

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

3 137 324

②1 N° d'enregistrement national : 22 06525

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : B 29 C 65/48 (2022.01), B 29 C 65/64, 70/08

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 29.06.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 05.01.24 Bulletin 24/01.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : Institut de Recherche Technologique Jules Verne Fondation — FR.

⑦2 Inventeur(s) : VINCENT Guillaume, GUINOISEAU Alexandre et De PARSCAU Du PLESSIX Basile.

⑦3 Titulaire(s) : Institut de Recherche Technologique Jules Verne Fondation.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET NONY.

⑤4 Assemblage d'une pièce métallique et d'une pièce en matériau composite.

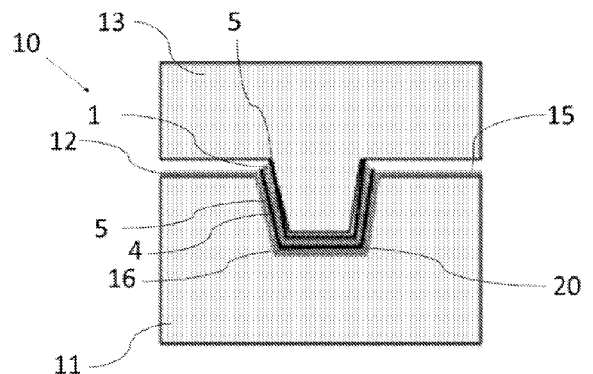
⑤7 Assemblage d'une pièce métallique et d'une pièce en matériau composite

Procédé d'assemblage d'une pièce métallique (12) et d'une pièce en matériau composite (1) à matrice polymère thermoplastique à l'aide d'un outillage (10) comportant une première (11) et une deuxième partie (13) et pouvant prendre des configurations ouverte et fermée, le procédé comportant les étapes suivantes :

positionner la pièce métallique (12) dans la première partie (11) de l'outillage (10) en configuration ouverte, positionner la pièce en matériau composite (1) entre la pièce métallique (12) et la deuxième partie (13) de l'outillage, la pièce en matériau composite (1) et la pièce métallique (12) ayant à ce stade du procédé des faces (4, 15) en regard de formes non entièrement correspondantes,

amener l'outillage (10) en configuration fermée pour rapprocher la deuxième partie de la première et déformer plastiquement la pièce en matériau composite (1) sur et à la forme de la pièce métallique (12), au moins un agent de liaison (5, 22) étant présent entre la pièce métallique (12) et la pièce en matériau composite (1) avant la fermeture de l'outillage (10).

Figure pour l'abrégié : Fig. 3



FR 3 137 324 - A1



## Description

### **Titre de l'invention : Assemblage d'une pièce métallique et d'une pièce en matériau composite**

#### **Domaine technique**

[0001] La présente invention concerne l'assemblage d'une pièce métallique et d'une pièce en matériau composite à matrice polymère thermoplastique, en particulier pour l'industrie automobile.

#### **Technique antérieure**

[0002] Pour ajouter un renfort en matériau composite à matrice polymère thermoplastique sur une pièce métallique, il est connu de coller le renfort composite sur la pièce métallique, ce renfort étant mis en forme avant le collage, comme présenté dans la demande WO 2014173669.

[0003] Un tel procédé comporte une étape de mise en forme de la pièce composite et une étape subséquente de collage, qui nécessite un outillage supplémentaire. Ainsi, la mise en œuvre du procédé est relativement longue et mobilise différents outillages, ce qui se répercute sur le coût de fabrication et réduit la capacité de production.

[0004] De plus, les formes de la pièce métallique et du renfort peuvent ne pas se correspondre totalement en raison des tolérances de fabrication, ce qui peut générer des défauts dans la qualité des assemblages, voire des rebuts.

[0005] Il existe un besoin pour bénéficier d'un nouveau procédé d'assemblage d'une pièce métallique et d'une pièce en matériau composite à matrice polymère thermoplastique qui soit simple à mettre en œuvre tout en produisant un assemblage de bonne qualité.

#### **Exposé de l'invention**

[0006] La présente invention y répond grâce à, selon l'un de ses aspects, un procédé d'assemblage d'une pièce métallique et d'une pièce en matériau composite à matrice polymère thermoplastique à l'aide d'un outillage comportant une première partie et une deuxième partie et pouvant prendre des configurations ouverte et fermée, le procédé comportant les étapes suivantes :

- positionner la pièce métallique dans la première partie de l'outillage en configuration ouverte,
- positionner la pièce en matériau composite entre la pièce métallique et la deuxième partie de l'outillage, la pièce en matériau composite et la pièce métallique ayant à ce stade du procédé des faces en regard de formes non entièrement correspondantes,
- amener l'outillage en configuration fermée pour rapprocher la deuxième partie de la première et déformer plastiquement la pièce en matériau composite sur et à la forme de la pièce métallique, au moins un agent de liaison étant présent entre la pièce métallique

et la pièce en matériau composite avant la fermeture de l'outillage.

- [0007] Par « *faces en regard de formes non entièrement correspondantes* », il faut comprendre que les pièces présentent des faces qui ne sont pas de formes identiques et en particulier ne s'étendent pas parallèlement l'une par rapport à l'autre. La face de la pièce en matériau composite présente par exemple une forme généralement plane, provisoire, tandis que la pièce métallique peut avoir sa forme définitive, qui est par exemple non plane.
- [0008] Grâce à l'invention, la mise en forme de la pièce en matériau composite et son assemblage sur la pièce métallique est réalisé en une seule opération et avantageusement avec un unique outillage.
- [0009] De plus, dans la présente invention, la mise en forme de la pièce en matériau composite est réalisée directement sur ou dans la pièce métallique. La pièce en matériau composite ainsi déformée a donc une forme qui s'adapte parfaitement à la pièce métallique, même dans l'éventualité de légères variations de forme d'une pièce métallique à une autre.
- [0010] Avantageusement, le procédé est dépourvu d'étape de correction d'état de surface, d'usinage ou d'ébavurage de l'assemblage, après l'étape de déformation de la pièce en matériau composite sur la pièce métallique.

### **Outillage**

- [0011] Lors de la fermeture de l'outillage, l'une des parties de moule peut rester fixe tandis que l'autre se rapproche de celle-ci.
- [0012] La première partie est par exemple déplacée tandis que la deuxième est fixe. Dans ce cas, la pièce en matériau composite peut être positionnée sur la deuxième partie lors de l'étape de positionnement, la pièce en matériau composite et la deuxième partie ayant à ce stade du procédé des faces en regard de formes non entièrement correspondantes.
- [0013] La pièce en matériau composite peut être positionnée et tendue dans un cadre de transfert. Cela peut permettre de tendre les fibres de la pièce en composite ce qui peut limiter la création de plissements ou de défauts lors de la déformation de la pièce en matériau composite.
- [0014] En variante, lors de la fermeture de l'outillage, la deuxième partie est déplacée et la première partie est fixe ou est mobile.
- [0015] La première partie peut être au moins partiellement à la forme de la pièce métallique. De préférence, la première partie de l'outillage épouse sensiblement la forme de la face de la pièce métallique opposée à la deuxième partie. Cela permet à la première partie d'exercer une pression distribuée sur l'ensemble de la pièce métallique lors de la fermeture de l'outillage, et ainsi de limiter la déformation de la pièce métallique.
- [0016] La deuxième partie est de préférence au moins partiellement à la forme désirée de la pièce en matériau composite après l'étape de déformation, idéalement exactement à la

forme.

