



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 33340 B1** (51) Cl. internationale : **B28B 3/02; B28B 3/00; B28B 7/06**
- (43) Date de publication : **01.06.2012**

-
- (21) N° Dépôt : **34420**
- (22) Date de Dépôt : **06.12.2011**
- (30) Données de Priorité : **11.05.2009 FR 0902246**
- (86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/FR2010/050885 07.05.2010**
- (71) Demandeur(s) : **LAFARGE, 61 RUE DES BELLES FEUILLES F-75116 PARIS (FR)**
- (72) Inventeur(s) : **JACQUES, Laurence ; LAGRANGE, Thibault**
- (74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**

(54) Titre : **DISPOSITIF DE MOULAGE ET PROCEDE DE FABRICATION**

- (57) Abrégé : L'invention se rapporte à un procédé de fabrication, comprenant les étapes suivantes : -introduire le matériau à mouler dans un moule (14); -disposer le moule dans une enveloppe (12) comprenant une prise de vide 05); -réaliser une dépression dans l'enveloppe par formation d'un écoulement gazeux par la prise de vide; -déformer le moule; -arrêter l'écoulement gazeux; et -appliquer une pression sur au moins une partie du moule, éventuellement avec interposition de l'enveloppe, au moins après l'arrêt de l'écoulement gazeux. L'invention se rapporte aussi à un dispositif pour mouler des pièces.

RESUME

L'invention se rapporte à un procédé de fabrication, comprenant les étapes suivantes : - introduire le matériau à mouler dans un moule (14); -disposer le moule dans une enveloppe (12) comprenant une prise de vide 05); -réaliser une dépression dans l'enveloppe par formation d'un écoulement gazeux par la prise de vide; -déformer le moule; -arrêter l'écoulement gazeux; et -appliquer une pression sur au moins une partie du moule, éventuellement avec interposition de l'enveloppe, au moins après l'arrêt de l'écoulement gazeux. L'invention se rapporte aussi à un dispositif pour mouler des pièces.



1
0 1 JUIN 2012**DISPOSITIF DE MOULAGE ET PROCEDE DE FABRICATION**

La présente invention concerne un dispositif de moulage de pièces en un matériau à mouler, par exemple en béton et un procédé de fabrication de pièces dudit
5 matériau par moulage.

Le document WO2007/001794, au nom de la Demanderesse, décrit un procédé de fabrication de pièces en béton consistant à introduire un matériau à mouler dans un moule, à disposer le moule dans une enveloppe, à réaliser une dépression dans l'enveloppe de façon à maintenir les parois du moule, et à déformer le moule. Après
10 la prise du béton, le moule peut être retiré de l'enveloppe. Des pièces moulées peuvent être fabriquées par ce procédé de façon simple. La dépression est, de façon générale, réalisée dans le moule à l'aide d'une pompe à vide, qui fonctionne par aspiration de l'air présent dans l'enveloppe.

Bien que ce procédé fonctionne de façon tout à fait satisfaisante, la
15 Demanderesse a mis en évidence que, pour certaines applications, des déformations indésirables plus ou moins importantes au niveau des pièces moulées pouvaient être obtenues. Ces déformations sont liées à un retrait différentiel de la pièce moulée dû à une déshydratation non uniforme.

Il existe donc un besoin d'un dispositif et d'un procédé de fabrication de pièces
20 par moulage dans lesquels le moule est contenu dans une enveloppe dans laquelle une dépression est formée et qui permettent de réduire, voire de supprimer, les déformations indésirables des pièces moulées.

Dans ce but, la présente invention propose un dispositif de moulage comprenant :

- 25 -une enveloppe ;
 -un moule, le moule étant dans l'enveloppe ;
 -une prise de vide adaptée à laisser passer un écoulement gazeux pour former une dépression dans l'enveloppe ;
 -un élément d'obturation adapté à interrompre ledit écoulement gazeux
30 après formation de la dépression ;
 -un organe de déformation du moule ; et
 -un moyen, différent de l'enveloppe et de l'organe de déformation, adapté à exercer une pression sur au moins une partie du moule, éventuellement avec interposition de l'enveloppe, une fois que la
35 dépression est formée.

Selon un exemple de réalisation, le dispositif comprend, en outre, une pompe à vide et un élément de liaison adapté à relier la pompe à vide à l'enveloppe.

Selon un exemple de réalisation, l'élément d'obturation est intégré à la pompe à vide.

5 Selon un exemple de réalisation, le moule comprend au moins des première et deuxième faces opposées. L'organe de déformation est adapté à appliquer une première pression sur le moule, avec interruption de l'enveloppe, du côté de la première face. Ledit moyen est adapté à appliquer une deuxième pression sur le moule, avec interruption de l'enveloppe, du côté de la deuxième face.

Selon un exemple de réalisation, l'organe de déformation est choisi dans un groupe comprenant un vérin et un gabarit.

10 Selon un exemple de réalisation, ledit moyen comprend au moins une charge ayant une masse supérieure à un kilogramme et destinée à reposer sur au moins une partie du moule, éventuellement avec interposition de l'enveloppe, une fois que la dépression est formée.

15 Selon un exemple de réalisation, ledit moyen a une forme au moins en partie complémentaire du gabarit.

Selon un exemple de réalisation, le dispositif comprend, en outre, au moins un élément de drainage en forme de feuille ou de membrane dans l'enveloppe.

20 Selon un exemple de réalisation, le dispositif comprend, en outre, au moins deux éléments de drainage dans l'enveloppe, le moule étant interposé entre les deux éléments de drainage.

L'invention se rapporte aussi à un procédé de fabrication, comprenant les étapes suivantes :

- 25 -introduire un matériau à mouler dans un moule ;
- disposer le moule dans une enveloppe comprenant une prise de vide ;
- réaliser une dépression dans l'enveloppe par formation d'un écoulement gazeux par la prise de vide ;
- déformer le moule par un organe de déformation ;
- arrêter l'écoulement gazeux ; et
- 30 -appliquer une pression, par un moyen différent de l'enveloppe et de l'organe de déformation, sur au moins une partie du moule, éventuellement avec interposition de l'enveloppe au moins après l'arrêt de l'écoulement gazeux.

35 Selon un exemple de réalisation, la prise de vide est reliée à une pompe à vide par l'intermédiaire d'un élément de liaison. L'étape de réalisation de la dépression comprend la mise en marche de la pompe à vide et l'étape d'arrêt de l'écoulement gazeux comprend l'arrêt de la pompe à vide.

Selon un exemple de réalisation, l'étape d'arrêt de l'écoulement gazeux comprend l'obturation au moins partielle de l'élément de liaison.

Selon un exemple de réalisation, le moule est déformé par un organe de déformation choisi dans un groupe comprenant un vérin et un gabarit.

Selon un exemple de réalisation, le moule comprend au moins des première et deuxième faces opposées. L'organe de déformation applique une première pression sur le moule, avec interruption de l'enveloppe, du côté de la première face. Ledit moyen applique une deuxième pression sur le moule, avec interruption de l'enveloppe, du côté de la deuxième face.

Selon un exemple de réalisation, l'étape d'application d'une pression comprend la disposition d'au moins une charge sur au moins une partie du moule, éventuellement avec interposition de l'enveloppe.

Selon un exemple de réalisation, ledit moyen applique une deuxième pression sensiblement uniforme sur le moule, avec interruption de l'enveloppe, sur plus de la moitié de la deuxième face.

Par de nombreux essais, la Demanderesse a mis en évidence que le retrait était au moins en partie dû à une aspiration de la vapeur d'eau présente dans l'enveloppe par la pompe à vide lorsque celle-ci est reliée à l'enveloppe par la prise de vide pour former la dépression dans l'enveloppe. Ceci se traduit par un assèchement accéléré du matériau de moulage pouvant entraîner des déformations indésirables de la pièce moulée.

La Demanderesse a mis en évidence que, une fois formée, la dépression présente dans l'enveloppe ne se résorbe que lentement même si l'écoulement gazeux, qui a conduit à la formation de la dépression dans l'enveloppe, est arrêté. Le moule est alors de façon avantageuse maintenu par l'enveloppe lors de la déformation du moule et simultanément la durée pendant laquelle de la vapeur d'eau est extraite de l'enveloppe est réduite. Un assèchement indésirable du matériau à mouler est ainsi réduit et le retrait du matériau à mouler est réduit.

En outre, en exerçant sur le moule, en complément de la pression exercée par l'enveloppe, une pression supplémentaire par un moyen autre que l'enveloppe pour maintenir le moule en position, le maintien du moule dans la configuration déformée souhaitée est de façon avantageuse assuré.

Par l'expression « liant hydraulique », on entend selon la présente invention par exemple un matériau pulvérulent qui, gâché avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit par suite de réactions et de processus d'hydratation, et qui après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau.

