

12 DEMANDE DE CERTIFICAT D'UTILITE

A3

22 Date de dépôt : 19.10.16.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 20.04.18 Bulletin 18/16.

56 Les certificats d'utilité ne sont pas soumis à la
procédure de rapport de recherche.

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : ROCTOOL Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : FEIGENBLUM JOSE.

73 Titulaire(s) : ROCTOOL Société anonyme.

74 Mandataire(s) : IPSIDE.

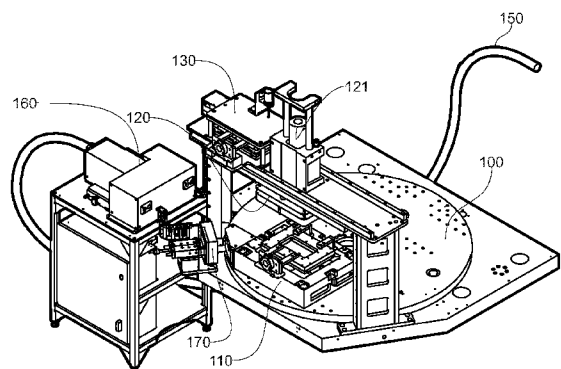
54 PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LA CONSOLIDATION D'UNE PREFORME TEXTILE ET SURMOULAGE.

57 L'invention concerne un dispositif pour le thermoformage d'une pièce composite et le surmoulage par injection d'une forme sur une face de ladite pièce composite, dans un moule comportant une matrice de formage et un poinçon appariés définissant entre eux une cavité fermée, ladite matrice de formage étant montée sur un transfert comportant :

a. un poste de chargement/déchargement d'un flan sur la matrice de formage ;

b. un poste d'injection et de fermeture du moule entre le poinçon et la matrice de formage ;

caractérisé en ce que la matrice de formage comprend un réseau d'inducteurs pour le chauffage de sa surface moulante et un réseau de refroidissement de ladite surface moulante par circulation fluide, et que le poste de chargement/déchargement comprend un dispositif pour le placement d'un élément rayonnant face à la surface moulante de la matrice de formage.



L'invention concerne un procédé et un dispositif pour la consolidation d'une préforme textile et la réalisation d'un surmoulage sur la pièce ainsi consolidée. L'invention est plus particulièrement adaptée à la réalisation d'une pièce en matériau composite renforcée par des fibres longues ou continue sous la forme générale d'une

5 coque, laquelle pièce comprend une face technique surmoulée, comprenant notamment des nervures, des rainures, des puits de fixation ou des élément de positionnement ou d'assemblage, sans que cette liste ne soit limitative ni exhaustive.

Un telle pièce est par exemple représentée par un capot de matériel électronique, tel un écran de télévision, mais l'invention est également applicable

10 dans d'autres domaine, tels que l'automobile, l'aéronautique ou la bagagerie. L'utilisation d'une préforme textile à fibres longues ou continues permet de réduire le poids d'une telle pièce tout en augmentant sa résistance mécanique en comparaison des solutions de l'art antérieur utilisant un polymère injecté renforcé par des fibres courtes.

15 À cette fin, selon l'art antérieur, un flan préconsolidé constitué d'un matériau composite thermoplastique stratifié à fibres continues est préchauffé à une température suffisante pour permettre le glissement interlaminaire des plis le constituant. Ledit flan est placé sur une matrice de formage et thermoformé à la forme de cette matrice, lors de la fermeture du moule. Après, ou concomitamment

20 à la reconsolidation dudit flan en forme, la face technique est surmoulée par injection dans ce même moule, puis la pièce est démoulée après refroidissement.

Ce cycle de fabrication entraîne des cycles thermiques de chauffage et de refroidissement tant du flan que du moule. Ainsi, pour réaliser le thermoformage le flan est porté à une température proche, voire supérieure à la température de fusion

25 de sa matrice polymère, afin permettre le glissement interlaminaire des plis le constituant, alors que la matrice de formage, et le moule d'une manière générale, sont préchauffés à une température proche ou légèrement supérieure à la température de consolidation ou de transition vitreuse de ladite matrice polymère, la consolidation en forme du flan puis l'injection nécessite un refroidissement du moule

30 à une température adaptée à la consolidation du flan mais suffisante pour permettre l'injection et le remplissage de tous les détails du moule, puis la pièce doit être refroidie à une température adaptée à son démoulage, avant l'ouverture du moule.

Lequel moule doit ensuite être réchauffé pour reprendre le cycle. La durées des cycles de chauffage-refroidissement, définissent le temps de réalisation de la pièce. Lorsqu'ils sont mis en oeuvre par des moyens de chauffage indirect du moule, par exemple via une circulation fluide ou des résistances électriques parcourant le moule
5 sont longs en regard des cadences de production visées pour les pièces redevables de l'invention. Le chauffage du flan est, selon l'art antérieur, réalisé en dehors du moule par des panneaux radiants dans l'infrarouge, ledit flan, une fois déconsolidé et prêt à être thermoformé, perd de sa cohésion et devient difficile à manipuler.