### **Pièce en matériau composite**

- [0017] La pièce en matériau composite peut comporter un renfort fibreux constitué de fibres choisies dans le groupe constitué par les fibres de carbone, les fibres de verre, les fibres d'aramide, les fibres naturelles, par exemple les fibres de lin ou les fibres de chanvre.
- [0018] La pièce en matériau composite peut comporter un renfort fibreux comportant des fibres continues et/ou courtes et/ou longues.
- [0019] La matrice polymère thermoplastique peut comporter du polyphthalamide (PPA), du polyamide (PA), du polypropylène (PP), du polyéthylène téréphtalate (PET), du polyéthylène (PE), du polystyrène (PS), du polyaryléthercétone (PAEK), du polyétheréthercétone (PEEK), du polyéthercétonecétone (PEKK), du polysulfure de phénylène (PPS) et/ou du polyétherimide (PEI), et/ou un mélange de ces matériaux.
- [0020] La pièce en matériau composite peut avoir une épaisseur inférieure à 10 mm, notamment comprise entre 1 mm et 7 mm, de préférence entre 2 mm et 4 mm.
- [0021] Avant l'étape de déformation, la pièce en matériau composite peut être sensiblement plane, voire complètement plane, ce qui peut simplifier sa fabrication.
- [0022] La pièce en matériau composite peut servir de renfort mécanique à la pièce métallique, et/ou apporter des fonctions supplémentaires, par exemple pour permettre la fixation sur l'assemblage d'autres éléments.

### **Pièce en matériau composite non-consolidée**

- [0023] La pièce en matériau composite avant déformation peut être non-consolidée ou partiellement consolidée, avant la mise en œuvre du procédé. Une pièce en matériau composite partiellement consolidée peut être fabriquée par un procédé de drapage automatisé, notamment à plat, à partir de plis préimprégnés de résine thermoplastique.
- [0024] Le procédé peut comporter une étape de chauffage de la pièce en matériau composite non-consolidée ou partiellement consolidée préalablement à la fermeture de l'outillage, notamment préalablement au positionnement de la pièce en matériau composite dans l'outillage, à une température supérieure à la température de fusion de la matrice polymère thermoplastique.
- [0025] Cette étape de chauffage permet de fondre le polymère thermoplastique de la pièce en matériau composite.
- [0026] Le chauffage peut être réalisé dans une zone de chauffage, notamment dans une étuve, un four infrarouge et/ou un four à induction.
- [0027] L'outillage peut être chauffé à une température inférieure à la température de fusion de la matrice polymère thermoplastique, notamment être chauffé à la température de cristallisation de la matrice polymère thermoplastique. Une telle température permet à la fois de ralentir la vitesse de refroidissement de la pièce en matériau composite tout

en favorisant la cristallisation de la matrice polymère thermoplastique. Avoir une bonne cristallisation de la matrice polymère thermoplastique permet, par exemple, d'améliorer les caractéristiques mécaniques de celle-ci.

- [0028] La fermeture des deux parties de l'outillage, dans lequel la pièce en matériau composite a été positionnée, permet à la fois de déformer la pièce en matériau composite afin qu'elle ait sa forme finale, de consolider la pièce en matériau composite afin d'obtenir une bonne santé-matière, ou bonne qualité de la pièce et de créer une adhésion entre la pièce en matériau composite et la pièce métallique.
- [0029] Le procédé peut comporter, préalablement au chauffage de la pièce en matériau composite, une étape d'application d'une protection sur au moins une face, de préférence l'ensemble des faces, de la pièce en matériau composite.
- [0030] De préférence, la protection forme un isolant thermique, notamment pour le transfert de la pièce en matériau composite entre la zone de chauffage et l'outillage. Un tel isolant thermique permet de limiter les pertes de chaleur de la pièce en matériau composite et favorise ainsi une bonne répartition de la chaleur dans la pièce en matériau composite, notamment au moment de la fermeture des deux parties de l'outillage, en particulier au niveau des surfaces extérieures, par exemple formées par des plis, de la pièce en matériau composite. En effet, ces surfaces extérieures sont plus exposées aux transferts thermiques.
- [0031] Une telle protection, notamment un tel isolant thermique, permet également d'améliorer la qualité de la pièce en matériau composite ainsi consolidée, c'est-à-dire qu'après consolidation la porosité de la matrice polymère thermoplastique est faible, par exemple inférieure à 2%, qu'il y a une bonne cicatrisation des plis entre eux, qu'il n'y a pas de délaminages, qu'il y a une répartition homogène de la matrice polymère thermoplastique et que l'état de surface extérieur est correct.
- [0032] Dans le cas où la pièce en matériau composite est composée d'un ensemble de plis, l'utilisation de la protection, notamment de l'isolant thermique, permet de réduire le risque de déconsolidation de plis lors du chauffage.
- [0033] Le procédé peut comporter, entre l'étape de chauffage et l'étape de positionnement de la pièce en matériau composite dans l'outillage, une étape de transfert de la pièce en matériau composite entre une zone de chauffage et l'outillage.
- [0034] La protection, notamment l'isolant thermique, peut être au moins partiellement, notamment totalement, conservée sur la pièce en matériau composite pendant l'étape de transfert.
- [0035] La protection, notamment l'isolant thermique, peut être au moins partiellement, notamment totalement, conservée sur la pièce en matériau composite pendant l'étape de déformation.
- [0036] De préférence, au moins la protection, notamment l'isolant thermique, disposée sur la

ou les faces de la pièce en matériau composite destinées à être en opposition (c'est-à-dire du côté opposé) avec la pièce métallique après l'étape de déformation est conservée pendant l'étape de transfert et l'étape de déformation.

- [0037] La conservation de la protection pendant le transfert et/ou pendant l'étape de déformation, permet de protéger la pièce de l'environnement extérieur, par exemple des chocs ou des polluants.
- [0038] Le cas échéant, la conservation de la protection, lorsqu'elle constitue un isolant thermique, pendant le transfert et/ou pendant l'étape de déformation, permet de réduire la vitesse de refroidissement de la pièce en matériau composite, ce qui améliore considérablement la qualité de la pièce en matériau composite déformée après refroidissement.
- [0039] En variante, au moins une partie de la protection, notamment l'isolant thermique, est retirée de la pièce en matériau composite pendant ou à la fin de l'étape de transfert, notamment sur la ou les faces de la pièce en matériau composite destinées à être en regard de la pièce métallique après l'étape de déformation.
- [0040] La protection, notamment l'isolant thermique, peut comporter au moins un film en matériau polymère recouvrant au moins partiellement une ou plusieurs faces de la pièce en matériau composite.
- [0041] Le film a de préférence une épaisseur comprise entre 25  $\mu\text{m}$  et 200  $\mu\text{m}$ .
- [0042] En variante, la protection, notamment l'isolant thermique, est appliquée sous une forme fluide sur la pièce en matériau composite.
- [0043] La protection, notamment l'isolant thermique, peut comporter au moins un matériau polymère miscible avec la matrice polymère thermoplastique, notamment un film en un tel matériau.
- [0044] Le matériau polymère miscible peut être disposé sur une face de la pièce en matériau composite destinée à être en regard de la pièce métallique après l'étape de déformation, le matériau miscible sur cette face formant alors au moins partiellement, notamment en totalité, l'agent de liaison.
- [0045] Le matériau polymère miscible peut être un matériau compris dans la matrice polymère thermoplastique. Par exemple, si la matrice polymère thermoplastique comporte du polyphthalamide, le matériau polymère miscible peut être en polyphthalamide. Dans un autre exemple si la matrice polymère thermoplastique comporte un polymère de la famille des polyaryléthercétone (PAEK), le matériau polymère miscible peut être du polyétheréthercétone (PEEK) et/ou du polyéthercétonecétone (PEKK). Le matériau miscible peut être disposé sur l'ensemble des faces de la pièce en matériau composite.
- [0046] La protection, notamment l'isolant thermique, peut comporter au moins un matériau polymère non-miscible avec la matrice polymère thermoplastique ou dont la tem-