Par le terme « béton », on entend par exemple un mélange de liant hydraulique, de granulats, d'eau, éventuellement d'additifs, et éventuellement d'additions minérales, comme par exemple le béton hautes performances, le béton très hautes performances, le béton autoplaçant, le béton autonivelant, le béton

autocompactant, le béton fibré, le béton prêt à l'emploi ou le béton coloré. Par le terme « béton », on entend par exemple également les bétons ayant subi une opération de finition telle que le béton bouchardé, le béton désactivé ou lavé, ou le béton poli. On entend également selon cette définition le béton précontraint. Le

5 terme « béton » comprend les mortiers. Dans ce cas précis, le béton comprend un mélange de liant hydraulique, de sable, d'eau et éventuellement d'additifs et éventuellement d'additions minérales. Le terme « béton » selon l'invention désigne indistinctement le béton frais ou le béton durci.

10 Selon l'invention, le terme « granulats » désigne par exemple des graviers, des gravillons et/ou du sable.

Par le terme « prise », on entend selon la présente invention le passage à l'état solide par réaction chimique d'hydratation d'un liant hydraulique. La prise est généralement suivie par une période de durcissement.

15 Par le terme « durcissement », on entend selon la présente invention l'acquisition des propriétés mécaniques d'un liant hydraulique, après la fin de la prise.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre de modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemple uniquement et en références aux figures parmi lesquelles :

20 les figures 1 et 2 sont respectivement une vue schématique éclatée en perspective et une section latérale éclatée d'un dispositif de moulage selon un premier exemple de réalisation de l'invention ;

25 les figures 3 à 6 représentent le dispositif de moulage selon le premier exemple de réalisation de l'invention à des étapes successives d'un exemple de procédé de fabrication de pièces moulées selon l'invention ;

la figure 7 est une vue schématique éclatée en perspective d'un dispositif de moulage selon un deuxième exemple de réalisation de l'invention ; et

30 les figures 8 et 9 représentent le dispositif de moulage selon le deuxième exemple de réalisation de l'invention à des étapes successives d'un exemple de procédé de fabrication de pièces moulées selon l'invention.

De mêmes éléments sur les différentes figures sont désignés par les mêmes références. En outre, seuls les éléments nécessaires à la compréhension de la présente invention seront décrits et représentés sur les figures.

35 Les figures 1 et 2 représentent de façon schématique un dispositif de moulage 10 selon un premier exemple de réalisation de l'invention, respectivement selon une vue éclatée en perspective et selon une section latérale éclatée. Le dispositif 10 peut être utilisé pour le moulage de pièces ayant des formes particulières. En particulier, des revêtements aux formes esthétiques pour des ouvrages architecturaux ou de génie

civil peuvent être réalisés. Des pièces aux formes esthétiques peuvent être fabriquées avec un matériau de départ du type du béton.

Le dispositif 10 comporte une enveloppe 12 et un moule 14 qui, au cours d'une partie du procédé de moulage, est disposé dans l'enveloppe 12. Le moule 14 est
5 adapté à recevoir le matériau utilisé pour la réalisation des pièces, du béton par exemple. L'enveloppe 12 comporte une prise de vide 15 adaptée à être reliée à une pompe à vide 16 par un élément de liaison 17, par exemple un tube ou un tuyau. La pompe à vide 16 est, par exemple, une pompe à palettes (lubrifiées ou sèches), une pompe à piston, une pompe à anneau liquide, une pompe à membrane, un éjecteur à
10 vide utilisant la vapeur ou un gaz comprimé, une pompe Roots ou une pompe sèche (sans lubrifiant). Lorsqu'elle n'est pas reliée à l'élément de liaison 17, la prise de vide 15 est dans un état fermé, c'est-à-dire qu'elle ne laisse pas passer d'écoulement gazeux.

La pompe à vide 16 est adaptée à créer une dépression, ou vide, dans
15 l'enveloppe 12 par rapport à la pression atmosphérique. A titre d'exemple, une dépression dans l'enveloppe 12 par rapport à la pression atmosphérique peut être obtenue avec la pompe à vide 16, par exemple de -0,5 bar ou moins, par exemple de -0,8 bar ou moins, par exemple, égale à -0,9 bar. Le dispositif 10 peut être rigidifié d'une manière suffisante par la dépression dans l'enveloppe 12 de sorte que le
20 matériau à mouler ne se déplace pas à l'intérieur du moule 14 lorsque le moule 14 est soumis à déformation. Le matériau peut ainsi demeurer d'épaisseur constante dans le moule 14. Les éléments constitutifs du dispositif de moulage 10 sont rendus solidaires par la dépression. En particulier, l'enveloppe 12 et/ou le moule 14 peuvent être pourvus chacun de deux lèvres sur leur pourtour et qui sont plaquées l'une
25 contre l'autre sous l'effet de la dépression. Ces lèvres assurent de manière simple la fermeture de l'enveloppe 12 et du moule 14 respectivement. L'usage de moyens de fermeture mécaniques peut ainsi être évité. Les lèvres peuvent aussi être réalisées avec un bourrelet sur l'une des lèvres et une gorge sur l'autre des lèvres, la dépression provoquant la pénétration du bourrelet dans la gorge de façon à améliorer
30 l'étanchéité de l'enveloppe 12 et/ou du moule 14.

De façon avantageuse, en réalisant la dépression au sein de l'enveloppe 12, le pompage du matériau qui se situe dans le moule 14 est évité. En effet, par la prise de vide 15, l'air emprisonné dans l'enveloppe 12 est aspiré. Si la prise de vide 15 permettait de créer directement une dépression dans le moule 14, le matériau à
35 mouler risquerait d'être pompé également. Ainsi, le matériau de moulage est confiné par le moule 14 à l'intérieur de l'enveloppe 12, et simultanément une dépression peut être formée dans l'enveloppe 12.

L'enveloppe 12 comporte par exemple une partie supérieure 121 et une partie inférieure 122. Le moule 14 est disposé entre les parties inférieure 122 et supérieure 121. Le moule 14 repose sur la partie inférieure 122. Le moule 14 peut être pris en sandwich par l'enveloppe 12 de façon simple. Il suffit de disposer le moule 14 sur la
5 partie inférieure 122 et de refermer l'enveloppe à l'aide de la partie supérieure 121, la partie supérieure 121 faisant office de couvercle. L'enveloppe 12 est de préférence en un matériau souple. L'enveloppe 12, du fait de sa souplesse, peut être déformée. L'enveloppe 12 est également souple pour favoriser la formation de la dépression dans l'enveloppe 12. L'enveloppe, du fait de sa souplesse, peut épouser la forme du
10 moule 14 sous l'effet de la dépression. Par exemple, l'enveloppe 12 est en un matériau plastique.

Le moule 14 peut comporter une coque supérieure 141 et une coque inférieure 142. La coque inférieure 142 du moule 14 repose sur la partie inférieure 122 de l'enveloppe 12. Le matériau à mouler peut être confiné de façon simple par le moule
15 14. Le matériau est réparti sur la coque inférieure 142 du moule, puis le moule 14 est refermé à l'aide de la coque supérieure 141. Le moule 14 est de préférence en un matériau souple. La souplesse du moule 14 présente plusieurs avantages : le moule 14 peut se déformer sous l'action d'un organe de déformation ; le moule 14 favorise le confinement du matériau dans le moule sous l'effet de la dépression formée dans
20 l'enveloppe 12 ; et un meilleur contact entre le moule 14 et le matériau à mouler peut être obtenu. A titre d'exemple, le moule 14 est en silicone ou en polyuréthane.

L'enveloppe 12 est pourvue de la prise de vide 15. De préférence, la prise de vide 15 est sur l'enveloppe supérieure 121. En effet, l'enveloppe 12 peut reposer en fonctionnement sur un support par l'intermédiaire de sa partie inférieure 122. Le
25 moule 14 reposant sur la partie inférieure 122 de l'enveloppe 12, il est préférable de prévoir la prise de vide 15 sur la partie supérieure 121 de l'enveloppe 12 pour faciliter la formation de la dépression.

Le dispositif 10 comprend un élément d'obturation 18 qui est adapté, lorsque la dépression est formée dans l'enveloppe 12, à interrompre tout écoulement gazeux par
30 la prise de vide 15. La dépression dans l'enveloppe 12 peut être maintenue tout en interrompant le fonctionnement de la pompe à vide 16. Toutefois, suite à l'arrêt de la pompe à vide 16, la pression tend néanmoins à augmenter lentement dans l'enveloppe 12 à cause de fuites. Toutefois, la dépression demeure suffisamment longtemps dans l'enveloppe 12 pour assurer le maintien du moule 14 par l'enveloppe
35 12. L'obturateur 18 peut être intégré à la pompe à vide 16. Dans ce cas, l'obturateur 18 peut se déclencher de façon automatique pour obturer une extrémité de l'élément de liaison 17 lorsque le fonctionnement de la pompe à vide 16 est interrompu. Aux

figures 1 et 2, l'obturateur 18 est de façon schématique délimité par un trait en pointillés au niveau de la pompe à vide 16.

