

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication : **3 141 869**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②1 N° d'enregistrement national : **22 11736**
⑤1 Int Cl⁸ : **B 23 Q 11/00 (2023.01), B 33 Y 30/00**

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** **A1**

②2 Date de dépôt : 10.11.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 17.05.24 Bulletin 24/20.

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) : **4D PIONEERS Société par actions simplifiée — FR.**

⑦2 Inventeur(s) : **GUYON Jean-Baptiste, PROFIT David, BOUCHEZ Eliott et GAY Nicolas.**

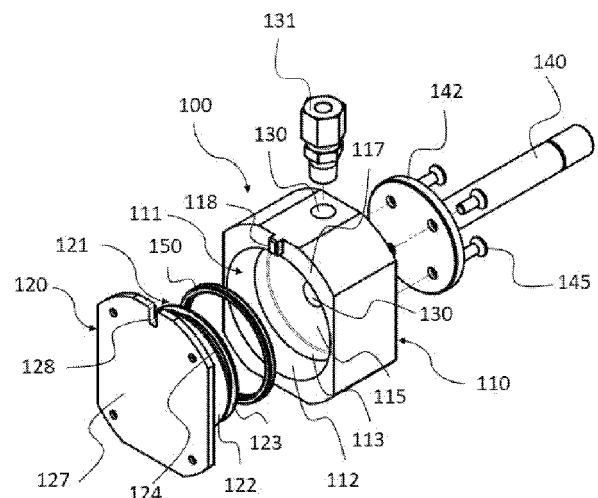
⑦3 Titulaire(s) : **4D PIONEERS Société par actions simplifiée.**

⑦4 Mandataire(s) : **IPSIDE.**

⑤4 **Dispositif pneumatique de couplage automatique d'outil pour une machine d'impression tridimensionnelle à changement d'outils.**

⑤7 L'invention concerne un dispositif (100) de couplage automatique d'au moins un outil pour une machine d'impression tridimensionnelle, ledit dispositif (100) de couplage comportant au moins un corps principal (110) et un organe (120) de préhension d'outil, caractérisé en ce que le corps principal (110) comporte une zone de réception femelle (111) présentant au moins une portion (112) de forme conique, l'organe (120) de préhension d'outil comporte un connecteur mâle (121) présentant au moins une portion (122) de forme conique de même conicité que celle de la portion conique (112) de ladite zone de réception femelle (111), et un canal d'aspiration (130) aboutissant dans la zone de réception femelle (111) est relié à une source de dépression de manière à créer un vide entre la zone de réception femelle (111) du corps principal (110) et le connecteur mâle (121) de l'organe (120) de préhension d'outil pour les maintenir entre eux.

Figure pour l'abrégé : Fig. 7



FR 3 141 869 - A1



Description

Titre de l'invention : Dispositif pneumatique de couplage automatique d'outil pour une machine d'impression tridimensionnelle à changement d'outils

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente invention concerne le domaine des machines d'impression tridimensionnelle à changement d'outils et plus spécifiquement celui de la préhension et du maintien en position d'un outil d'impression 3D, en particulier le couplage pneumatique d'outils.

Technique antérieure

[0002] Dans le domaine des machines de transformation de la matière, telles que les imprimantes tridimensionnelles, appelée également imprimantes 3D ou machine de fabrication additive (Fused Deposit Material / Fused Filament Fabrication printer), il existe différentes façon de lier les outils d'impression (tête de fusion) à leur support.

[0003] La fonction de couplage automatique d'outil se divise généralement en deux sous-fonctions spécifiques. D'une part, la fonction de préhension automatique correspond à la capacité de la machine d'effectuer des opérations de solidarisation et de désolidarisation d'un outil sur un mécanisme de couplage machine. Il s'agit ainsi de s'assurer que l'outil est bien accroché ou détaché aux moments souhaités (phases d'utilisation ou de repos de la machine). D'autre part, la fonction de positionnement et rigidité qui assure que lors de chacune des opérations de couplage et découplage successifs, l'outil est positionné de façon quasi identique par rapport à un référentiel du mécanisme de couplage machine. Il s'agit de s'assurer de la précision du couplage et de sa répétabilité dans le temps. Or, un certain nombre de verrous technologiques peuvent empêcher ces deux fonctions d'être effectuées de manière optimisée.

[0004] Les systèmes de préhension mécanique reposent principalement sur des éléments venant assurer un verrouillage mécanique par une force de traction ou de serrage de l'outil/porte outil. La force appliquée pour le maintien de la charge se fait le plus souvent par un vérin pneumatique mais peut également reposer sur des éléments motorisés électriques classiques pour des charges moins élevées. Ainsi, les pinces de préhension permettant de déplacer des objets en mouvement en appliquant une force de serrage de part et d'autre de l'objet à saisir sont un exemple de ce type de machine. On peut citer des systèmes articulés à parallélogramme déformable (pantographe) de type « pince à glaçon ». On peut également citer des systèmes de type mors (mobile/statique ou mobile/mobile).

[0005] Les systèmes de préhenseurs pneumatiques reposent sur une dépressurisation d'un

volume d'air entre la pièce à saisir et ledit préhenseur. Cette dépressurisation suppose un contact hermétique entre la pièce et le préhenseur. Le système le plus connu est constitué d'une ventouse (avec ou sans soufflet), le plus souvent utilisé pour lever des plaques présentant une surface parfaitement plane.