La technique de chauffage par induction telle que décrite, notamment, dans le
10 document EP 1 894 442, permet de chauffer et de refroidir rapidement un moule destiné au thermoformage ou à l'injection, et d'obtenir un contrôle fin tant de la température que de l'uniformité de cette température sur les surfaces moulantes du moule en limitant le volume du moule effectivement chauffé. Cette solution technique, si elle permet de contrôler la température d'un moule notamment
15 d'injection ou de thermoformage ne permet pas de réaliser le préchauffage du flan.

Le document EP 2 861 399 décrit une autre solution technique de chauffage des surfaces d'un moule, utilisant un élément rayonnant porté à haute température, placé en vis-à-vis desdites surfaces moulantes. Cette solution technique seule ne permet pas le contrôle de la température dans la cavité moulante une fois l'élément
20 rayonnant écarté des surfaces et le moule fermé.

L'invention vise à résoudre les inconvénients de l'art antérieur pour la réalisation à haute cadence d'une pièce composite thermoformé comprenant un surmoulage et concerne à cette fin un Dispositif pour le thermoformage d'une pièce composite et le surmoulage par injection d'une forme sur une face de ladite pièce composite, dans
25 un moule comportant une matrice de formage et un poinçon appairés définissant entre eux une cavité fermée, ladite matrice de formage étant montée sur un transfert comportant :

- a. un poste de chargement déchargement d'un flan sur la matrice de formage ;
 - 30 b. un poste d'injection et de fermeture du moule entre le poinçon et la matrice de formage ;
- dans lequel la matrice de formage comprend un réseau d'inducteurs pour le

chauffage de sa surface moulante et un réseau de refroidissement de ladite surface moulante par circulation fluide, et que le poste de chargement-déchargement comprend un dispositif pour le placement d'un élément rayonnant face à la surface moulante de la matrice de formage. Ainsi, le dispositif permet de préchauffer
5 directement le flan sur la matrice de formage avant de fermer moule pour réaliser l'injection. Le flan étant préchauffé une fois placé sur la matrice de formage, il est facile à manipuler lors de son chargement, notamment par un robot.

L'invention est avantageusement mise en oeuvre selon les modes de réalisation et les variantes exposés ci-après, lesquels sont à considérer
10 individuellement ou selon toute combinaison techniquement opérante.

Avantageusement, l'élément rayonnant est un écran chauffé par induction. Ainsi l'écran, par exemple un écran en graphite, est porté rapidement à haute température et permet un chauffe rapide du flan et de la matrice de formage.

Avantageusement, le réseau d'inducteurs de la matrice de formage et celui
15 assurant le chauffage de l'élément rayonnant sont alimentés en courant haute fréquence par un seul et même générateur, réduisant ainsi la puissance électrique installée et le coût de l'installation.

Selon un mode de réalisation particulier, un commutateur pour l'alimenter
20 alternativement le réseau d'inducteurs de la matrice de formage et celui assurant le chauffage de l'élément rayonnant par le générateur haute fréquence unique. Le commutateur permet de changer facilement et automatiquement le poste du transfert alimenté en courant à haute fréquence par le générateur unique.

Selon un mode de réalisation particulièrement avantageux, le dispositif objet de
25 l'invention comporte deux matrices de formage chacune appairée avec le poinçon et comportant chacune un réseau d'inducteurs et un circuit de refroidissement pour le chauffage et le refroidissement de leurs surfaces moulantes, montées sur le transfert de sorte que l'une des matrices se trouve au poste de chargement déchargement lorsque l'autre se trouve au poste d'injection.

Avantageusement, le circuit d'induction de chauffage de l'élément rayonnant ou
30 le circuit comprenant le réseau d'inducteurs de la matrice de formage, comprend un coffret de capacités ou une bobine d'ajustement. Ces moyens permettent d'adapter

l'impédance de chaque circuit et d'assurer le démarrage du générateur haute fréquence et son fonctionnement optimal, quelque soit le circuit alimenté, bien que ceux-ci aient des caractéristiques électriques différentes.

L'invention concerne également un procédé pour la réalisation d'une pièce composite en forme comprenant un surmoulage, mettant en oeuvre un dispositif selon l'invention et comprenant les étapes consistant à :

- i. placer sur une des matrices de formage au poste de chargement/déchargement, un flan composite ;
- ii. préchauffer ladite matrice et le flan en contact avec celle-ci au moyen jusqu'à une température T1 adaptée au thermoformage dudit flan ;
- iii. transférer la matrice au poste d'injection,
- iv. fermer le moule sur ladite matrice en maintenant la température T1 de sorte à réaliser le thermoformage du flan ;
- v. refroidir la matrice à une température T2 adaptée à la consolidation du flan et à l'injection ;
- vi. injecter la partie surmoulée ;
- vii. refroidir la cavité moulante jusqu'à la température de démoulage ;
- viii. ouvrir le moule ;
- ix. transférer la matrice au poste de chargement/déchargement ;
- x. démouler la pièce et reprendre à l'étape i)

dans lequel les étapes i) et x) sont réalisées sur la première matrice en même temps que les étapes iv) à vi) sont réalisées sur la deuxième matrice et que l'étape ii) est réalisée sur la première matrice en même temps que les étapes vii) et viii) sur la deuxième matrice. Ainsi les tâches sont réalisées en parallèle et la cadence de production est augmentée.