Le dispositif 10 peut aussi comporter au moins un élément mince de drainage 20 dans l'enveloppe 12, ayant la forme d'une membrane ou d'une feuille, etc.

5 L'élément de drainage 20 favorise la création de la dépression. En effet, l'élément de drainage 20 empêche l'adhésion locale de l'enveloppe 12 au moule 14, sous l'effet de la dépression créée au sein de l'enveloppe 12, ce qui pourrait entraîner l'emprisonnement de bulles d'air et entraver la poursuite de la création de la dépression. A titre d'exemple, l'élément de drainage 20 est en matériau tissé ou non

10 tissé. Un tel matériau n'est pas hermétique mais autorise le passage de l'air. Alors que la dépression est en cours de réalisation, l'élément de drainage 20 favorise la circulation de l'air en direction de la prise de vide 15. L'élément de drainage 20 est par exemple situé entre la partie supérieure 121 de l'enveloppe 12 et la coque supérieure 141 du moule 14. L'élément de drainage 20 favorise alors la circulation

15 de l'air entre la partie supérieure 121 et la coque supérieure 141. Alternativement, l'élément de drainage 20 peut être situé entre la partie inférieure 122 de l'enveloppe 12 et la coque inférieure 142 du moule 14. L'élément de drainage 20 facilite alors la circulation de l'air entre la coque inférieure 142 du moule 14 et la partie inférieure 122 de l'enveloppe 12. La circulation d'air est d'autant mieux favorisée que, du fait

20 de la gravité, la coque inférieure 142 repose contre la partie inférieure 122 et la dépression pourrait être difficile à réaliser dans cette zone de l'enveloppe 12 en l'absence de l'élément de drainage 20 car des bulles d'air risqueraient d'être emprisonnées entre le moule 14 et l'enveloppe 12. L'élément de drainage 20 forme une zone tampon entre le moule 14 et l'enveloppe 12. De manière préférée, le

25 dispositif 10 comporte deux éléments de drainage 20 dans l'enveloppe 12, l'un des éléments de drainage 20 étant disposé entre la partie supérieure 121 et la coque supérieure 141 et l'autre des éléments de drainage 20 étant disposé entre la partie inférieure 122 et la coque inférieure 142. La présence de deux éléments de drainage 20 favorise la création du vide dans toute l'enveloppe 12.

30 Un élément de drainage 22 peut être prévu dans le moule 14. L'élément de drainage 22 favorise alors la formation de la dépression dans le moule 14. En effet, la dépression créée dans l'enveloppe 12 se propage aussi dans le moule 14, au travers des bords des coques 141 et 142. Toutefois, la dépression dans le moule 14 est moins importante que celle présente dans l'enveloppe 12, de telle sorte que le matériau à

35 mouler ne se trouve pas par la même occasion aspiré. L'élément de drainage 22 dans le moule 14 favorise aussi la circulation et l'aspiration de l'air contenu dans le moule 14. L'air contenu dans le moule 14 se trouve principalement entre le matériau à mouler et la coque supérieure 141 du moule 14. L'élément de drainage 22 est donc

de préférence situé dans cette zone. Il est ainsi évité que la coque 141 ne soit plaquée à même le matériau en autorisant une circulation d'air entre la coque 141 et le matériau lors de la création de la dépression au sein de l'enveloppe 12. L'élément de drainage 22 peut être du même matériau que l'élément de drainage 20 et laissant circuler l'air.

Un élément de guidage d'inserts, non représenté, peut être prévu dans le moule 14. Cet élément de guidage correspond, par exemple, à une plaque souple disposée entre la coque 141 et le matériau à mouler et recouvrant le matériau à mouler. L'élément de guidage comprend, par exemple, des ouvertures pour le passage de pièces ou inserts pénétrant partiellement ou complètement dans le matériau à mouler. Un positionnement convenable des inserts est ainsi obtenu.

Le dispositif 10 comprend au moins un organe 19 de déformation (deux organes de déformation 19 distincts étant représentés aux figures 1 et 2) adapté à conformer le moule 14 selon une forme souhaitée de façon à mouler le matériau selon une forme particulière. L'enveloppe 12 et le moule 14 étant souples, ils peuvent se déformer sous l'action de l'organe de déformation 19. Un seul organe de déformation 19 peut être suffisant pour conformer le moule 14, par exemple en déformant une zone centrale du moule 14. De préférence, plusieurs organes de déformation peuvent être prévus, de façon à déformer le moule 14 en plusieurs zones. Dans la suite du texte, le dispositif sera décrit avec plusieurs organes de déformation mais les mêmes remarques s'appliquent lorsqu'un organe de déformation unique est prévu.

Les organes 19 de déformation du moule 14 sont sous le moule 14. Au repos, le moule 14 repose à plat, et, lorsque les organes de déformation 19 sont activés, ils déforment le moule 14 à l'encontre de la gravité. L'avantage est que la réalisation pratique de la déformation est plus simple à réaliser que si le moule était tenu verticalement et que les organes 19 déformaient latéralement le moule. En effet, un problème se poserait pour arriver à maintenir en place le matériau dans le moule si le moule était tenu verticalement. Il y aurait un risque que le matériau s'écoule au sein du moule et que l'épaisseur du matériau varie.

Plus précisément, les organes 19 de déformation sollicitent l'enveloppe 12. Les organes 19 sont au contact de l'enveloppe 12. Par la sollicitation de l'enveloppe 12, le moule 14 est déformé. L'avantage est que les risques de perçage du moule 14 sont réduits, dès lors qu'une double protection est offerte par l'enveloppe 12 et le moule 14. Les organes de déformation 19 sont donc également situés sous l'enveloppe 12. La sollicitation de l'enveloppe 12 et la déformation du moule 14 sont réalisées à l'encontre de la gravité, par soulèvement ou soutien de l'enveloppe 12 et du moule 14.

Selon le premier exemple de réalisation, les organes de déformation 19 sont par exemple des vérins. Les organes de déformation 19 peuvent aussi être plus simplement des tiges métalliques dont la hauteur est réglée en intercalant des cales entre la base de la tige et le sol. L'avantage d'utiliser des vérins est que les formes qui peuvent être obtenues sont infinies, étant donné que les vérins peuvent occuper 5 diverses positions. De façon avantageuse, les axes des vérins ou des tiges métalliques sont orientés verticalement. Le dispositif 10 peut, en outre, comprendre des rotules 31 (visibles en figure 2) entre chaque organe de déformation 19 et l'enveloppe 12. Les rotules 31 améliorent la liaison entre les organes de déformation 19 et 10 l'enveloppe 12 déformée sous l'action des organes 19. A titre d'exemple, la rotule 31 autorise la rotation autour de trois axes orthogonaux de l'élément de surface de l'enveloppe 12 en regard de l'organe de déformation 19 correspondant. En effet, alors que l'organe 19 sollicite l'enveloppe 12, cette dernière est soumise à des déplacements par rapport à l'organe 19. En particulier, le dispositif 10 peut 15 comporter un disque 32 (visible en figure 2) entre la rotule 31 et l'enveloppe 12. La rotule 31 autorise alors la rotation du disque 32 autour de trois axes. Le disque 32 renforce en outre localement l'enveloppe 12 de façon à réduire encore plus les risques de déchirure de l'enveloppe 12 et donc du moule 14. Le disque 32 peut être moulé dans l'enveloppe 12, en particulier dans la partie inférieure 121 de l'enveloppe 20 12. Le disque 32 est ainsi solidaire de l'enveloppe 12. Le disque 32 peut aussi être simplement intercalé entre la rotule 31 et l'enveloppe 12. Une adaptation à une disposition plus aléatoire des organes de déformation 19 est ainsi facilitée. A titre d'exemple, pour permettre la rotation du disque 32 ou de l'élément de surface de l'enveloppe 12, la rotule 31 peut correspondre à un plot constitué d'un matériau 25 déformable, par exemple du caoutchouc.

Selon le premier exemple de réalisation, le dispositif 10 peut, en outre, comporter une table 24. L'enveloppe 12 au repos est sur la table 24. L'introduction du matériau à mouler dans le moule 14 est ainsi facilitée. En effet, alors que la partie inférieure 122 de l'enveloppe 12 repose sur la table 24 et que la coque inférieure 142 30 repose sur la partie 122, il est possible d'étaler facilement le matériau sur la coque inférieure 142. Les organes de déformation 19 s'étendent à travers la table 24. Lorsque le dispositif 10 est actionné, les organes 19 de déformation soulèvent l'enveloppe 12 de la table 24. Les organes 19 soulèvent localement l'enveloppe 12 de façon à créer localement une déformation du moule 14. Les organes 19 s'étendent 35 depuis le dessous de la table 24 jusqu'au contact de l'enveloppe 12, au travers de la table 24. La table 24 comporte donc des orifices 26 pour le passage des organes 19.