pérature de fusion ou de dégradation est supérieure à celle de la matrice polymère thermoplastique, par exemple un polyimide, notamment un film en un tel matériau, de préférence disposé sur une face de la pièce en matériau composite destinée à être en opposition avec la pièce métallique après l'étape de déformation, notamment l'ensemble de ses faces.

- [0047] Une protection, notamment un isolant thermique, miscible peut permettre de créer un enrichissement de surface, c'est-à-dire apporter un supplément de matériau polymère dans la matrice de la pièce en matériau composite. Cela permet de faciliter l'adhésion des deux pièces et d'augmenter la ténacité de l'interface.
- [0048] Le matériau non-miscible peut être disposé sur l'ensemble des faces de la pièce en matériau composite lors de l'étape de chauffage.
- [0049] Après l'étape de déformation, le matériau polymère non-miscible peut être retiré de la pièce en matériau composite.
- [0050] La protection, notamment l'isolant thermique, peut comporter au moins un matériau polymère miscible avec la matrice polymère thermoplastique, notamment un film en un tel matériau, disposé sur la ou les faces de la pièce en matériau composite destinées à être en regard de la pièce métallique après l'étape de déformation, et au moins un matériau polymère non-miscible avec la matrice polymère thermoplastique ou dont la température de fusion ou de dégradation est supérieure à celle de la matrice polymère thermoplastique, notamment un film en un tel matériau, disposé sur la ou les faces de la pièce en matériau composite destinées à être en opposition avec la pièce métallique après l'étape de déformation.
- [0051] Une protection, notamment un isolant thermique, disposé sur une face de la pièce en matériau composite destinée à être en regard de la pièce métallique après l'étape de déformation peut former une couche de protection contre la corrosion galvanique. Avantageusement la protection, notamment l'isolant thermique, en particulier sous forme de film, présente une épaisseur d'au moins 50  $\mu\text{m}$ , avantageusement au moins 100  $\mu\text{m}$ , pour protéger les pièces de l'assemblage de cette corrosion galvanique.
- [0052] Sans protection, la vitesse de refroidissement des surfaces extérieures de la pièce en matériau composite, notamment formées par des plis, peut être comprise entre de 3°C/s à 10°C/s, ce qui baisse la température en surface sous la fenêtre de température idéale pour déformer la pièce en matériau composite. Grâce à la protection, la vitesse de refroidissement des surfaces extérieures de la pièce en matériau composite, notamment formées par des plis, peut être comprise entre 1°C/s à 3°C/s, ce qui garantit une température suffisamment élevée et permet une bonne consolidation de la pièce en matériau composites.

### **Pièce en matériau composite consolidée**

- [0053] La matrice polymère thermoplastique de la pièce en matériau composite peut être

consolidée avant la mise en œuvre du procédé.

- [0054] Le procédé peut comporter une étape de consolidation de l'assemblage de la pièce en matériau composite et de la pièce métallique après l'étape de déformation, notamment sous presse, autoclave et/ou étuve. Cette étape de consolidation permet d'améliorer la qualité de la pièce en matériau composite et de réduire les éventuelles contraintes mécaniques résiduelles dans celle-ci.

### **Pièce métallique**

- [0055] La pièce métallique peut être un acier, notamment un acier AHSS (en anglais « advanced high strength steel »), notamment comportant du bore et du manganèse.
- [0056] Par exemple, la pièce métallique peut être en acier 22MnB5, matériau très utilisé pour les pièces structurelles dans l'industrie automobile.
- [0057] La pièce métallique peut être tri-dimensionnelle.
- [0058] La pièce métallique peut être obtenue à partir d'un emboutissage à chaud d'une tôle métallique, notamment plane.
- [0059] La température d'emboutissage du métal utilisé pour réaliser la pièce métallique peut être supérieure à 800°C, notamment à 900°C pour un acier bore / manganèse. Cette température est largement supérieure à la température de fusion de la matrice polymère thermoplastique, qui est généralement inférieure à 400°C, et largement supérieure à la température de dégradation de ces mêmes polymères, qui est généralement inférieure à 450°C. Ces spécifications thermiques ne permettent pas un emboutissage et une déformation du composite en une seule et même étape, par exemple pour un acier Bore/ Manganèse.
- [0060] La partie de la pièce métallique recouverte par la pièce en matériau composite déformée peut être peu ou pas déformée par la fermeture de l'outillage.
- [0061] La pièce métallique, lors de la fermeture de l'outillage, peut être froide ou à une température bien inférieure à sa température d'emboutissage, par exemple à une température permettant la cristallisation de la matrice polymère thermoplastique, inférieure à la température de fusion dudit polymère.

### **Agent de liaison**

- [0062] L'agent de liaison peut comporter une résine polymère thermodurcissable.
- [0063] La réticulation de la résine polymère thermodurcissable peut être amorcée avant la fermeture de l'outillage. Cela permet d'augmenter la viscosité de la résine afin de limiter le fluage vers l'extérieur de celle-ci lors de la fermeture du moule. La réticulation ne doit toutefois pas être trop avancée avant la fermeture de l'outillage, afin de conserver une capacité de mise en œuvre.
- [0064] La réticulation de la résine polymère thermodurcissable peut être amorcée par la chaleur de l'outillage lorsque celui-ci est chauffé.

- [0065] En variante, la réticulation de la résine polymère thermodurcissable peut être amorcée par un moyen externe, par exemple une lampe infrarouge ou UV.
- [0066] Après la déformation de la pièce, l'outillage peut être maintenu fermé pendant la durée nécessaire à la réticulation de la résine polymère thermodurcissable, par exemple pendant 1 à 2 mn ou plus longtemps.
- [0067] L'agent de liaison peut être déposé sous forme fluide par extrusion et/ou pulvérisation.
- [0068] L'agent de liaison peut être déposé sous la forme d'un film.
- [0069] L'agent de liaison est, de préférence, déposé sur la pièce métallique avant la fermeture du moule.
- [0070] L'agent de liaison peut être déposé sur la pièce en matériau composite avant la fermeture du moule, notamment avant que la pièce en matériau composite soit chauffée.
- [0071] L'agent de liaison peut former une couche d'épaisseur comprise entre 0,05 mm et 0,5 mm, notamment de 0,1 mm.
- [0072] L'agent de liaison peut contribuer à protéger la pièce métallique contre la corrosion galvanique.
- [0073] L'agent de liaison, lors de la fermeture du moule, peut fluer dans les cavités de la rugosité de la pièce métallique.

