, **11** montée sur la plaque de fermeture **5₂**.

Le fonctionnement de la machine **20** découle directement de la description qui précède.

25 Après mise en place de la pièce **3** à l'intérieur du moule **5** équipé de la matrice de préformage **6**, le vérin **23₁** est commandé pour mettre sous pression la pièce **3** qui est également soumise à un chauffage (**Fig. 10**). Lors de cette première étape de thermoformage **6**, la matrice de préformage **6** réalise, la nervure anti-retrait **8** sur la pièce **3**. Après la suppression de
30 l'effort de compression **F₁** et le refroidissement de la pièce **3**, le moule **5** est ouvert à l'aide du vérin inférieur **27** qui écarte la matrice de préformage **6** du moule **5** (**Fig. 11**). Il est à noter que l'anneau de maintien **5₃** grâce à son

rebord **5₄** permet de retenir la pièce **3** pendant l'opération de changement de la matrice. La pièce **3** se trouve également en appui sur le corps cylindrique **5₁** et sur le rebord saillant **5₄** par la nervure d'anti-retrait **8**.

5 Après le remplacement de la matrice de préformage **6** par la matrice microstructurée **11**, le moule **5** est refermé à l'aide du vérin inférieur **27** en vue de permettre l'accomplissement de la deuxième étape de thermoformage. L'effort de compression pour la formation des microstructures **1** sur la pièce **3** est alors assuré par le vérin inférieur **27** (**Fig. 12**). La pièce **3** est soumise également à un chauffage
10 pendant cette opération.

Après refroidissement, le moule **5** est ouvert à l'aide du vérin inférieur **27** qui écarte la plaque de fermeture **5₂** du corps cylindrique **5₁** pour l'enlèvement de la matrice microstructurée **11**. La pièce **3** est supportée par l'anneau de maintien **5₃** qui peut être écarté du moule **5**
15 (**Fig. 13**). Une pièce de support **31** peut être mise en place sur le vérin inférieur **27** pour venir supporter la pièce **3** et la dégager de l'anneau de maintien **5₃** (**Fig. 13**) Après le déchargement de la pièce **3**, la machine **20** peut être pilotée pour un nouveau processus de fabrication.

L'objet de l'invention tel que décrit ci-dessus permet de réaliser des
20 pièces **3** de relativement grandes surfaces de l'ordre de 10 à 20 cm de diamètre avec des microstructures **1** présentant des formes très diversifiées et une taille micro ou nanométrique. Cette technique permet d'utiliser une matrice microstruturée **11** avec des empreintes réalisées dans un matériau tendre et donc facile à usiner (tel qu'en polymère). Ces empreintes peuvent
25 présenter un rapport de forme élevé (hauteur / largeur) par exemple de l'ordre de 5 à 10.

La technique décrite ci-dessus permet ainsi la réalisation par exemple des canaux dans un système microfluidique en polymère, de micro-pièces en polymère par fabrication collective puis séparation après moulage, ou de
30 pièces micro-nanostructurées en surface pour des applications optiques.

L'invention n'est pas limitée aux exemples décrits et représentés car diverses modifications peuvent y être apportées sans sortir de son cadre.

REVENDEICATIONS

1 - Procédé de micro-thermoformage pour réaliser des microstructures **(1)** sur la face de formage **(2)** d'une pièce **(3)**, à l'aide d'un moule **(5)** comportant une matrice microstructurée **(11)** caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- une première étape de thermoformage de la pièce **(3)** placée dans le moule **(5)**, réalisée à l'aide d'une matrice de préformage **(6)** ne réalisant pas les microstructures **(1)** mais assurant la formation sur la face de formage, d'au moins une nervure périphérique d'anti-retrait **(8)**,
- 10 - une étape de remplacement de la matrice de préformage **(6)** par la matrice microstructurée **(11)** avec maintien de la pièce dans le moule **(5)**, cette matrice microstructurée **(11)** étant adaptée pour conserver la nervure d'anti-retrait **(8)** lors de l'opération de thermoformage,
- une deuxième étape de thermoformage de la pièce **(3)** maintenue
15 dans le moule **(5)** avec la matrice microstructurée **(11)** pour obtenir la pièce **(3)** avec les microstructures **(1)** et la nervure d'anti-retrait **(8)**.