Avantageusement, l'étape ii) comprend le chauffage du flan et de la matrice de formage au moyen de l'élément rayonnant.

Selon un mode de réalisation mettant en oeuvre un dispositif selon l'invention comprenant un commutateur, ledit commutateur dirige l'alimentation en courant à haute fréquence vers les moyens de chauffage de l'élément rayonnant pendant l'étape ii) et vers les réseaux d'inducteurs la deuxième matrice de formage pendant les étapes iv) à vi).

L'invention est exposée ci-après selon ses modes de réalisation préférés, nullement limitatifs, et en référence aux figures 1 à 5, dans lesquelles :

- la figure 1 montre selon une vue en perspective un exemple de réalisation du dispositif objet de l'invention ;
- 5 - la figure 2 est une vue partielle en perspective d'un exemple de réalisation du commutateur sans ses capots ;
- la figure 3 représente selon une vue partielle en perspective, un exemple de réalisation de la connexion pilotée, sans ses capots, pour le raccordement électrique du réseau d'inducteurs de la matrice de formage au générateur
- 10 haute fréquence au poste d'injection du dispositif objet de l'invention ;
- la figure 4 illustre selon une vue schématique en coupe, un exemple de réalisation du dispositif objet de l'invention comprenant deux matrices de formage ;
- et la figure 5 est un chornogramme d'un exemple de mise en oeuvre du
- 15 dispositif objet de l'invention selon un exemple de réalisation du procédé objet de l'invention.

Figure 1, selon un exemple de réalisation du dispositif objet de l'invention dans un mode de réalisation ne comportant qu'une seule matrice de formage, ledit dispositif comprend un transfert circulaire (100) rotatif sur au moins un quart de tour

20 (90°). Une matrice (110) est montée sur ledit transfert (100) et se trouve sur cette figure, au poste d'injection, en face d'un poinçon (120) appairé avec ladite matrice et dont le déplacement vertical, est commandé par un vérin (121). Le déplacement vertical dudit poinçon (120) permet de fermer et d'ouvrir le moule constitué par le poinçon (120) et la matrice (110) dont les surfaces moulantes délimitent une cavité

25 fermée comprenant la la pièce lorsque le moule est fermé. Lorsque le plateau du transfert circulaire est tourné d'un quart de tour, ladite matrice (110) se trouve au poste de chargement / déchargement, sous un dispositif de préchauffage (130) comprenant un écran rayonnant et des moyens pour permettre le chauffage de cet écran rayonnant. À titre d'exemple non limitatif, l'écran rayonnant est constitué d'un

30 panneau de graphite. Le dispositif est relié par une ligne de puissance (150) à un générateur de courant à haute fréquence (non représenté). À titre d'exemple ledit générateur produit un courant à une fréquence comprise entre 10 kHz et 200 kHz

pour une puissance comprise entre une dizaine et quelques centaines de KW, selon l'application visée. Un commutateur (160) permet d'alimenter en courant haute fréquence, à partir de ce générateur (150) unique, la matrice de formage (110) lorsqu'elle est au poste d'injection ou le dispositif de préchauffage (130) au poste de chargement / déchargement. Selon cet exemple de réalisation, le poste d'injection comprend en outre une connexion (170) pilotée coopérant avec des moyens associés à la matrice de formage (110) de sorte à alimenter électriquement le réseau d'inducteurs de ladite matrice.

Figure 2, selon un exemple de réalisation, le commutateur comporte une arrivée (150) de courant électrique à haute fréquence connectée d'un côté au générateur haute fréquence et de l'autre à un cavalier (260) constitué de deux blocs conducteurs, par exemple en cuivre. Selon cet exemple de réalisation, le cavalier (260) est apte à se déplacer selon un mouvement de translation commandé par un moteur électrique pas à pas (265), entre deux paires (261, 263) de contacts récepteurs, l'une (263) desdites paires étant connectée au circuit de chauffage par induction du panneau rayonnant et l'autre (261) au circuit d'induction comprenant le réseaux d'inducteurs de la matrice de formage. Lesdits contacts récepteurs (261, 263) sont chacun constitués de deux blocs conducteurs, par exemple en cuivre. Un boîtier de commande électronique (290) pilote le moteur pas à pas (265) pour commuter l'alimentation haute fréquence entre le panneau rayonnant et le réseau d'inducteurs de la matrice de formage. Chacun des circuits électriques d'induction du panneau rayonnant de la matrice de formage comprend, si besoin, un coffret de capacités et une bobine d'ajustement (non représentés), tels que décrits dans le document EP 2 742 773 / US-2014-0183178, de sorte à permettre le démarrage du générateur haute fréquence et son fonctionnement optimal lorsque celui-ci alimente l'un ou l'autre des circuits d'induction.