### **Brève description des dessins**

- [0074] L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'exemples de mise en œuvre non limitatifs de celle-ci, et à l'examen du dessin annexé, sur lequel
- [0075] [Fig.1] la [Fig.1] représente, de manière schématique, une étape de chauffage d'une pièce en matériau composite dans un exemple de procédé selon l'invention,
- [0076] [Fig.2] la [Fig.2] représente, de manière schématique, une étape de positionnement de la pièce en matériau composite avant la fermeture de l'outillage, dans un exemple de procédé selon l'invention,
- [0077] [Fig.3] la [Fig.3] illustre la déformation de la pièce en matériau composite à la fermeture de l'outillage,
- [0078] [Fig.4] la [Fig.4] représente, de manière schématique, l'extraction de l'outillage des pièces assemblées,
- [0079] [Fig.5] la [Fig.5] illustre, de manière schématique, une variante du procédé des figures 1 à 4,
- [0080] [Fig.6] la [Fig.6] représente, de manière schématique, une variante du procédé de la [Fig.5],
- [0081] [Fig.7] la [Fig.7] représente, de manière schématique, une autre variante du procédé

des figures 1 à 4,

[0082] [Fig.8] la [Fig.8] représente, de manière schématique, une variante du procédé de la [Fig.7], et

[0083] [Fig.9] la [Fig.9] représente, de manière schématique, une autre variante du procédé des figures 1 à 4.

### **Description détaillée**

[0084] Dans la suite de la description, les éléments identiques ou de fonctions identiques portent le même signe de référence. A des fins de concision de la présente description, ils ne sont pas décrits en regard de chacune des figures, seules les différences entre les modes de réalisation étant décrites.

[0085] Sur les figures, les proportions réelles n'ont pas nécessairement été respectées, dans un souci de clarté.

[0086] On a illustré aux figures 1 à 4 différentes étapes d'un premier exemple de procédé selon l'invention.

[0087] Dans une première étape, illustrée sur la [Fig.1], une pièce en matériau composite 1 est chauffée dans un four 2 par un rayonnement infrarouge par exemple.

[0088] Avant cette étape de chauffage, la pièce en matériau composite 1 peut être plane et non-consolidée.

[0089] La pièce en matériau composite 1 comporte, par exemple, des fibres longues de carbone disposées dans différents plis.

[0090] La matrice de la pièce en matériau composite 1 est, par exemple, composée de polyphthalamide(PPA).

[0091] La pièce en matériau composite 1 a par exemple une épaisseur de 5 mm.

[0092] Une protection, dans cet exemple un isolant thermique 5 sous forme de film, par exemple de 100 µm d'épaisseur, est disposée, préalablement au chauffage, sur la face supérieure 3 et sur la face inférieure 4 de la pièce 1.

[0093] Dans cet exemple, l'isolant thermique 5 est miscible avec la matrice polymère thermoplastique, étant par exemple réalisé dans le même matériau.

[0094] La pièce en matériau composite 1 et l'isolant thermique 5 sont chauffés dans le four 2 à une température supérieure à la température de fusion du matériau constitutif de la matrice thermoplastique, en veillant toutefois à ne pas dégrader pas un chauffage excessif la matrice thermoplastique.

[0095] Une fois la pièce en matériau composite 1 chauffée, elle est transférée dans un outillage 10 comportant une première partie 11 (encore appelée coquille), dans laquelle une pièce métallique 12 y a été préalablement positionnée, et une deuxième partie 13, comme illustré sur la [Fig.2].

[0096] Lors de ce transfert, l'isolant thermique 5 est laissé en place sur la pièce en matériau

composite 1. Le transfert peut être réalisé à l'aide d'un bras robotisé.

- [0097] La pièce métallique 12 est par exemple tri-dimensionnelle et la première partie 11 est à la forme de la pièce métallique 12. Comme illustré, la pièce métallique 12 peut être entièrement reçue dans la première partie 11, sans en dépasser.
- [0098] La pièce métallique 12 est, dans cet exemple, réalisée en un acier 22MnB5, étant emboutie à chaud à partir d'une tôle métallique.
- [0099] Comme illustré, la face inférieure 4 de la pièce 1 et la face supérieure 15 de la pièce métallique 12 en regard sont, à ce stade du procédé, de formes non entièrement correspondantes. Par exemple, la face 15 présente un renforcement 16 tandis que la pièce 1 est sensiblement plane.
- [0100] L'opération de transfert entre le four 2 et l'outillage 10 est réalisée suffisamment rapidement afin de limiter les pertes thermiques dans la pièce en matériau composite 1, et maintenir la température de celle-ci à une valeur suffisamment élevée pour qu'elle conserve une déformabilité suffisante et une capacité d'adhésion à la pièce métallique 12. Le transfert s'effectue par exemple en moins de 30s, de préférence en moins de 10 s.
- [0101] Le procédé comporte ensuite une étape dans laquelle l'outillage 10 est actionné pour prendre une configuration fermée, où les deux parties se sont rapprochées et ont amené la pièce en matériau composite 1 à se déformer contre la pièce métallique 12 pour en épouser la forme.
- [0102] Ce rapprochement peut s'effectuer par un mouvement de l'une des parties relativement à l'autre, l'une restant par exemple fixe, ou les deux se déplaçant.
- [0103] Par exemple, la première partie 11 est fixe et tandis que la deuxième 13 descend vers la première comme illustré par la flèche D.
- [0104] L'outillage 10 ainsi fermé est représenté sur la [Fig.3].
- [0105] On voit que la fermeture de l'outillage a déformé plastiquement la pièce en matériau composite 1 sur et à la forme de la pièce métallique 12. Comme illustré, la pièce en matériau composite 1 est ici déformée à la forme du renforcement 16 de la pièce métallique 12.
- [0106] La deuxième partie 13 contribue à donner sa forme à la pièce en matériau composite 1 après l'étape de déformation. Comme visible, l'isolant thermique 5 est conservé et déformé durant la fermeture.
- [0107] L'outillage 10 peut être préchauffé et/ou chauffé à la température de cristallisation de la matrice polymère thermoplastique.
- [0108] Comme illustré sur la [Fig.4], l'outillage 10 peut ensuite être ouvert et l'assemblage 20 extrait de celui-ci.
- [0109] L'isolant thermique 5 disposé sur la face inférieure 4 en regard de la face 15 de la pièce métallique 12 forme, en refroidissant, un agent de liaison qui accroît l'adhésion

des pièces 1 et 12 entre elles. Il forme également une protection contre la corrosion galvanique, permettant ainsi de protéger la pièce métallique 12.