La déformation de pièces qui, au repos, peuvent mesurer environ 5 m² (à titre d'exemple) peut être obtenue par le dispositif 10. Les organes 19 de déformation sont

régulièrement répartis ou non sous la surface de l'enveloppe 12. De préférence, les organes 19 sont régulièrement répartis selon un quadrillage. La déformation du moule 14 peut ainsi être mieux maîtrisée.

Le dispositif 10 comprend, en outre, un moyen supplémentaire 30, en plus de
5 l'enveloppe 12, permettant l'application d'une pression sur le moule 14, au moins après que le moule 14 a été déformé. Dans le premier exemple de réalisation, le moyen supplémentaire 30 correspond à une charge 30 qui est adaptée à être disposée sur l'enveloppe 12, lorsque le moule 14 est disposé dans l'enveloppe 12 au cours du
10 procédé de fabrication de pièces moulées comme cela sera décrit plus en détail par la suite. La charge 30 correspond à un ou plusieurs éléments massifs, par exemple des poids. A titre d'exemple, en figure 1, la charge 30 est constituée de trois éléments massifs, pesant, par exemple, plusieurs kilogrammes chacun. De préférence, une pression est appliquée sur la majeure partie du moule 14 par la charge 30 au travers
15 de l'enveloppe 12. De préférence, la pression appliquée par la charge 30 est répartie de façon sensiblement uniforme sur la majeure partie du moule 14 au travers de l'enveloppe 12. A titre d'exemple, la charge 30 peut correspondre à plusieurs sacs de sable répartis sur le moule 14 avec interposition de l'enveloppe 12. Selon un autre exemple, la charge 30 peut correspondre à une poche dans laquelle sont prévus des compartiments juxtaposés, chaque compartiment contenant du sable et/ou de l'eau.
20 La poche peut alors être disposée de façon à recouvrir le moule 14, avec interposition de l'enveloppe 12. Les compartiments remplis de sable et/ou d'eau sont ainsi répartis sur la majeure partie du moule 14 et assurent l'application d'une pression uniforme sur le moule 14.

L'invention se rapporte aussi à un procédé pour fabriquer des pièces. Les
25 pièces peuvent être en béton, de préférence en béton fibré à hautes performances. Des pièces minces de quelques millimètres d'épaisseur peuvent être fabriquées avec ce type de béton.

De façon générale, le procédé de fabrication comprend une étape
30 d'introduction d'un matériau à mouler dans le moule 14. Le procédé comprend ensuite une étape de disposition du moule 14 dans l'enveloppe 12. L'enveloppe 12 est fermée et une dépression est créée dans l'enveloppe 12 par formation d'un écoulement gazeux par la prise de vide 15. La dépression dans l'enveloppe 12 peut même se propager dans le moule 14, attention étant portée sur le fait que le matériau à mouler ne s'échappe pas du moule 14. Le procédé comprend ensuite une étape de
35 déformation du moule 14. Le procédé comprend, en outre, une étape d'arrêt de l'écoulement gazeux après formation de la dépression dans l'enveloppe 12, cette étape pouvant être réalisée avant ou après la déformation du moule 14. Le procédé comprend ensuite une étape d'application d'une pression, par le moyen 30 différent

de l'enveloppe et des organes de déformation, sur au moins une partie du moule 14, au moins après l'arrêt de l'écoulement gazeux.

Le matériau sèche (ou fait prise) alors même que le moule 14 est maintenu déformé. Ainsi, il est obtenu une pièce d'une forme particulière, qui peut donner un caractère esthétique à un ouvrage. De préférence, le procédé est répété, de façon à
5 obtenir une pluralité de pièces de forme particulière. Les pièces peuvent ensuite être assemblées de sorte que le puzzle obtenu donne une impression esthétique. Des pièces ayant une faible épaisseur (par exemple de 15 mm) peuvent en particulier être moulées par le procédé selon l'invention. En effet, l'épaisseur du matériau est
10 maîtrisée, et ce, pendant toute la durée du procédé.

Les figures 3 à 6 représentent le dispositif de moulage 10 selon le premier exemple de réalisation de l'invention à des étapes successives d'un exemple de procédé de fabrication d'une pièce moulée.

La figure 3 représente le dispositif 10 après que le matériau de moulage a été
15 mis en place dans le moule 14 et que le moule 14 a été placé dans l'enveloppe 12. Le moule 14 est représenté en traits pointillés en figure 3. La prise de vide 15 de l'enveloppe 12 est reliée à la pompe à vide 16 qui n'est pas en fonctionnement en figure 3. A titre d'exemple, la partie inférieure 122 de l'enveloppe 12 peut en premier lieu être disposée sur la table 24 (non représentée en figure 3). Le moule 14
20 est mis dans l'enveloppe 12 en ce sens que, dans un premier temps, seule la coque inférieure 142 est disposée sur la partie inférieure 122 de l'enveloppe 12. La partie inférieure 122 et la coque inférieure 142 reposent à plat. Cette disposition facilite l'étape d'introduction du matériau à mouler dans le moule 14, et l'étalage du
25 matériau sur toute la surface du moule 14. En particulier, l'épaisseur du matériau est ainsi mieux maîtrisée. Le moule 14 et l'enveloppe 12 étant disposés horizontalement, le matériau à mouler ne s'écoule pas à l'intérieur du moule 14. Avantagement, l'élément de drainage 20 peut être disposé sur la partie inférieure 122, avant la mise en place de la coque inférieure 142. Ceci favorise la création de la dépression au sein de l'enveloppe 12. Après que le matériau a été mis sur la coque inférieure 142, le
30 moule 14 est fermé par disposition de la coque supérieure 141 sur la coque inférieure 142. Avantagement, l'élément de drainage 22 est disposé entre le matériau et la coque supérieure 141. L'élément de drainage 22 favorise la propagation de la dépression au sein du moule 14. L'élément de drainage 22 donne aussi un meilleur aspect au matériau une fois le procédé terminé. En effet, l'élément de drainage 22
35 réduit le risque d'emprisonnement de bulles d'air dans le moule 14, ce qui donnerait un aspect crevassé à la surface de la pièce à mouler. A titre de variante, avant la fermeture du moule 14, l'élément de guidage d'inserts est disposé entre le matériau et la coque supérieure 141. Des inserts sont alors introduits complètement ou

partiellement dans le matériau à mouler en utilisant les ouvertures de l'élément de guidage comme guide pour faire pénétrer les inserts dans le matériau à mouler. Puis l'enveloppe 12 est refermée sur le moule 14, par disposition de la partie supérieure 121 de l'enveloppe 12 sur la coque supérieure 141. Avantagement, un élément de drainage 20 peut également être disposé entre la partie supérieure 121 et la coque supérieure 141. Cet élément de drainage 20 favorise la création de la dépression et diminue également le risque d'emprisonnement de bulles d'air dans l'enveloppe 12, ces bulles d'air ayant les effets néfastes décrits précédemment.

La figure 4 représente le dispositif 10 après avoir réalisé une dépression dans l'enveloppe 12. La dépression est obtenue par la mise en marche de la pompe à vide 16. L'enveloppe 12 épouse alors la forme du moule 14 contenant le matériau à mouler. Sous l'effet de la dépression, l'enveloppe 12 est plaquée contre le moule 14 (éventuellement par l'intermédiaire des éléments de drainage 20, le cas échéant). Cette dépression peut se propager au sein du moule 14. Cette dépression entraîne l'obtention d'une galette, composée de l'enveloppe 12 et du moule 14 enfermant le matériau à mouler, qui est suffisamment rigide pour que le matériau ne s'écoule pas dans le moule 14, mais qui est aussi suffisamment souple pour subir une déformation par les organes de déformation 19. Un autre avantage est que le matériau confiné dans le moule 14 reste d'épaisseur sensiblement constante lors du procédé de fabrication. Une pièce moulée d'épaisseur sensiblement constante est ainsi obtenue. Dans la suite de la description, l'ensemble constitué de l'enveloppe 12 et du moule 14, le moule 14 étant disposé dans l'enveloppe 12 et une dépression étant formée dans l'enveloppe 12, est appelé ensemble enveloppe 12-moule 14.