Figure 3, selon un exemple de réalisation la connexion pilotée comprend une partie (371) fixe par rapport au poste d'injection du transfert et une partie (372) liée à la matrice de formage. La partie fixe (371) comprend une paire de contacts femelles (311) isolés sur la surface extérieure, aptes réaliser une connexion avec une paire de contacts mâles (312) sur la partie (372) liée à la matrice de formage. Selon cet exemple de réalisation la connexion est réalisée par le déplacement desdits

contact femelles (311), ce déplacement étant réalisé par un vérin pneumatique (375) à double effet. Des moyens (320) de circulation d'air comprimé permettent de refroidir les contacts (311).

Figure 4, selon un mode de réalisation, le dispositif objet de l'invention
5 comprend deux matrices de formage (411, 412) placées sur le plateau transfert (100). Ledit plateau transfert (100) permet de déplacer la première (411) et la seconde matrice (412) alternativement entre le poste de chargement / déchargement et le poste d'injection en réalisant une portion de tour, 90° ou 180°. Ainsi le dispositif objet de l'invention, selon ce mode de réalisation permet de réaliser deux pièces en
10 parallélisant les opérations réalisées sur ces deux pièces selon un cycle pendulaire. Chaque matrice de formage (411, 412) comprend un réseau d'inducteurs (413) s'étendant dans des cavités réalisées dans ladite matrice et des conduits (414) de refroidissement pour la circulation d'un fluide. Ce mode de réalisation des matrices de formage et ses variantes sont décrits notamment dans le document EP 1 894 442.
15 Le poinçon (120) positionné au poste d'injection, définit une cavité fermée lorsque qu'il est mis en contact avec une des matrices de formage, cavité fermée comprise entre les surfaces moulantes de la matrice et du poinçon. La surface moulante du poinçon comprend des formes (422) correspondant aux reliefs créés sur la pièce réalisée par surmoulage. À cette fin, ledit poinçon comprend des moyens (421) d'injection
20 plastique dans la cavité fermée comprise entre les surfaces moulantes du poinçon et de la matrice de formage. Selon un mode de réalisation, le poinçon comprend également des conduits (423) de refroidissement pour la circulation d'un fluide. Le poste de chargement / déchargement comprend un dispositif (130) de chauffage par élément rayonnant. Ce dispositif de chauffage comprend, par exemple, un panneau
25 (431) de graphite, placé dans un spire (432) laquelle spire est connectée à un générateur haute fréquence (490) via le commutateur (160). Lorsque ladite spire (432) est alimentée en courant haute fréquence, le panneau de graphite (431) est chauffé par induction et rapidement porté à haute température, par exemple 1000° C. Le coefficient d'émissivité élevé du graphite permet de transférer par rayonnement
30 une grande part de l'énergie utilisée pour son chauffage. Le chauffage par induction permet un chauffage rapide du panneau rayonnant ce qui évite de maintenir ledit panneau en permanence à haute température, limitant ainsi sa dégradation par

oxydation. Le rayonnement thermique (435) généré par le dispositif (130) de chauffage par élément rayonnant, permet de porter le flan (450) composite stratifié utilisé pour la réalisation de la pièce, jusqu'à une température adaptée à son thermoformage, alors que ledit flan (450) se trouve posé sur la matrice (412) au
5 poste de chargement / déchargement, mais aussi de préchauffer la surface moulante de ladite matrice (412) avant ou pendant que le flan est posé sur celle-ci. Ledit flan (450) est déposé froid sur la matrice (412), par un opérateur ou un robot selon des variantes de mise en oeuvre. Avantagement la surface moulante de la matrice comprend un revêtement, par exemple un chromage noir, ou à base carbure de
10 silicium (SiC), permettant d'améliorer son absorption du rayonnement infrarouge et son chauffage par rayonnement. Un pyromètre (non représenté) permet de mesurer la température du flan ou de la surface moulante de la matrice au cours de leur chauffage par rayonnement. Le commutateur (160) permet de diriger le courant de puissance, généré par le générateur haute fréquence (490), via la connexion pilotée
15 (170), vers le réseau d'inducteurs (413) de la matrice de formage (411) se trouvant au poste d'injection.