- [0110] Dans l'exemple considéré, l'assemblage 20 comporte l'isolant thermique 5, qui s'est mélangé à la matrice polymère thermoplastique.
- [0111] Un tel procédé permet d'atteindre un taux de porosité de la pièce en matériau composite inférieur à 2% si cela est recherché.
- [0112] Dans la variante illustrée à la [Fig.5], préalablement au positionnement de la pièce matériau composite 1 dans l'outillage 10, une couche 21 de résine polymère thermodurcissable est appliquée sur la pièce métallique 12, par exemple dans le renforcement 16. Cette couche 21 forme un second agent de liaison 22.
- [0113] La réticulation de la résine polymère thermodurcissable est amorcée par la chaleur de la première partie 11 qui est chauffée à la température de cristallisation de la matrice polymère thermoplastique. Ce chauffage permet ainsi d'augmenter la viscosité de la résine pour limiter son fluage lors de la fermeture de l'outillage 10.
- [0114] Par exemple, la couche 21 est déposée par extrusion sur la pièce métallique 12. Elle a une épaisseur de 0,1 mm par exemple.
- [0115] Afin de permettre une bonne réticulation de la résine polymère thermodurcissable, la position fermée de l'outillage pendant l'étape de déformation est maintenue pendant environ 2 min par exemple.
- [0116] Dans cette variante, l'assemblage 20 final comporte la couche 21.
- [0117] Dans une autre variante, illustrée sur la [Fig.6], la position de la première partie 11 est inversée par rapport à celle de la deuxième 13, comparativement à la [Fig.4].
- [0118] De plus, lors de la fermeture de l'outillage 10, la deuxième partie 13 est fixe et la première partie 11 descend selon la direction D2 vers la deuxième partie 13.
- [0119] Dans l'une ou l'autre des variantes, inversée ou non, la pièce en matériau composites 1 peut être maintenue et transférée sur un cadre 60, illustré sur la [Fig.6], ayant un système de tension de fibres 61, permettant de limiter la création de plissements lors de la fermeture de l'outillage 1.
- [0120] On a illustré sur la [Fig.7] une variante du procédé.
- [0121] Dans cette variante, l'isolant thermique 5 disposé sur la face supérieure 3 de la pièce en matériau composite 1 est un film 30 en un matériau non-miscible avec la matrice polymère thermoplastique, par exemple du polyimide. Ce film 30 est, comme précédemment pour l'isolant thermique 5, appliqué préalablement au chauffage du matériau composite dans le four 2.
- [0122] Comme illustré, dans cette variante, le film 30 de matériau non-miscible est conservé durant le transfert de la pièce en matériau composite 1 dans l'outillage 10 et lors de la fermeture de celui-ci.
- [0123] Après l'étape de déformation et l'ouverture de l'outillage 10, le film 30 est retiré de

la pièce en matériau composite 1, et donc de l'assemblage 20, sans que cela n'endommage la pièce en matériau composite 1.

[0124] On a illustré sur la [Fig.8] une autre variante du procédé.

[0125] Dans cette variante, l'isolant thermique 5 présent sur la face inférieure 4 dans le procédé de la [Fig.7] est remplacé par un film 31 en un matériau non-miscible avec la matrice polymère thermoplastique, par exemple du polyimide. Ce film 31 est, comme précédemment pour l'isolant thermique 5, appliqué préalablement au chauffage du matériau composite dans le four 2.

[0126] Le film 31 n'est pas transféré avec la pièce en matériau composite 1 dans l'outillage 10.

[0127] Comme illustré, dans cette variante le film 30 de matériau non-miscible est quant à lui conservé durant le transfert de la pièce en matériau composite 1 dans l'outillage 10 et lors de la fermeture de celui-ci.

[0128] Après l'étape de déformation et l'ouverture de l'outillage 10, le film 30 est retiré de la pièce en matériau composite 1, et donc de l'assemblage 20, sans que cela n'endommage la pièce en matériau composite 1.

[0129] Dans cette variante, un agent de liaison 22, par exemple une résine polymère thermodurcissable, est appliqué sur la pièce métallique 12, comme dans l'exemple des figures 5 et 6.

[0130] Dans la variante illustrée sur la [Fig.9], la matrice polymère thermoplastique de la pièce 1 est consolidée avant l'assemblage avec la pièce métallique 12.

[0131] La pièce en matériau composite 1 est positionnée à froid dans l'outillage 10.

[0132] Une couche 21 de résine polymère thermodurcissable est appliquée dans le renfoncement 16 de la pièce métallique 12.

[0133] Après la fermeture de l'outillage 10 et la déformation plastique de la pièce en matériau composite 1, le procédé comporte une étape de consolidation dans un autoclave 35. Cette étape de consolidation permet de réduire les éventuelles contraintes mécaniques résiduelles dans la pièce en matériau composite 1 au sein de l'assemblage 20.

[0134] L'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits.

[0135] En particulier, la pièce métallique peut avoir une forme différente.

## Revendications

- [Revendication 1] Procédé d'assemblage d'une pièce métallique (12) et d'une pièce en matériau composite (1) à matrice polymère thermoplastique à l'aide d'un outillage (10) comportant une première (11) et une deuxième partie (13) et pouvant prendre des configurations ouverte et fermée, le procédé comportant les étapes suivantes :
- positionner la pièce métallique (12) dans la première partie (11) de l'outillage (10) en configuration ouverte,
  - positionner la pièce en matériau composite (1) entre la pièce métallique (12) et la deuxième partie (13) de l'outillage, la pièce en matériau composite (1) et la pièce métallique (12) ayant à ce stade du procédé des faces (4, 15) en regard de formes non entièrement correspondantes,
  - amener l'outillage (10) en configuration fermée pour rapprocher la deuxième partie de la première et déformer plastiquement la pièce en matériau composite (1) sur et à la forme de la pièce métallique (12), au moins un agent de liaison (5, 22) étant présent entre la pièce métallique (12) et la pièce en matériau composite (1) avant la fermeture de l'outillage (10).
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel la matrice polymère thermoplastique de la pièce en matériau composite (1) est non-consolidée ou partiellement consolidée avant la mise en œuvre du procédé.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication précédente, comportant une étape de chauffage de la pièce en matériau composite (1) non-consolidée ou partiellement consolidée, préalablement à la fermeture de l'outillage (10), à une température supérieure à la température de fusion de la matrice polymère thermoplastique.
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 3, dans lequel l'outillage (10) est chauffé à une température inférieure à la température de fusion de la matrice polymère thermoplastique, notamment est chauffé à la température de cristallisation de la matrice polymère thermoplastique.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une des revendications 3 et 4, comportant, préalablement au chauffage de la pièce en matériau composite (1), une étape d'application d'une protection, de préférence formant un isolant thermique (5), sur au moins une face (3, 4), de préférence l'ensemble