2 - Procédé de micro-thermoformage selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à réaliser la nervure périphérique d'anti-retrait **(8)** afin d'être en appui contre le moule **(5)**.

20 **3** - Procédé de micro-thermoformage selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à réaliser la nervure périphérique d'anti-retrait **(8)** avec une hauteur supérieure à la hauteur des microstructures **(1)**.

4 - Procédé de micro-thermoformage selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à retirer la matrice microstructurée **(11)** avant
25 l'enlèvement de la pièce **(3)** du moule **(5)**.

5 - Procédé de micro-thermoformage selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il consiste à refroidir la pièce avant l'enlèvement des matrices **(6, 11)**.

6 - Machine de micro-thermoformage pour la mise en oeuvre du procédé
30 conforme à l'une des revendications 1 à 5 visant à réaliser des microstructures **(1)** sur la face de thermoformage **(2)** d'une pièce **(3)**, comportant :

- un bâti (21) porteur d'un moule (5) de réception d'une pièce thermoformable (3),

- un module (30) de chauffage de la pièce,

5 - un système d'application (23) d'un effort de compression (F) sur le moule (5) caractérisé en ce qu'il comporte :

▪ une matrice de préformage (6) dépourvue desdites microstructures (1) mais pourvue d'au moins une rainure périphérique (9) pour former une nervure périphérique d'anti-retrait (8) sur la pièce,

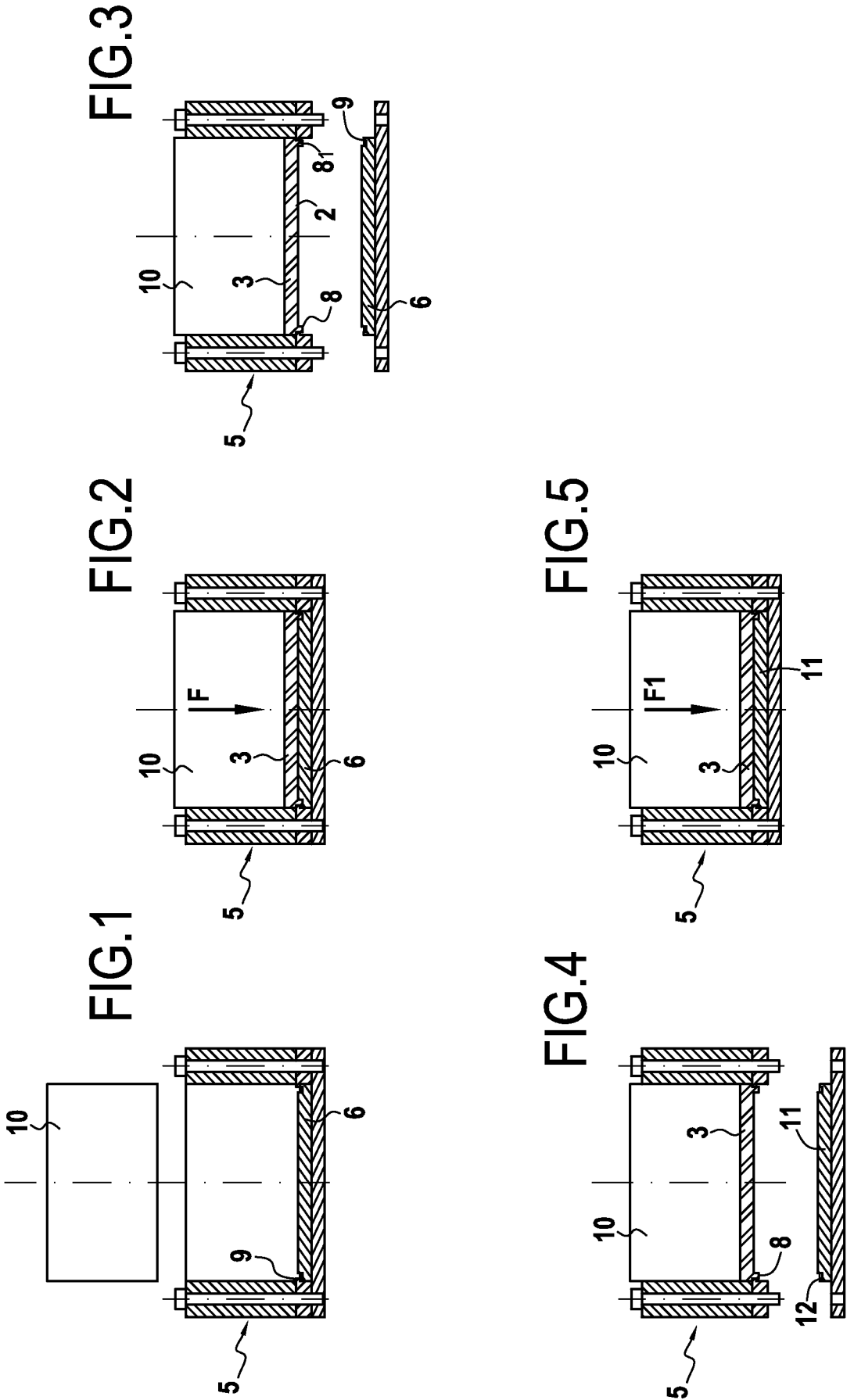
10 ▪ une matrice microstructurée (11) pour réaliser les microstructures (1) et comportant une rainure périphérique (12) identique à la rainure périphérique (9),