Figure 5, selon un exemple de mise en oeuvre du procédé objet de l'invention, une partie des étapes de fabrication (510 - 512) sont mise en oeuvre sur le poste de chargement / déchargement et l'autre partie des étapes de fabrication (520 - 524) est
20 mise en oeuvre sur le poste d'injection. Ainsi, les étapes sont réalisées en parallèle de manière à accroître la cadence de production. En partant du poste de chargement / déchargement, selon une étape de démoulage (510) la pièce préalablement thermoformée et surmoulée est retirée de la matrice de formage et la matrice est nettoyée. Au cours d'une étape (511) de chargement, un flan composite est posé sur
25 la matrice. Au cours d'une étape (512) de préchauffage, le flan et la matrice de formage sont portés à la température de thermoformage par rayonnement. Pendant cette étape (512) le dispositif de chauffage par moyen rayonnants est alimenté en courant à haute fréquence. Par une rotation (513) du plateau transfert, la matrice et le flan préchauffé sont amenés au poste d'injection. En même temps la pièce
30 thermoformée et surmoulée dans l'autre matrice est amenée au poste de chargement / déchargement. Au cours d'une étape (520) de fermeture du moule le flan est thermoformé. Le réseau d'inducteurs de la matrice de formage est connecté

au générateur haute fréquence à l'issue de l'étape de transfert. Au cours d'une étape (521) de maintien en température ladite matrice est maintenue à la température de thermoformage pour assurer une imprégnation uniforme des plis du plan ainsi formé. Pendant ce temps les moyens rayonnants ne sont plus alimentés par le générateur.

- 5 Au cours d'une étape (522) de refroidissement le flan thermoformé est refroidi jusqu'à une température inférieure la température de transition vitreuse de sa matrice polymère mais suffisante pour permettre le surmoulage. Au cours d'une étape (523) d'injection, le surmoulage est réalisé. Durant cette étape le réseau d'inducteur de la matrice de formage n'est plus alimenté ce qui permet d'alimenter les moyens de
- 10 chauffage par rayonnement. Au cours d'une étape (524) de refroidissement, le moule constitué de la matrice de formage et du poinçon est refroidi par circulation fluide, puis le moule est ouvert avant que le plateau transfert n'effectue (513) une nouvelle rotation, amenant la pièce finie, sur sa matrice de formage au poste de chargement / déchargement. Ainsi les opérations de fabrication sont réalisées en
- 15 parallèle sur les deux pièces bien qu'un seul générateur haute fréquence ne soit utilisé.

- La description ci-avant et les exemples de réalisation, montrent que l'invention atteint le but visé, à savoir qu'elle permet de réaliser en parallèle les tâches de fabrication de deux pièces thermoformées et surmoulées, en doublant quasiment la
- 20 cadence de production, tout en utilisant un générateur de courant haute fréquence unique, limitant ainsi la puissance électrique installée.