- des faces (3, 4), de la pièce en matériau composite (1).
- [Revendication 6] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel la protection, notamment l'isolant thermique (5), est au moins partiellement, notamment totalement, conservé sur la pièce en matériau composite (1) pendant l'étape de déformation.
- [Revendication 7] Procédé selon l'une des revendications 5 ou 6, dans lequel la protection, notamment l'isolant thermique (5), comporte au moins un film en matériau polymère recouvrant au moins partiellement une ou plusieurs faces (3, 4) de la pièce en matériau composite (1), le film ayant de préférence une épaisseur comprise entre 25  $\mu\text{m}$  et 200  $\mu\text{m}$ .
- [Revendication 8] Procédé selon l'une des revendications 5 à 7, dans lequel la protection, notamment l'isolant thermique (5), comporte au moins un matériau polymère miscible avec la matrice polymère thermoplastique, notamment un film en un tel matériau.
- [Revendication 9] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel le matériau polymère miscible est disposé sur une face (4) de la pièce en matériau composite (1) destinée à être en regard de la pièce métallique (12) après l'étape de déformation, notamment l'ensemble de ses faces (4), le matériau miscible formant alors au moins partiellement l'agent de liaison (5, 22).
- [Revendication 10] Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, dans lequel la protection, notamment l'isolant thermique (5), comporte au moins un matériau polymère non-miscible avec la matrice polymère thermoplastique ou dont la température de fusion ou de dégradation est supérieure à celle de la matrice polymère thermoplastique, notamment un film (30, 31) en un tel matériau, de préférence disposé sur une face (3) de la pièce en matériau composite destinée à être en opposition avec la pièce métallique (12) après l'étape de déformation.
- [Revendication 11] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel, après l'étape de déformation, le matériau polymère non-miscible est retiré de la pièce en matériau composite (1).
- [Revendication 12] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la matrice polymère thermoplastique de la pièce en matériau composite (1) est consolidée avant la mise en œuvre du procédé.
- [Revendication 13] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant une étape de consolidation de l'assemblage de la pièce en matériau composite (1) et de la pièce métallique (12) après l'étape de déformation, notamment sous presse, autoclave et/ou étuve.

- [Revendication 14] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'agent de liaison (5, 22) comporte une résine polymère thermodurcissable.
- [Revendication 15] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la pièce métallique (12) est en acier, comportant notamment du bore et du manganèse.
- [Revendication 16] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, avant l'étape de déformation, la pièce en matériau composite (1) est sensiblement plane.

[Fig. 1]

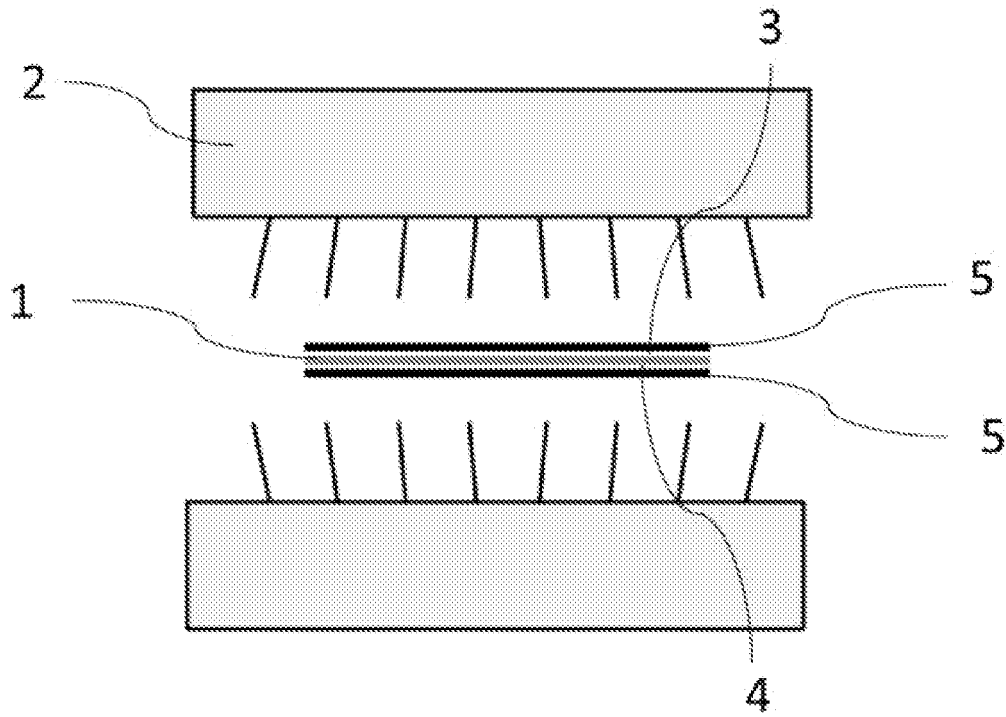


Fig. 1

[Fig. 2]

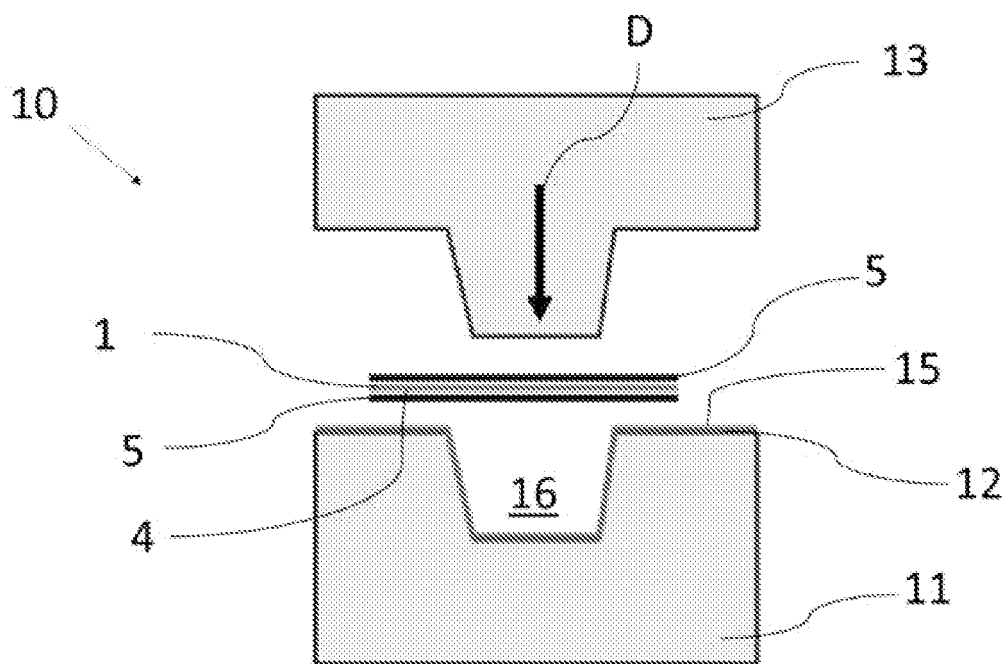


Fig. 2

[Fig. 3]