La figure 5 représente le dispositif 10 après avoir appliqué l'ensemble enveloppe 12-moule 14 sur la table 24 et après avoir actionné les organes de déformation 19, c'est-à-dire les vérins (représentés en pointillés) dans le premier exemple de réalisation. La déformation du moule 14 peut s'opérer par sollicitation de l'enveloppe 12 par les organes de déformation 19. Selon la forme souhaitée de la pièce à obtenir, les organes de déformation 19 sont réglés indépendamment les uns des autres. Les organes 19 sollicitent plus ou moins l'enveloppe 12. Pour ce faire, les organes 19 soulèvent plus ou moins l'enveloppe 12, indépendamment les uns des autres.

La figure 6 représente le dispositif 10 après avoir réalisé les étapes suivantes : disposition de la charge 30 sur l'ensemble enveloppe 12-moule 14 ; blocage de l'écoulement d'air traversant la prise de vide 15 ; et interruption du fonctionnement de la pompe à vide 16.

Comme cela a été décrit précédemment, l'interruption du fonctionnement de la pompe à vide 16 peut entraîner automatiquement le blocage de l'écoulement d'air

par la prise de vide 15. L'interruption du fonctionnement de la pompe à vide 16 peut être réalisé avant ou après la disposition de la charge 30, voire avant la déformation de l'ensemble enveloppe 12-moule 14 par les organes de déformation 19. Après l'arrêt de la pompe à vide 16, la pression dans l'enveloppe 12 augmente lentement, 5 notamment à cause de fuites au niveau de l'enveloppe 12. Toutefois, la présence de la charge 30 empêche le déplacement du moule 14, et notamment le déplacement de la coque supérieure 141 par rapport à la coque inférieure 142. Après la prise du matériau de moulage, le moule 14 peut être retiré de l'enveloppe 12.

Après une durée déterminée, la pièce est retirée du moule 14. La pièce obtenue 10 est une surface pouvant comporter des aspérités et des creux. La pièce obtenue est un objet tridimensionnel avec une courbure variable localement. La courbure peut être localement de signe positif ou négatif. De préférence, il n'y a pas de singularité ni de discontinuité. Si un seul organe 19 de déformation est implémenté, la surface peut comporter une seule bosse. Si plusieurs organes 19 sont utilisés, alors la surface peut 15 comporter une pluralité de bosses plus ou moins hautes et séparées par des creux. Les bosses peuvent alors correspondre aux emplacements des organes 19 sollicitant l'enveloppe 12, alors que les creux peuvent correspondre aux emplacements où il n'y a pas d'organes de déformation 19.

Une pièce peut être fabriquée par moulage par le procédé décrit précédemment. 20 Il est envisageable que le procédé soit répété de façon à fabriquer plusieurs pièces par moulage, puis à assembler ces pièces entre elles. Les pièces à assembler sont alors des modules. La surface ainsi fabriquée est elle-même un objet tridimensionnel avec une courbure variable localement. La courbure peut être localement de signe positif ou négatif. De préférence, il n'y a pas de singularité ni de discontinuité. Une 25 surface plus grande (par exemple de 8000 m²) peut alors être obtenue par fabrication de pièces plus petites (par exemple jusqu'à 20 m², de préférence de 5 m², de façon encore plus préférentielle de 2 m², de façon encore plus préférentielle de 1 m²). De façon avantageuse, les organes de déformation sollicitent de la même manière les bords de deux pièces destinées à être contiguës dans l'assemblage, de manière à 30 pouvoir assembler les pièces entre elles par leurs bords et que l'assemblage obtenu soit continu d'une pièce à l'autre. L'avantage du dispositif et du procédé est que les pièces obtenues et assemblées sont minces donc relativement moins lourdes.

La figure 7 représente un dispositif de moulage 40 selon un deuxième exemple de réalisation de l'invention. Selon le deuxième exemple de réalisation, l'organe de 35 déformation 19 correspond à un gabarit. L'avantage est que la déformation appliquée à l'ensemble enveloppe 12-moule 14 peut être réalisée de manière reproductible facilement et à coût réduit. Le gabarit 19 comprend une face 42 contre laquelle est appliqué l'ensemble enveloppe 12-moule 14, une fois la dépression formée dans le

5 moule 14. En posant l'ensemble enveloppe 12-moule 14 sur la face 42 du gabarit 19, le gabarit 19 sollicite l'enveloppe 12 de façon à déformer le moule 14. Le gabarit 19 a par exemple la forme d'une selle de cheval, d'une portion sphérique, d'une portion cylindrique (comme cela est représenté en figure 7) et, de façon générale, d'une surface courbe dans les trois dimensions. En figure 7, la charge 30 est représentée par trois éléments massifs. A titre de variante, la charge 30 peut correspondre à un contre-gabarit, ayant une face dont la forme est complémentaire de la forme du gabarit 19, et qui est adapté à recouvrir l'ensemble enveloppe 12-moule 14. Le contre-gabarit est constitué d'un matériau suffisamment lourd pour entraîner l'application d'une pression suffisante sur le moule 14 au travers de l'enveloppe 12.

Les figures 8 et 9 représentent le dispositif de moulage 40 selon le deuxième exemple de réalisation à des étapes successives d'un exemple de procédé de fabrication d'une pièce moulée.

15 Les étapes initiales du procédé sont identiques à ce qui a été décrit précédemment en relation avec les figures 3 et 4.

La figure 8 représente le dispositif 40 après avoir appliqué l'ensemble enveloppe 12-moule 14 contre l'organe de déformation 19, c'est-à-dire un gabarit dans le deuxième exemple de réalisation. L'ensemble enveloppe 12-moule 14 se déforme pour épouser la forme de la face 42 du gabarit 19.

20 La figure 9 représente le dispositif 40 après avoir réalisé les étapes suivantes : disposition de la charge 30 sur l'ensemble enveloppe 12-moule 14 ; blocage de l'écoulement d'air traversant la prise de vide 15 ; et interruption du fonctionnement de la pompe à vide 16.

25 Comme cela a été décrit précédemment, l'interruption du fonctionnement de la pompe à vide 16 peut entraîner automatiquement le blocage de l'écoulement d'air par la prise de vide 15. L'interruption du fonctionnement de la pompe à vide 16 peut être réalisé avant ou après la disposition de la charge 30, voire avant l'application de l'ensemble enveloppe 12-moule 14 sur le gabarit 19. La pression présente dans l'enveloppe 12 augmente alors lentement, notamment à cause de fuites au niveau de l'enveloppe 12. Toutefois, la présence de la charge 30 empêche le déplacement du moule 14, et notamment le déplacement de la coque supérieure 141 par rapport à la coque inférieure 142. Après la prise du matériau de moulage, le moule 14 peut être retiré de l'enveloppe 12 et le matériau de moulage peut être démoulé.

35 Dans les exemples de réalisation décrits précédemment, le moyen supplémentaire 30, en plus de l'enveloppe 12, permettant l'application d'une pression sur le moule 14 correspond à une charge posée sur le moule 14 avec interposition de l'enveloppe 12. Il est toutefois clair que le moyen supplémentaire 30 peut correspondre à n'importe quel type de système permettant le maintien du moule

14 contre l'organe de déformation 19. A titre d'exemple, le moyen supplémentaire 30 peut correspondre à un système de fixation du moule 14 au gabarit 19, par exemple un ensemble de sangles ou de mâchoires maintenant le moule 14 contre le gabarit 19. De préférence, le moyen supplémentaire 30 permet l'application d'une
5 pression sur le moule 14 la plus uniforme possible sur la plus grande partie possible du moule 14 opposée au gabarit 19.

Le matériau utilisé pour fabriquer la pièce par le procédé et le dispositif est de préférence du béton fibré à ultra-hautes performances (en abrégé BFUP). Cette pièce a, par exemple, une épaisseur de 5 à 50 mm. Des pièces très minces peuvent ainsi
10 être obtenues. De préférence la pièce a une épaisseur d'environ 15 mm.

Les bétons fibrés à ultra-hautes performances sont des bétons ayant une matrice cimentaire contenant des fibres. Il est renvoyé au document intitulé « Bétons fibrés à ultra-hautes performance » du Service d'études techniques des routes et autoroutes (Setra) et de l'Association Française de Génie Civil (AFGC). La
15 résistance de ces bétons à la compression est en général supérieure à 150 MPa, voire même supérieure à 250 MPa. Les fibres peuvent être métalliques, organiques, ou correspondre à un mélange de fibres organiques et métalliques. Le dosage en liant est élevé (le ratio E/C est faible; en général le ratio E/C est d'au plus environ 0.3).

La matrice cimentaire comprend en général du ciment (Portland), un élément à
20 réaction pouzzolanique (notamment fumée de silice) et un sable fin. Les dimensions respectives sont des intervalles choisis, selon la nature et les quantités respectives.

A titre d'exemple de matrices cimentaires, on peut citer les matrices décrites dans les demandes de brevet EP-A-518777, EP-A-934915, WO-A-9501316, WO-A-9501317, WO-A-9928267, WO-A-9958468, WO-A-9923046, WO-A-0158826, et
25 WO2008/056065 auxquelles il est renvoyé pour plus de détails.