REVENDICATIONS

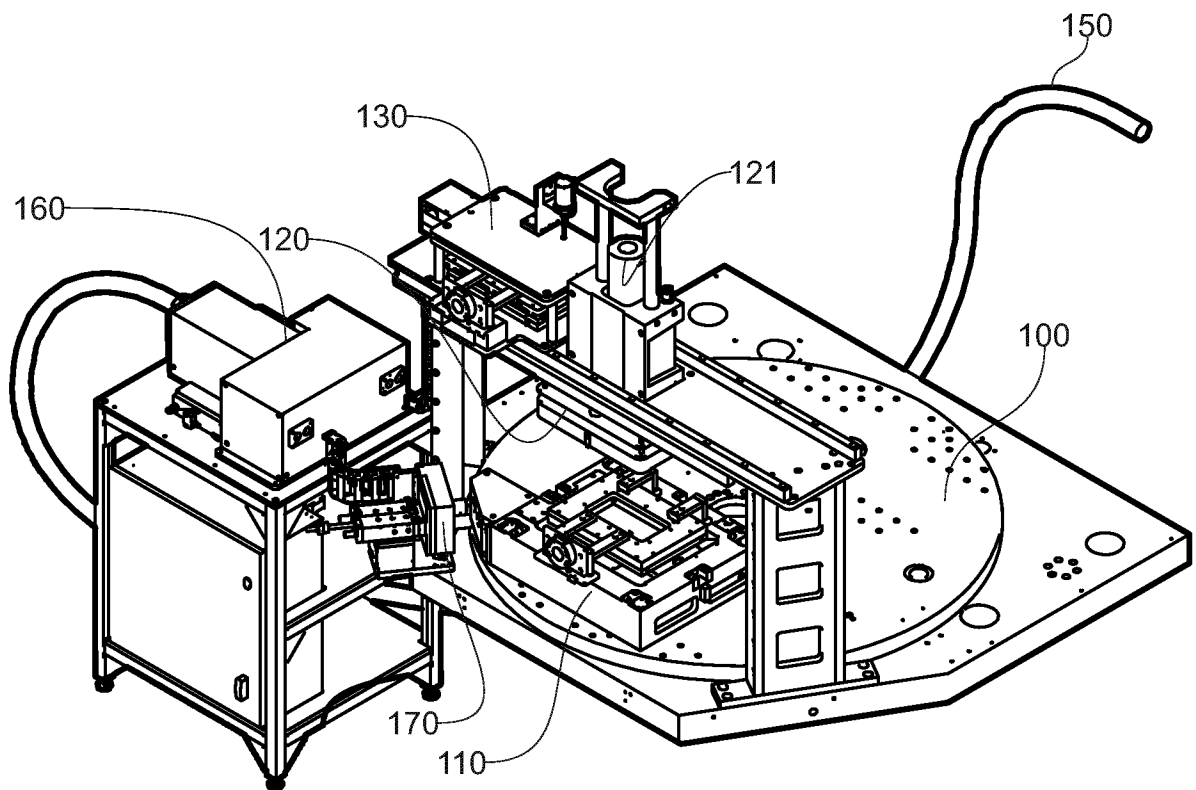
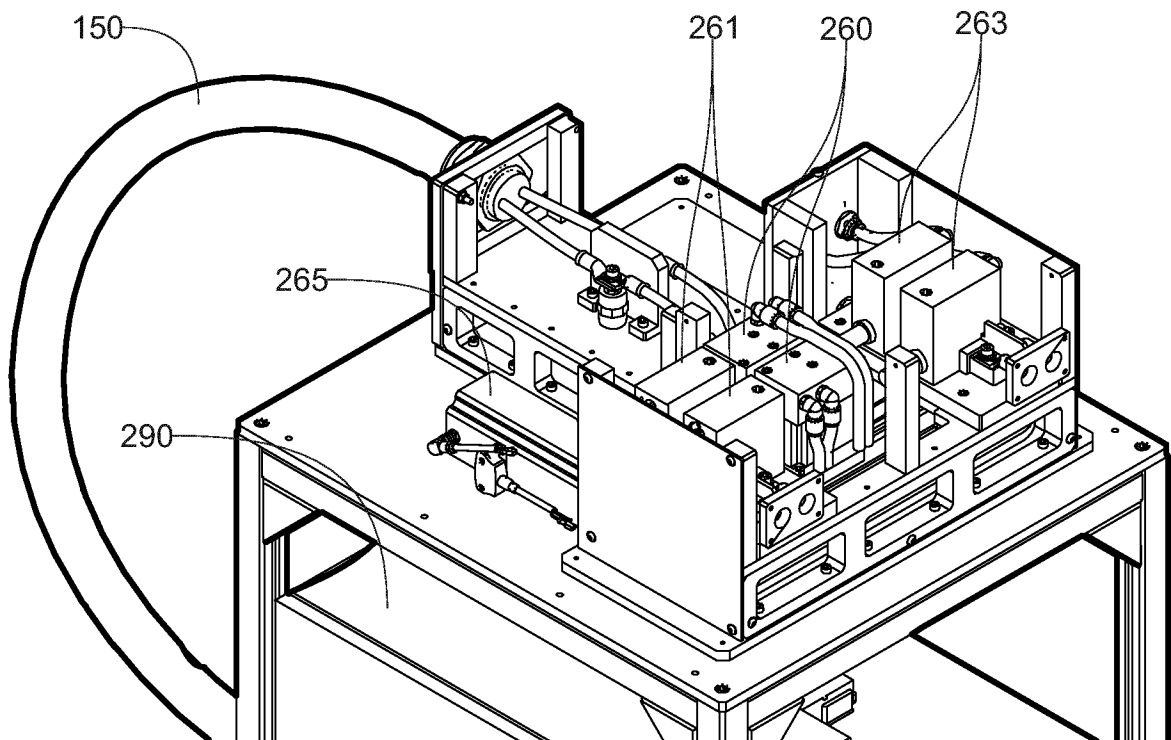
1. Dispositif pour le thermoformage d'une pièce composite et le surmoulage par injection d'une forme sur une face de ladite pièce composite, dans un moule comportant une matrice de formage et un poinçon appairés définissant entre eux une cavité fermée, ladite matrice de formage étant montée sur un transfert comportant :
 - a. un poste de chargement déchargement d'un flan sur la matrice de formage ;
 - b. un poste d'injection et de fermeture du moule entre le poinçon et la matrice de formage ;caractérisé en ce que la matrice de formage comprend un réseau d'inducteurs pour le chauffage de sa surface moulante et un réseau de refroidissement de ladite surface moulante par circulation fluide, et que le poste de chargement-déchargement comprend un dispositif pour le placement d'un élément rayonnant face à la surface moulante de la matrice de formage.
2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel l'élément rayonnant est un écran chauffé par induction.
3. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel le réseau d'inducteurs de la matrice de formage et celui assurant le chauffage de l'élément rayonnant sont alimentés en courant haute fréquence par un seul et même générateur.
4. Dispositif selon la revendication 3, comportant un commutateur pour l'alimenter alternativement le réseau d'inducteurs de la matrice de formage et celui assurant le chauffage de l'élément rayonnant par le générateur haute fréquence unique.
5. Dispositif selon la revendication 3, dans lequel le circuit d'induction de chauffage de l'élément rayonnant ou le circuit comprenant le réseau d'inducteurs de la matrice de formage, comprend un coffret de

capacités ou une bobine d'ajustement.