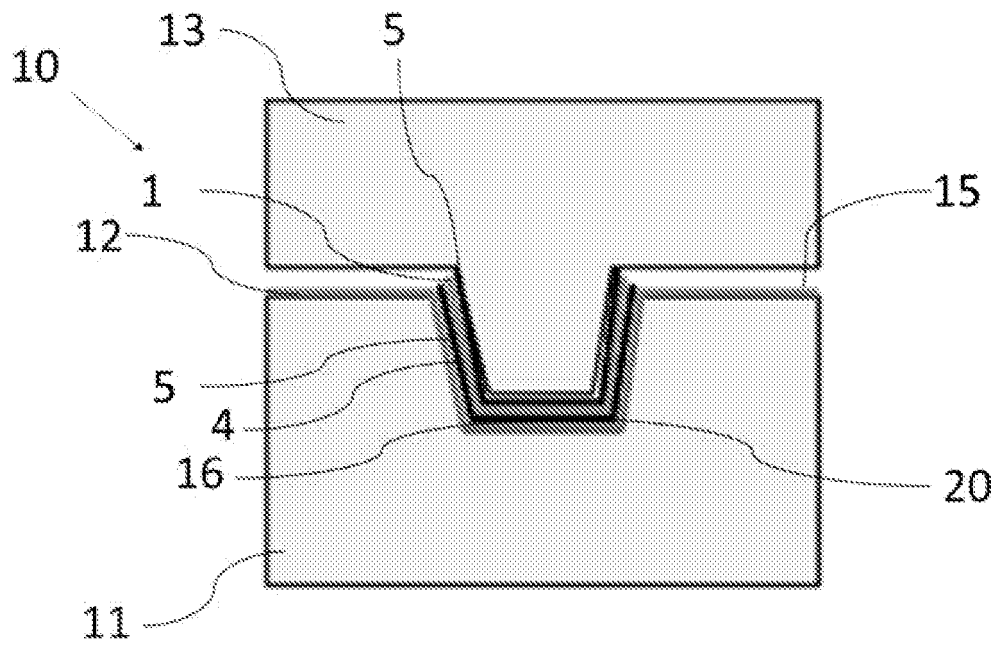


Fig. 3

[Fig. 4]

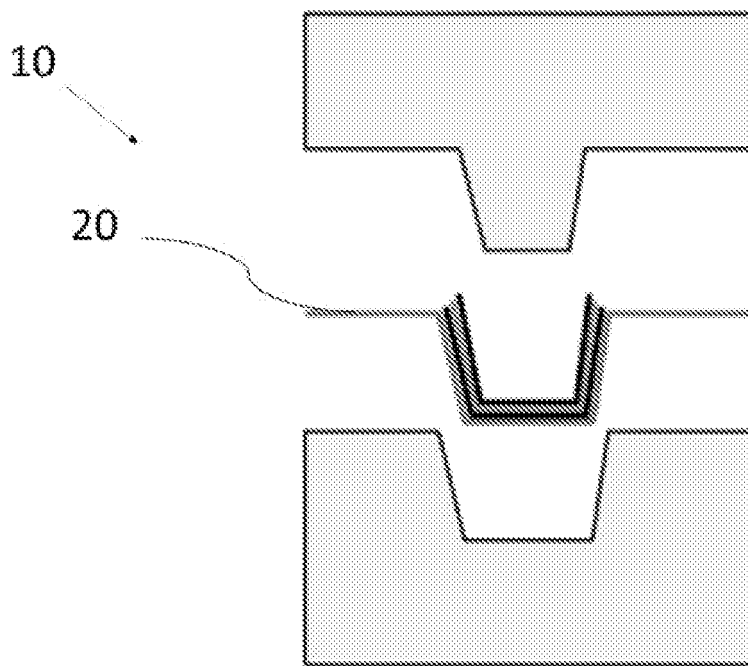


Fig. 4

[Fig. 5]

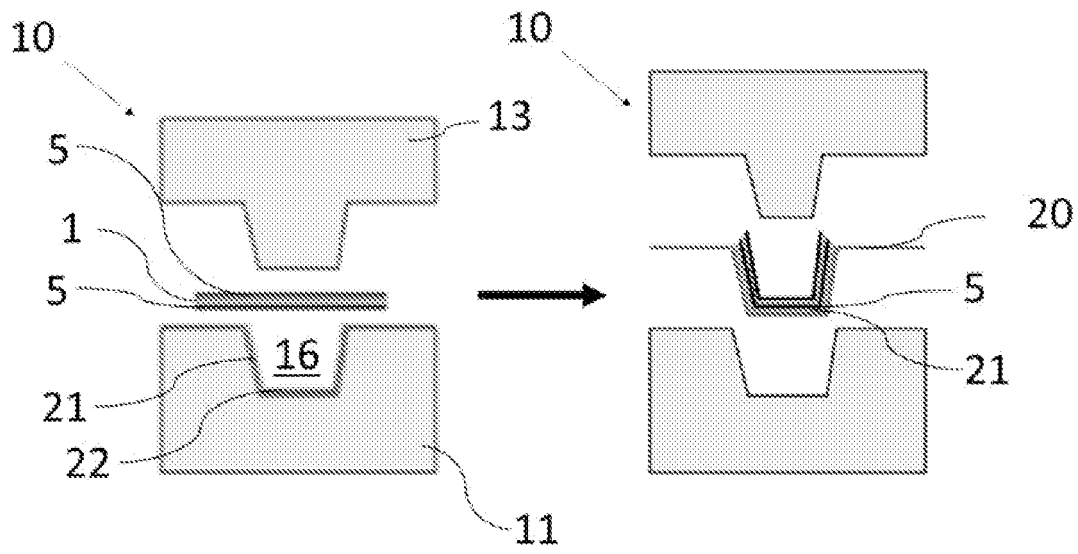


Fig. 5

[Fig. 6]

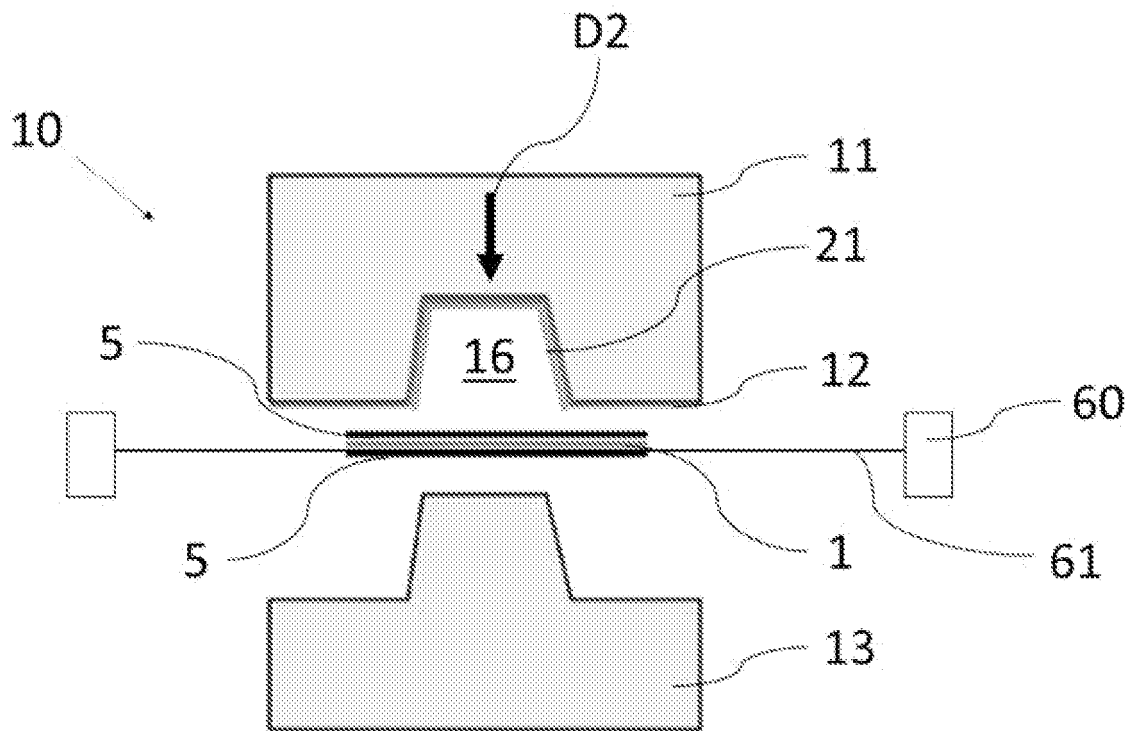


Fig. 6

[Fig. 7]