REVENDICATIONS

1. Dispositif (10 ; 40) de moulage comprenant :
 - une enveloppe (12) ;
 - 5 -un moule (14), le moule étant dans l'enveloppe ;
 - une prise (15) de vide adaptée à laisser passer un écoulement gazeux pour former une dépression dans l'enveloppe ;
 - un élément d'obturation (18) adapté à interrompre ledit écoulement gazeux après formation de la dépression ;
 - 10 -un organe (19) de déformation du moule ; et
 - un moyen (30), différent de l'enveloppe et de l'organe de déformation, adapté à exercer une pression sur au moins une partie du moule, éventuellement avec interposition de l'enveloppe, une fois que la dépression est formée.
 - 15
2. Dispositif selon la revendication 1, comprenant, en outre, une pompe à vide (16) et un élément de liaison (17) adapté à relier la pompe à vide à l'enveloppe (12).
3. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel l'élément d'obturation (18) est
20 intégré à la pompe à vide (16).
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le moule (14) comprend au moins des première et deuxième faces opposées, dans lequel l'organe (19) de déformation est adapté à appliquer une première pression sur le moule, avec interruption de l'enveloppe (12), du côté de la première face, et dans
25 lequel ledit moyen (30) est adapté à appliquer une deuxième pression sur le moule, avec interruption de l'enveloppe, du côté de la deuxième face.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel l'organe de déformation (19) est choisi dans un groupe comprenant un vérin et un gabarit.
- 30 6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel ledit moyen (30) comprend au moins une charge ayant une masse supérieure à un kilogramme et destinée à reposer sur au moins une partie du moule (14), éventuellement avec interposition de l'enveloppe (12).

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel l'organe de déformation (19) est un gabarit et dans lequel ledit moyen (30) a une forme au moins en partie complémentaire du gabarit (19).
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comprenant en outre au moins un élément de drainage (20) en forme de feuille ou de membrane dans l'enveloppe (12).
9. Procédé de fabrication, comprenant les étapes suivantes :
- introduire un matériau à mouler dans un moule (14) ;
 - disposer le moule dans une enveloppe (12) comprenant une prise de vide (15) ;
 - réaliser une dépression dans l'enveloppe par formation d'un écoulement gazeux par la prise de vide ;
 - déformer le moule par un organe de déformation (19) ;
 - arrêter l'écoulement gazeux ; et
 - appliquer une pression, par un moyen (30) différent de l'enveloppe et de l'organe de déformation, sur au moins une partie du moule, éventuellement avec interposition de l'enveloppe au moins après l'arrêt de l'écoulement gazeux.
10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel la prise de vide (15) est reliée à une pompe à vide (16) par l'intermédiaire d'un élément de liaison (17), dans lequel l'étape de réalisation de la dépression comprend la mise en marche de la pompe à vide et dans lequel l'étape d'arrêt de l'écoulement gazeux comprend l'arrêt de la pompe à vide.
11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel l'étape d'arrêt de l'écoulement gazeux comprend l'obturation au moins partielle de l'élément de liaison (17).
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, dans lequel le moule (14) comprend au moins des première et deuxième faces opposées, dans lequel l'organe (19) de déformation applique une première pression sur le moule, avec interruption de l'enveloppe (12), du côté de la première face, et dans lequel ledit moyen (30) applique une deuxième pression sur le moule, avec interruption de l'enveloppe, du côté de la deuxième face.

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel ledit moyen (30) applique une deuxième pression sensiblement uniforme sur le moule (14), avec interruption de l'enveloppe (12), sur plus de la moitié de la deuxième face.
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, dans lequel l'étape
5 d'application d'une pression comprend la disposition d'au moins une charge (30) sur au moins une partie du moule (14), éventuellement avec interposition de l'enveloppe (12).