- 5
6. Dispositif selon la revendication 1 comportant deux matrices de formage chacune appairée avec le poinçon et comportant chacune un réseau d'inducteurs et un circuit de refroidissement pour le chauffage et le refroidissement de leurs surfaces moulantes, montées sur le transfert de sorte que l'une des matrices se trouve au poste de chargement déchargement lorsque que l'autre se trouve au poste d'injection.
- 10
7. Procédé pour la réalisation d'une pièce composite en forme comprenant un surmoulage, mettant en oeuvre un dispositif selon la revendication 5, comprenant les étapes consistant à :
- 15
- i. placer sur une des matrices de formage au poste de chargement/déchargement, un flan composite ;
 - ii. préchauffer ladite matrice et le flan en contact avec celle-ci au jusqu'à une température T1 adaptée au thermoformage dudit flan ;
 - 20
 - iii. transférer la matrice au poste d'injection,
 - iv. fermer le moule sur ladite matrice en maintenant la température T1 de sorte à réaliser le thermoformage du flan ;
 - v. refroidir la matrice à une température T2 adaptée à la consolidation du flan et à l'injection ;
 - 25
 - vi. injecter la partie surmoulée ;
 - vii. refroidir la cavité moulante jusqu'à la température de démoulage ;
 - viii. ouvrir le moule ;
 - 30
 - ix. transférer la matrice au poste de chargement/déchargement ;
 - x. démouler la pièce et reprendre à l'étape i)
- caractérisée en ce que les étapes i) et x) sont réalisées sur la première matrice en même temps que les étapes iv) à vi) sont réalisées sur la deuxième matrice et que l'étape ii) est réalisée sur la première matrice en même temps que les étapes vii) et viii) sur la deuxième matrice.

8. Procédé selon la revendication 7, mettant en oeuvre un dispositif selon la revendication 3, dans lequel l'étape ii) comprend le chauffage du flan et de la matrice de fromage au moyen de l'élément rayonnant.
- 5 9. Procédé selon la revendication 7, mettant en oeuvre un dispositif selon la revendication 4, dans lequel le commutateur dirige l'alimentation en courant à haute fréquence vers les moyens de chauffage du panneau rayonnant pendant l'étape ii) et vers le réseaux d'inducteurs de la deuxième matrice de fromage pendant les étapes iv) à vi).