▪ un dispositif (26) de remplacement d'une matrice par une autre matrice,

15 ▪ un système (5₁, 5₂, 5₃) assurant, lors de l'opération de remplacement de la matrice de préformage, le maintien de la pièce dans le moule et le contact avec la nervure périphérique de la pièce.

7 - Machine de micro-thermoformage selon la revendication 6, caractérisée en ce que le dispositif de maintien comporte une plaque de fermeture (5₂) du moule (5), montée mobile et déplacée par un organe de déplacement (27), cette plaque de fermeture (5₂) recevant alternativement
20 la matrice de préformage (6) et la matrice microstructurée (11).

8 - Machine de micro-thermoformage selon la revendication 6, caractérisée en ce que le système de maintien de la pièce (3) comporte un anneau de maintien (5₃) présentant un rebord saillant (5₄) sur lequel
25 s'appuie la pièce et contre lequel la rainure d'anti-retrait (8) est en contact.



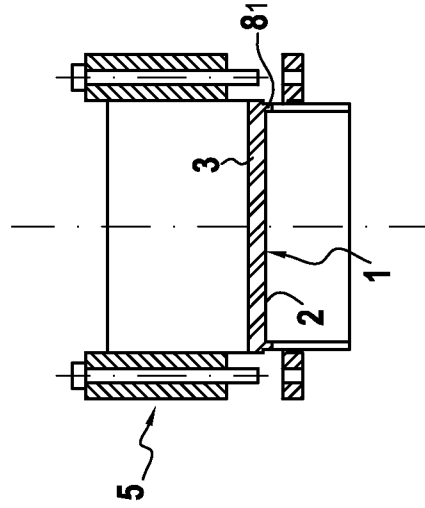


FIG. 6

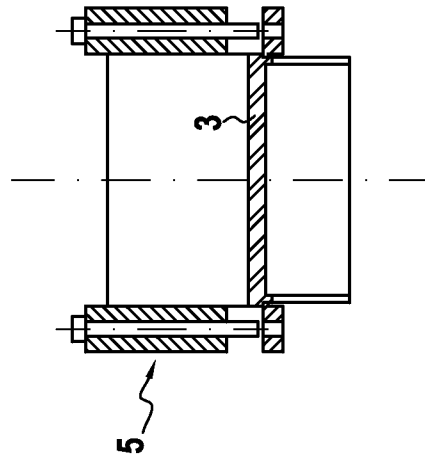


FIG. 7

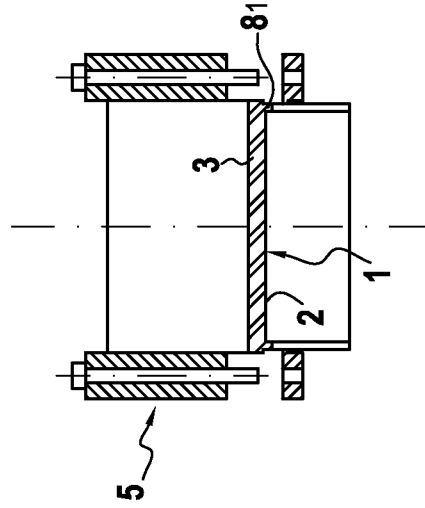


FIG. 8

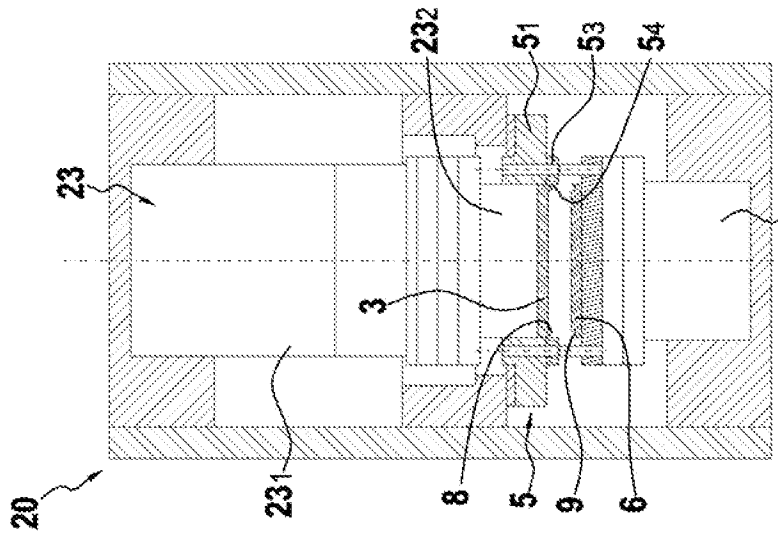