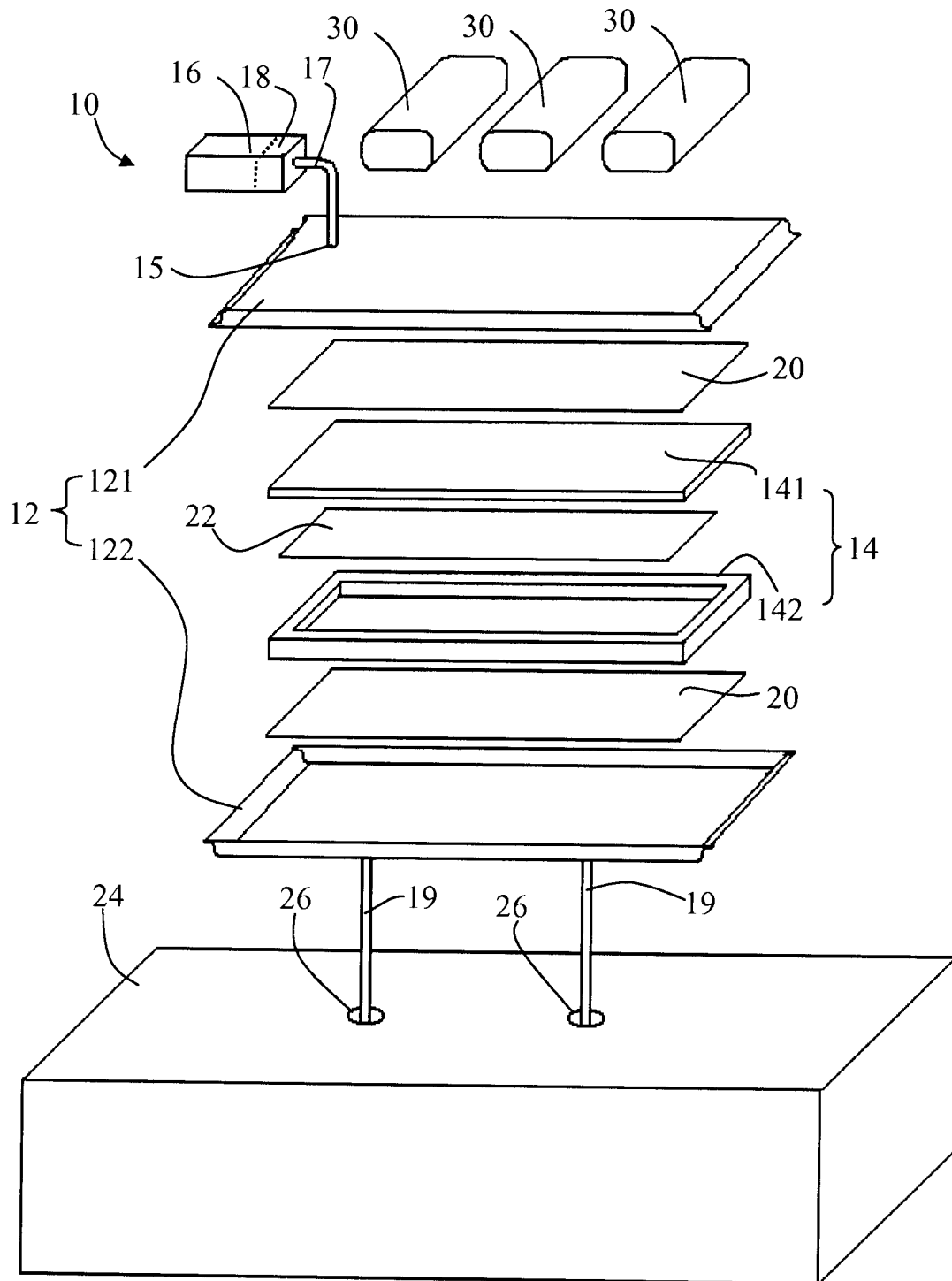


Fig. 1

2/5

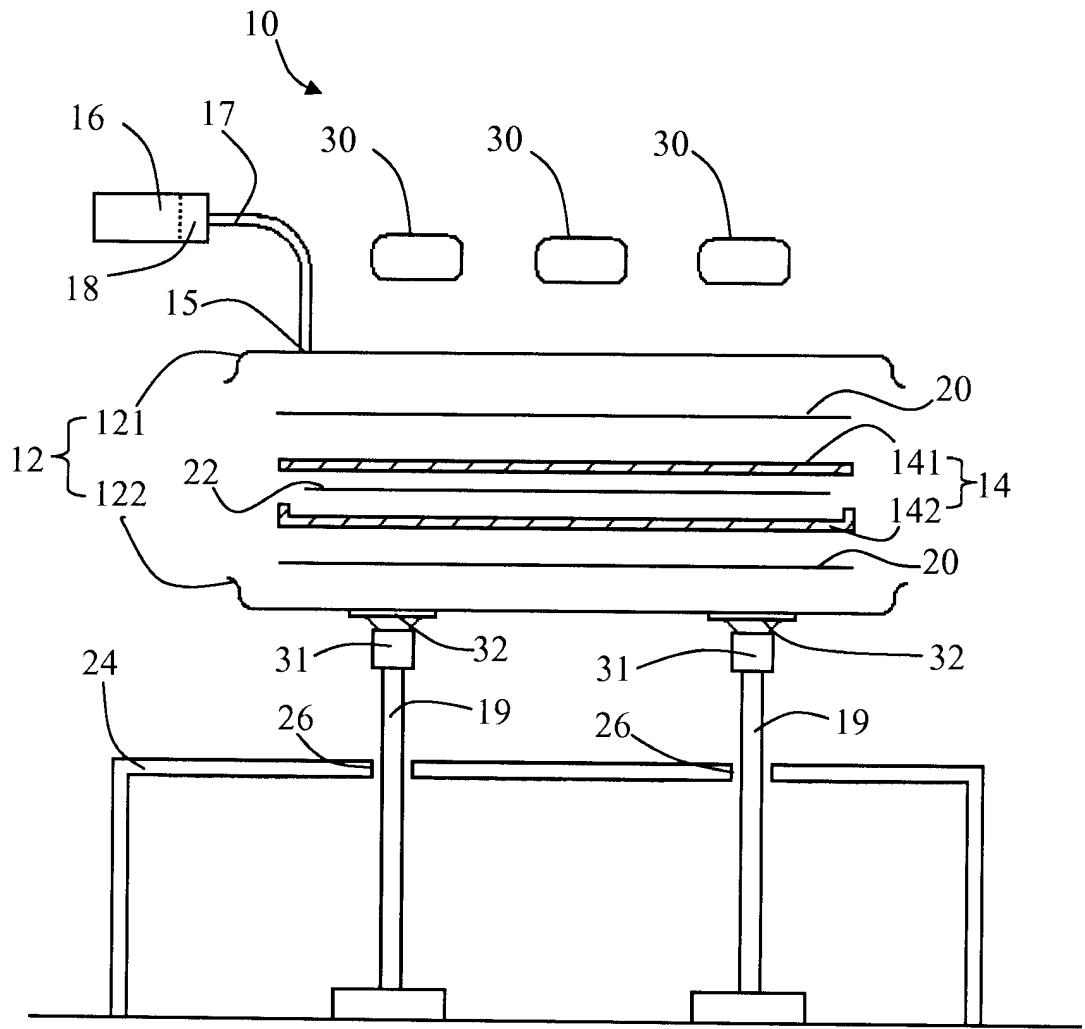


Fig. 2

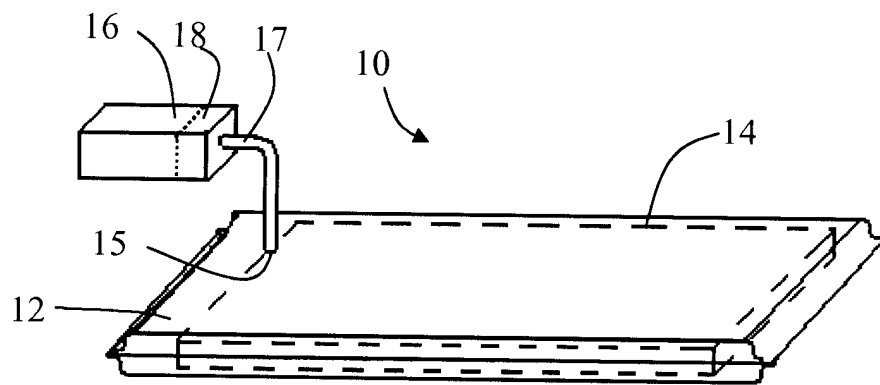


Fig. 3

3/5

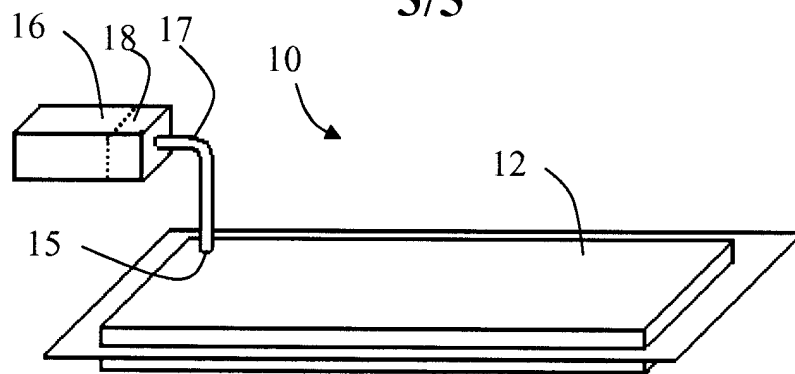


Fig. 4

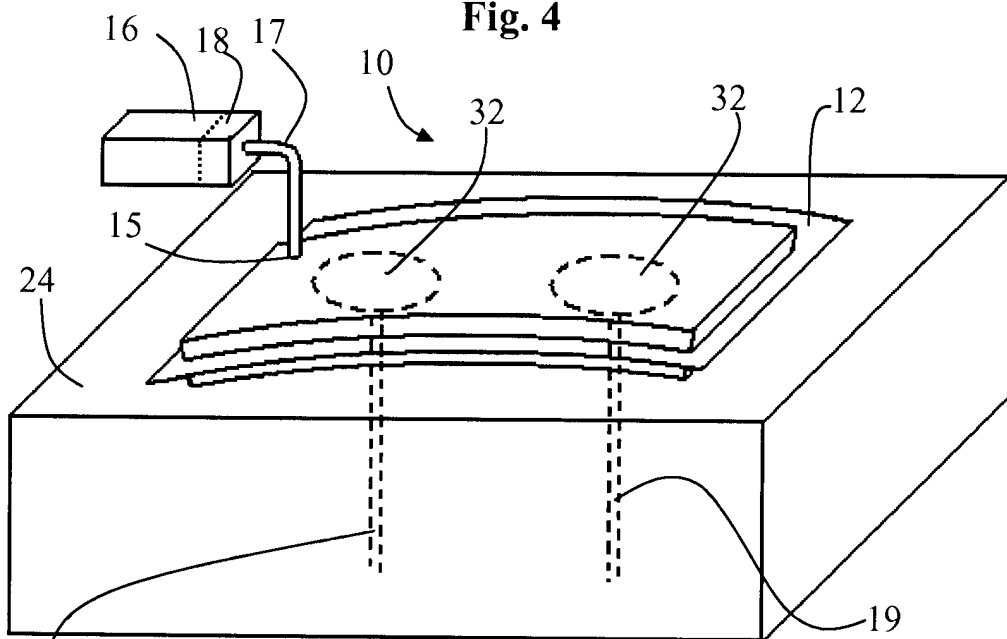