1/3

**Fig. 1****Fig. 2**

2/3

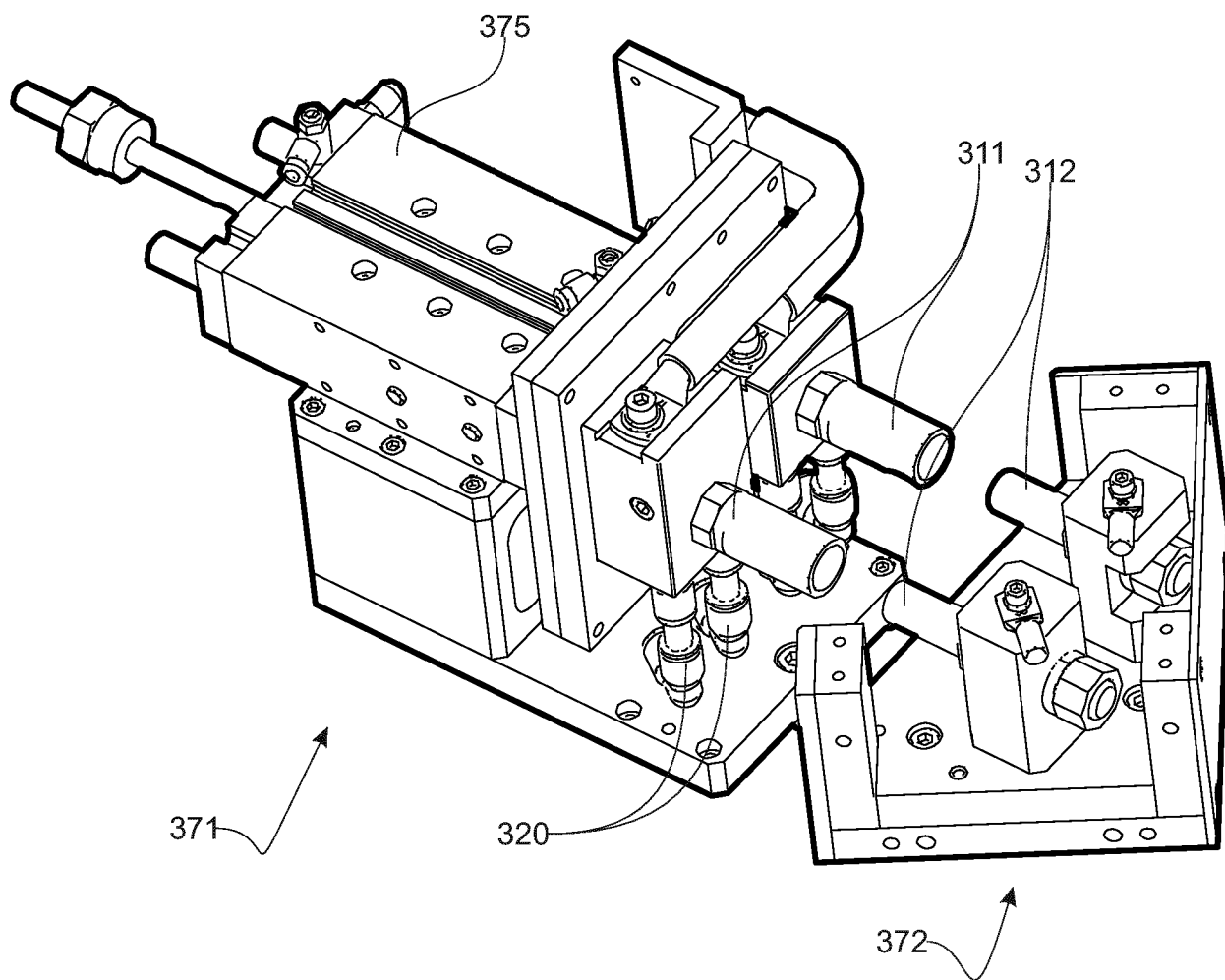


Fig. 3

3/3

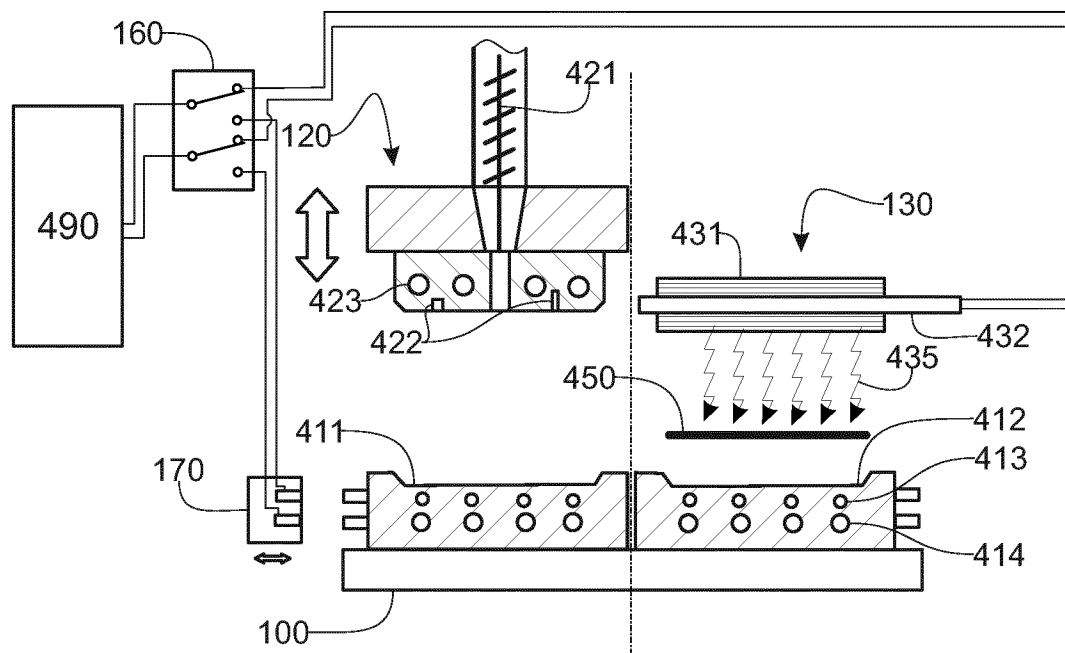


Fig. 4

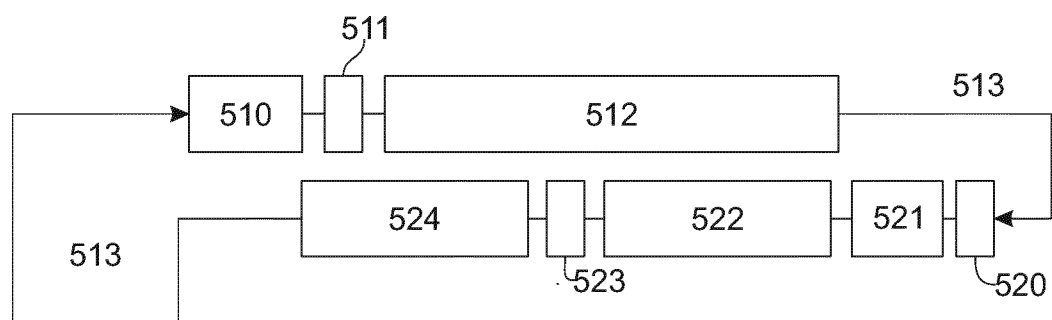


Fig. 5