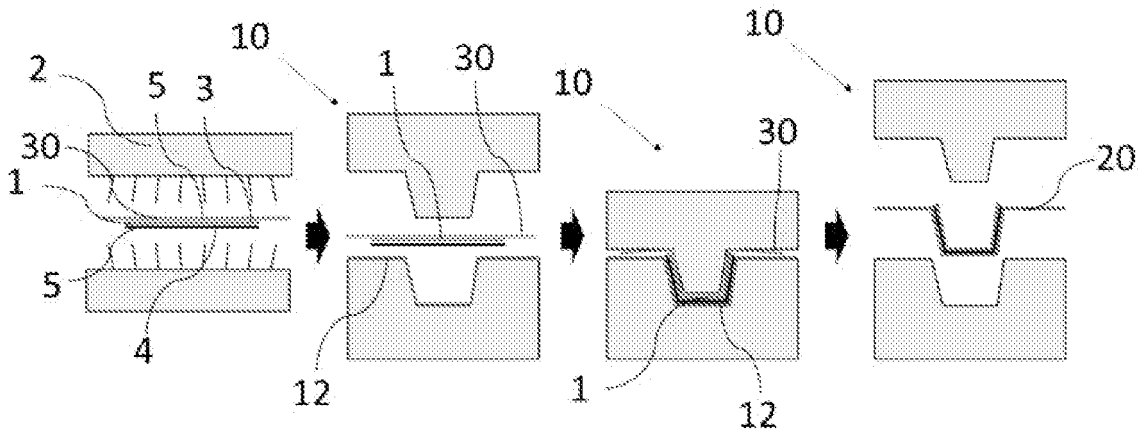


Fig. 7

[Fig. 8]

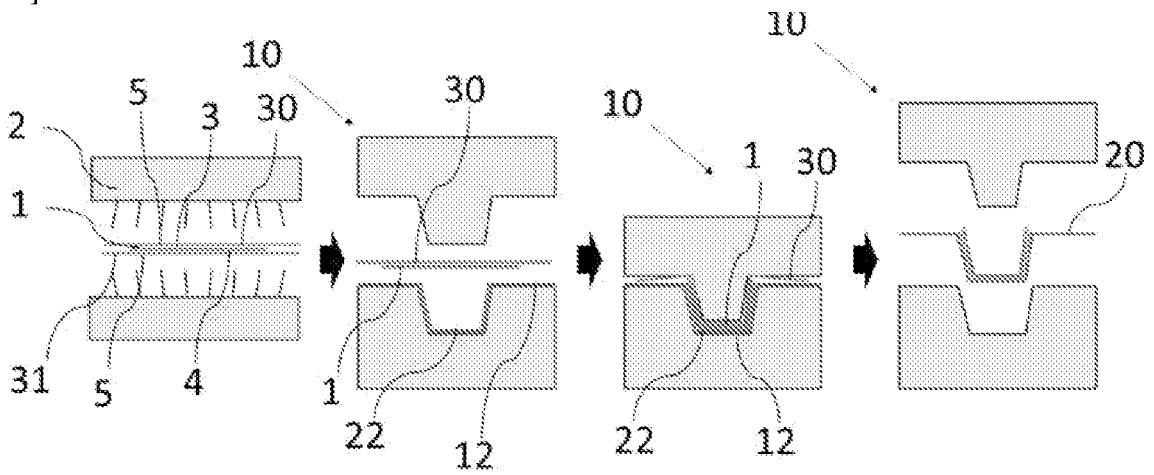


Fig. 8

[Fig. 9]

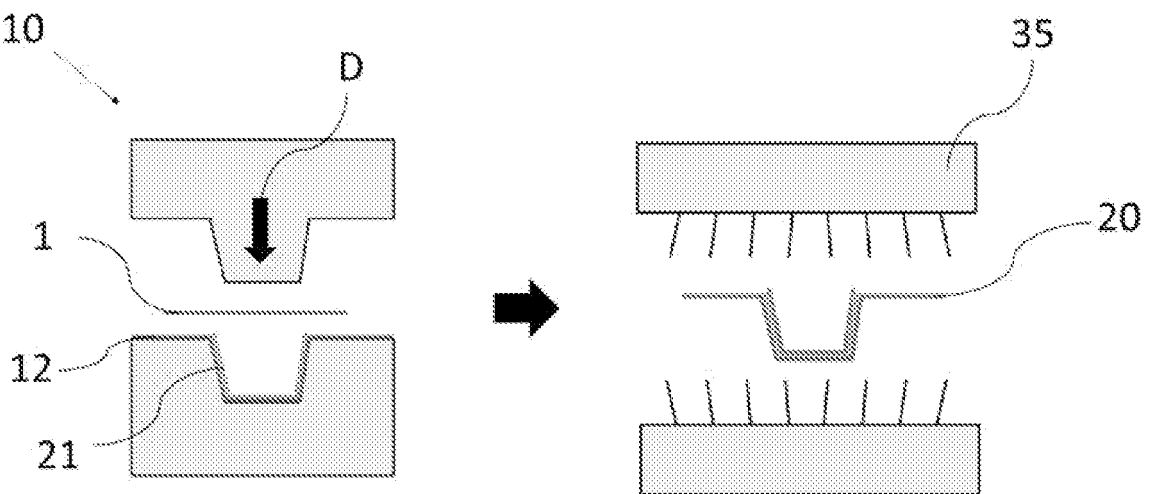


Fig. 9

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

**FA 909571**  
**FR 2206525**

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
<b>X</b>	<b>EP 3 296 089 A1 (PLASTIC OMNIUM CIE [FR]) 21 mars 2018 (2018-03-21) * Document entier, voir surtout figs.7 à 9, 17 à 19, [0057] à [0059] *</b> -----	<b>1-4, 12-16</b>	<b>B29C65/48 B29C65/64 B29C70/08</b>
			<b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</b>
			<b>B29C B62D</b>
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
<b>9 mars 2023</b>		<b>Patmanathan, Nithi</b>	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		.....	
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2206525 FA 909571**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **09-03-2023**  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
<b>EP 3296089 A1</b>	<b>21-03-2018</b>	<b>EP 3296089 A1</b>	<b>21-03-2018</b>
		<b>FR 3056145 A1</b>	<b>23-03-2018</b>
		<b>MA 41704 A</b>	<b>19-05-2021</b>
-----			