Fig. 5

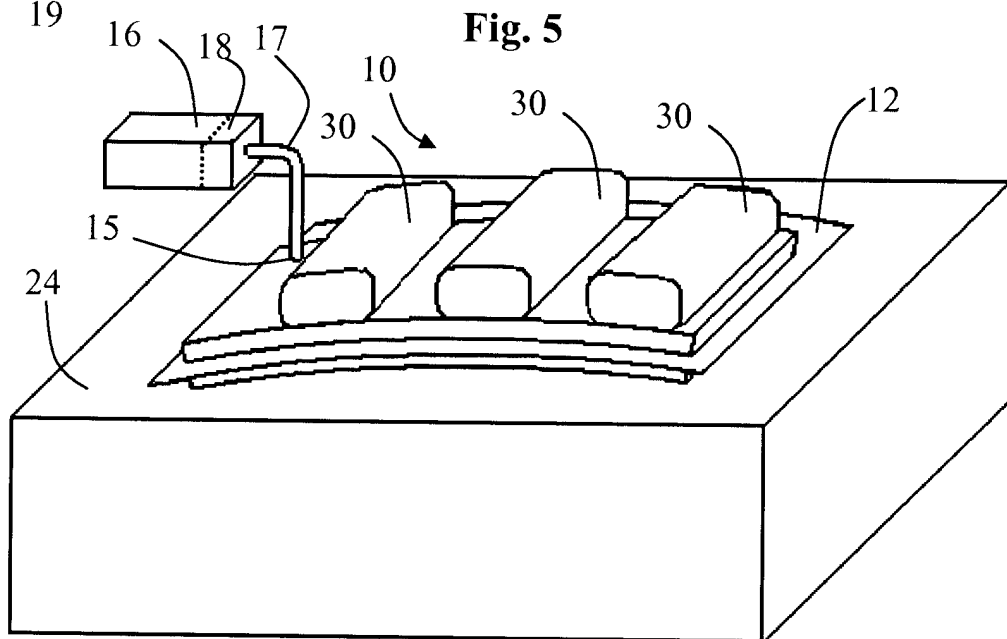


Fig. 6

4/5

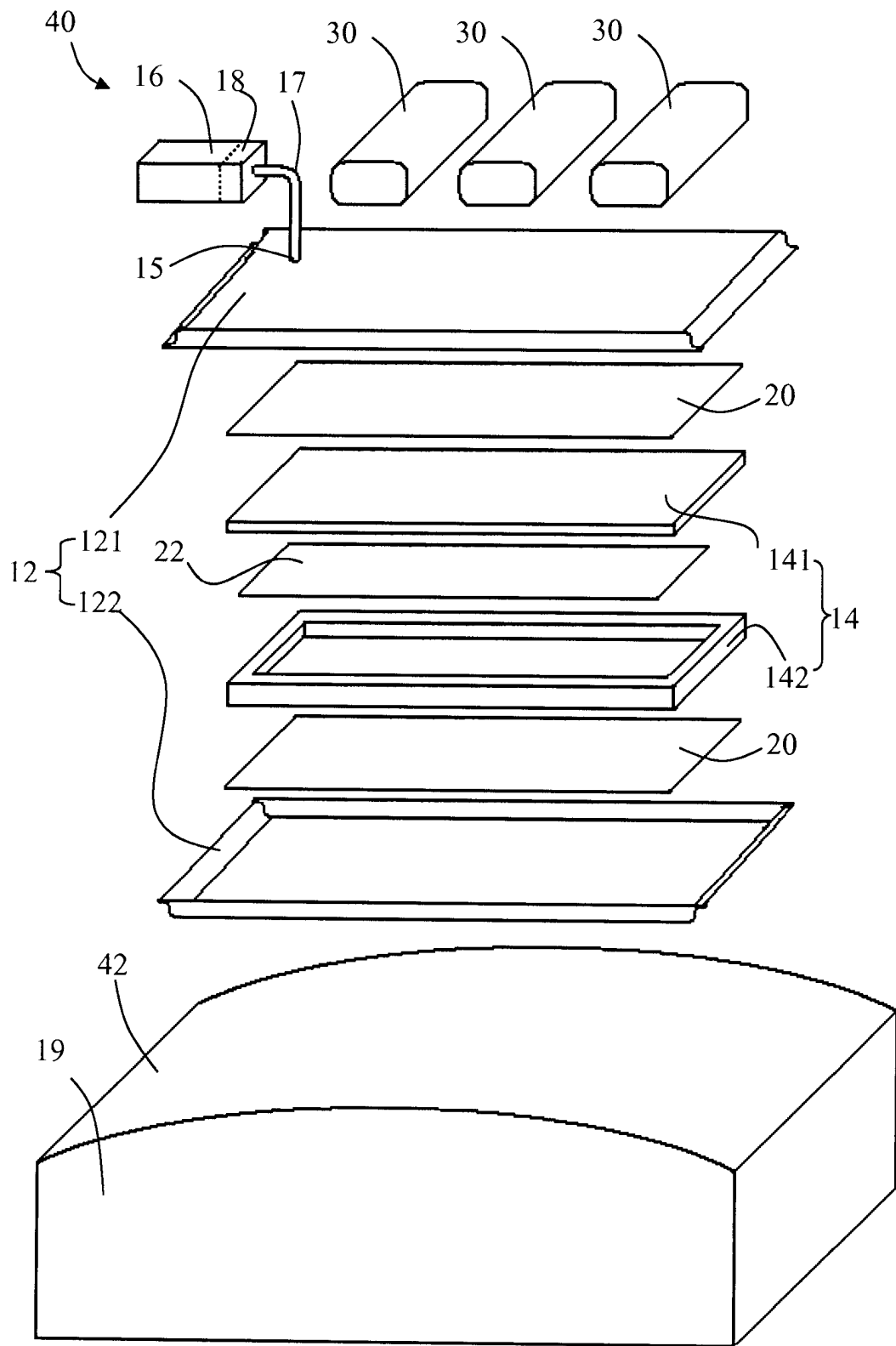


Fig. 7

A

5/5

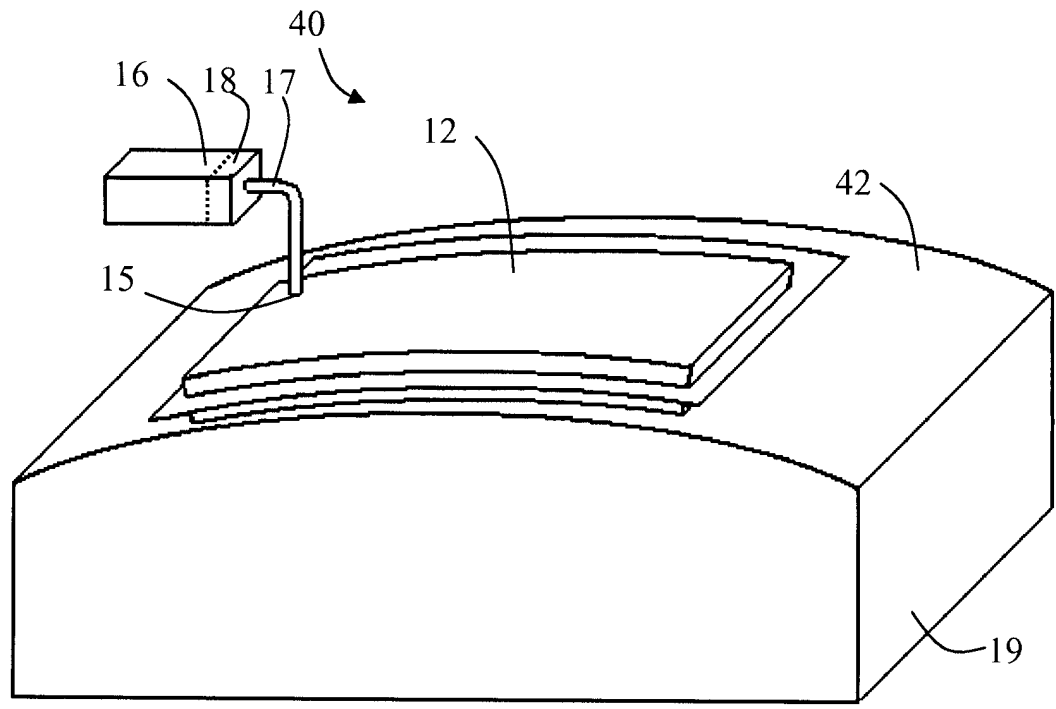


Fig. 8

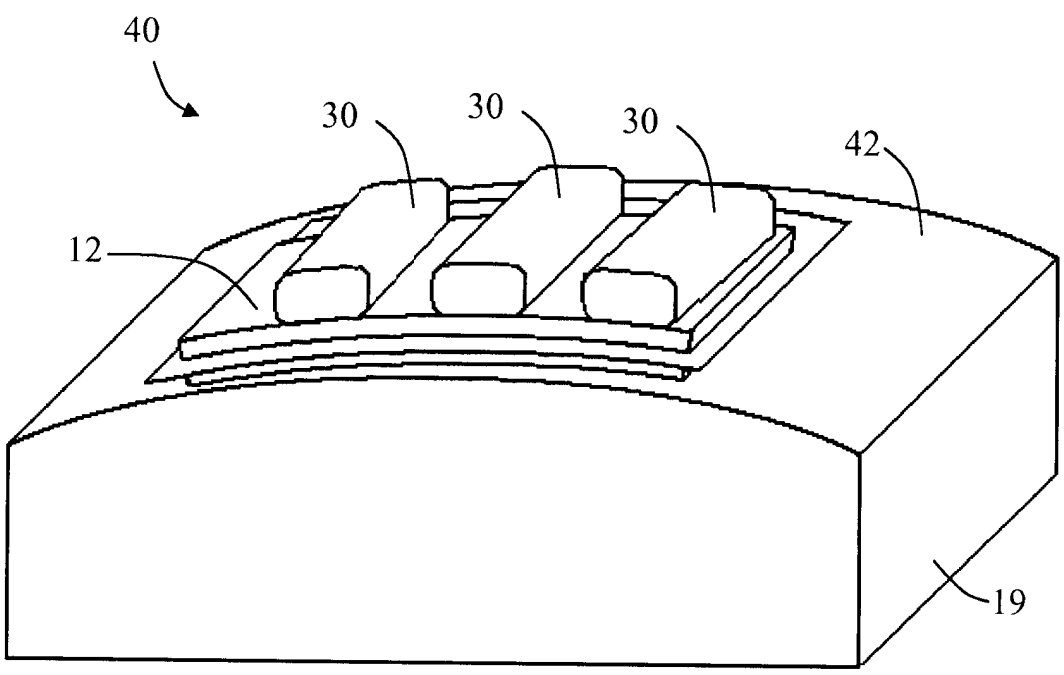


Fig. 9