FIG.11

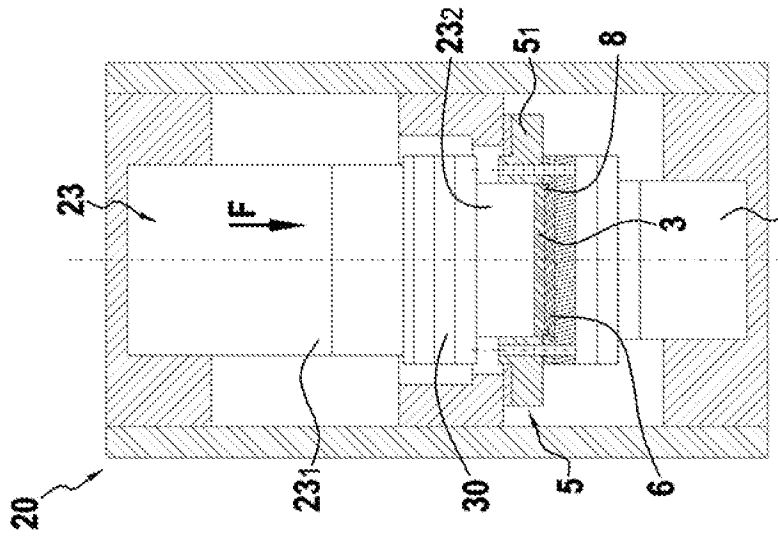


FIG.10

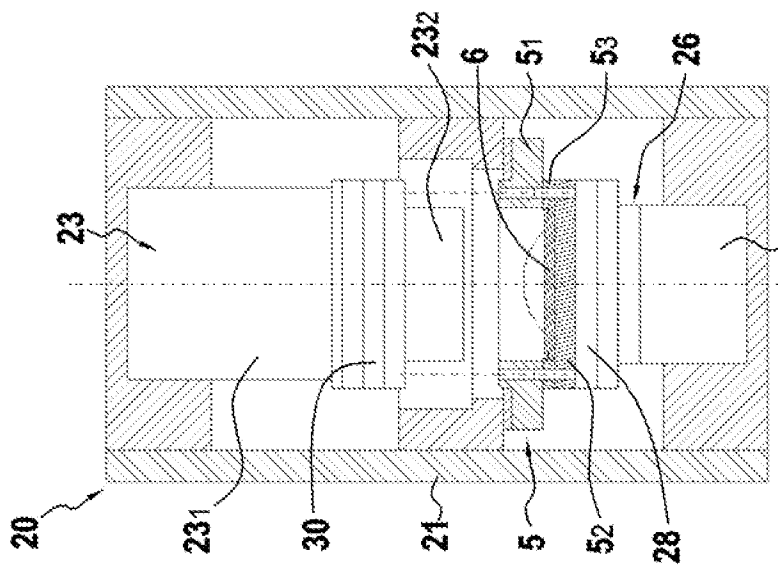


FIG.9

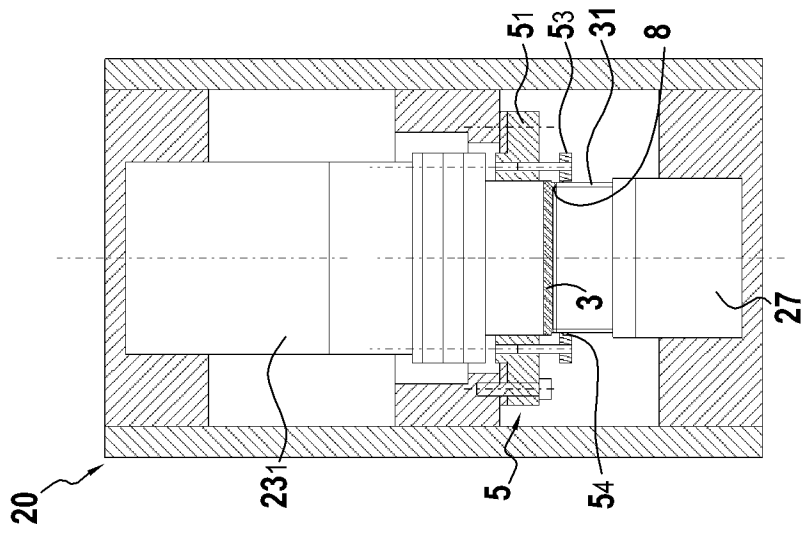


FIG.12

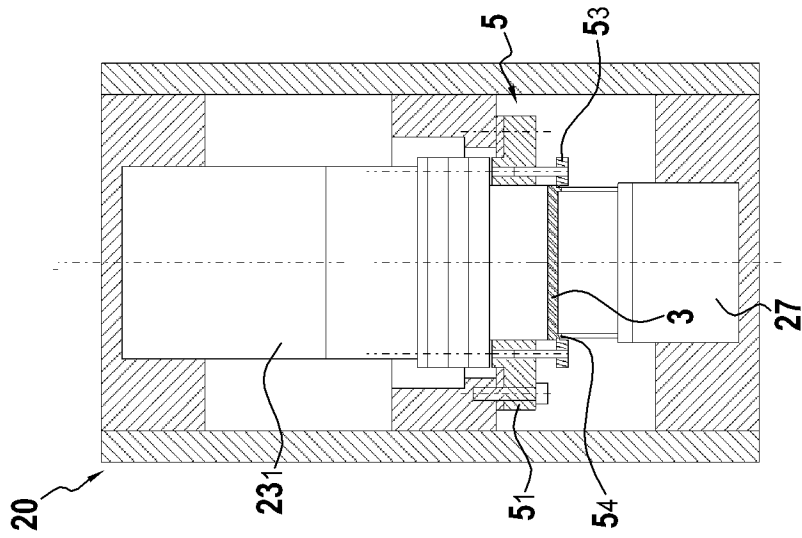


FIG.13

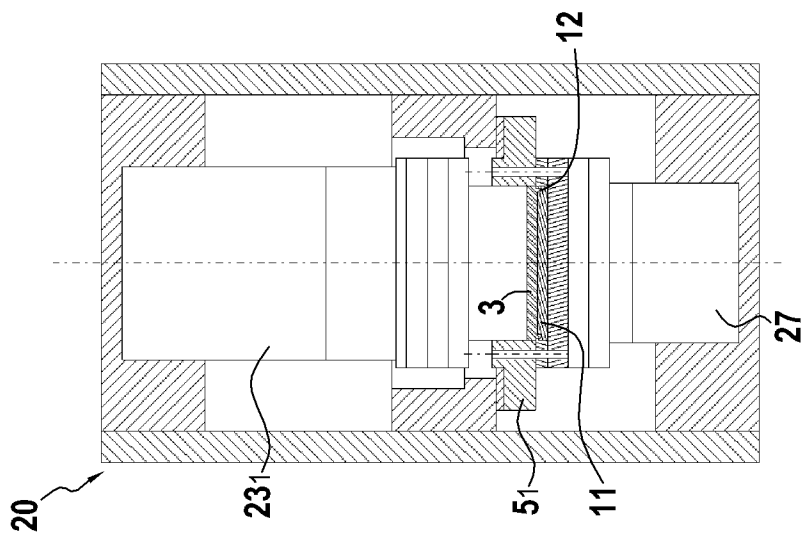


FIG.14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2010/052259

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. B29C37/00 B29C59/02
 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

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 practical, 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.
A	US 6 042 761 A (MELZER RAINER [DE] ET AL) 28 March 2000 (2000-03-28) column 1, line 14 - line 36 column 1, line 65 - column 2, line 26 column 2, line 49 - column 4, line 14 figures	1-8
A	----- US 2008/157438 A1 (SONG TAE JOON [KR]) 3 July 2008 (2008-07-03) paragraph [0003] paragraph [0033] - paragraph [0057] figures 1A-2B	1,5,6
A	----- FR 1 553 623 A (BAYER - SAINT-GOBAIN) 10 January 1969 (1969-01-10) page 1, column 2 page 2 -----	1,5,6



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 document 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 March 2011

Date of mailing of the international search report

10/03/2011

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

Fageot, Philippe

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2010/052259

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6042761	A	28-03-2000 NONE	

US 2008157438	A1	03-07-2008 CN 101211112 A	02-07-2008
		KR 20080062425 A	03-07-2008

FR 1553623	A	10-01-1969 AT 291538 B	26-07-1971
		BE 711184 A	23-08-1968
		CH 458709 A	30-06-1968
		DE 1704630 A1	19-05-1971
		DK 116900 B	23-02-1970
		GB 1198911 A	15-07-1970
		LU 55483 A1	29-04-1968
		NL 6802621 A	26-08-1968
		SE 339101 B	27-09-1971

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2010/052259

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B29C37/00 B29C59/02 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		
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
A	US 6 042 761 A (MELZER RAINER [DE] ET AL) 28 mars 2000 (2000-03-28) colonne 1, ligne 14 - ligne 36 colonne 1, ligne 65 - colonne 2, ligne 26 colonne 2, ligne 49 - colonne 4, ligne 14 figures	1-8
A	----- US 2008/157438 A1 (SONG TAE JOON [KR]) 3 juillet 2008 (2008-07-03) alinéa [0003] alinéa [0033] - alinéa [0057] figures 1A-2B	1,5,6
A	----- FR 1 553 623 A (BAYER - SAINT-GOBAIN) 10 janvier 1969 (1969-01-10) page 1, colonne 2 page 2 -----	1,5,6
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		
<input checked="" type="checkbox"/> 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 mars 2011	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 10/03/2011	
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 Fageot, Philippe	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2010/052259

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6042761	A	28-03-2000	AUCUN

US 2008157438	A1	03-07-2008	CN 101211112 A 02-07-2008
			KR 20080062425 A 03-07-2008

FR 1553623	A	10-01-1969	AT 291538 B 26-07-1971
			BE 711184 A 23-08-1968
			CH 458709 A 30-06-1968
			DE 1704630 A1 19-05-1971
			DK 116900 B 23-02-1970
			GB 1198911 A 15-07-1970
			LU 55483 A1 29-04-1968
			NL 6802621 A 26-08-1968
			SE 339101 B 27-09-1971