- [0006] Enfin, les systèmes magnétiques nécessitent nécessairement que le préhenseur et l'objet soient eux-mêmes magnétique, ce qui exclut un grand nombre d'objets conçus dans des matériaux incompatibles (métal non magnétique, matériaux plastiques, composites, matériaux naturels, etc.). La force d'attraction magnétique diminuant par ailleurs fortement avec l'augmentation de température, l'utilisation d'un système magnétique est donc peu voir pas compatible avec une enceinte chauffée d'imprimante tridimensionnelle.
- [0007] Ces différentes méthodes de préhension, reposant chacun sur un type de force distinct (ils sont rarement utilisés conjointement), présentent bien entendu chacun leurs avantages mais également divers inconvénients. En dehors de la force de préhension (et la source de l'énergie nécessaire pour fournir cette force) procurée par chaque système et des contraintes liées par exemple à la forme de l'objet et/ou à la matière le constituant, d'autres problématiques peuvent être soulevées que ces systèmes ne résolvent pas.
- [0008] En effet, pour obtenir un couplage satisfaisant, répétable et durable dans le temps entre l'outil et la machine, il faut également considérer les problématiques de positionnement et de rigidité du système de couplage, comme indiqué précédemment.
- [0009] Dans le domaine plus spécifique de l'impression 3D, un système de couplage est le plus souvent constitué d'une plaque outil et d'une plaque machine. Il s'agit ensuite de solidariser les deux plaques en les positionnant l'une par rapport à l'autre de la façon la plus répétable et précise possible. Sans cette répétabilité, il est impossible pour la machine de repérer précisément (pouvant aller jusqu'au centième de millimètre voire moins) la position de l'extrémité de travail de son outil. Une mauvaise répétabilité ou un jeu de fixation trop important ont donc des conséquences désastreuses sur les états de surface et/ou la géométrie des pièces obtenues.
- [0010] Il existe aujourd'hui sur le marché un grand nombre de machines de fabrication additive qui reposent sur le concept de changement d'outil, que ce soit pour proposer des procédés d'impression multi-matériaux (ou multi couleurs) et/ou des procédé hybrides.
- [0011] Diverses solutions ont déjà été tenté de résoudre ce problème. On peut citer par exemple la machine Prusa XL, reposant sur un système de verrouillage mécanique par coulissage, ou le « Toolchanger E3D » de la société E3D-Online Ltd reposant sur un système de plaque machine possédant trois couples de cylindres orientés à 120° et centrés autour d'un orifice central et de plaque outil possédant quant à elle trois billes

réparties de la même manière afin de venir se loger chacune entre des paires de cylindres de la plaque machine pour réaliser la fonction de positionnement, les billes étant organisées autour d'une rampe centrale faisant office de surface d'application de la force de préhension. Un moteur attaché à l'assemblage du coupleur machine vient ensuite assurer le verrouillage en contrôlant la rotation d'un arbre à came qui vient glisser sur la rampe centrale de la plaque outil. Lors de ce glissement, l'arbre se déplace en translation de quelques millimètres, ce qui engendre la compression d'un ressort dans le mécanisme de couplage. C'est de cette compression que résulte la force de préhension mécanique qui se répartit uniformément entre les trois contacts bille/cylindres. Cependant, ce système, qui comporte par ailleurs un moteur pas à pas de type PM pour contrôler le verrouillage, ne peut pas résister à un environnement dont la température est supérieure à environ 80°C.

- [0012] Or, la problématique de l'environnement de travail dans lequel évolue le dispositif de couplage de l'outil est particulièrement importante de sorte que les critères de résistance à la température et d'encombrement réduisent fortement les possibilités offertes en matière de technologie de préhension.
- [0013] En effet, la plupart des éléments mécaniques, électroniques ou même pneumatiques ne sont pas conçus pour résister à des conditions thermiques dépassant les 60-80°C. On comprend alors aisément que résister à près de 180 - 200°C devient vite problématique avec les solutions de l'art antérieur.
- [0014] Pour résumer, les systèmes de liaison mécanique sont fortement dépendants de la température de l'environnement dans lequel les outils/porte outils évoluent, des problématiques de jeux mécaniques et d'élasticité, et de l'orientation de la charge, tandis que les systèmes pneumatiques nécessitent un circuit pneumatiques dédié induisant des problématiques d'étanchéité/contrôle des fuites, de poids et d'encombrement.
- [0015] Il résulte de l'étude des technologies de liaison outil machine, en particulier dans le domaine des imprimantes 3D multi outils, que les systèmes actuels ne sont pas optimisés et ne tiennent pas suffisamment compte des problématiques de positionnement et de rigidité de sorte que des améliorations peuvent être apportées. Par ailleurs, ces systèmes ne tiennent pas non plus compte d'éventuelles problématiques de vibration haute fréquence, d'amortissement, de trajectoire d'outil (en particulier pour les phases de verrouillage/déverrouillage), de miniaturisation (poids/volume, nombre de pièces constitutives) ou de tenue dans le temps de la liaison.

Présentation de l'invention

- [0016] La présente invention vise à remédier à ces inconvénients avec une approche totalement novatrice assurant un couplage rapide, efficace, polyvalent et sécurisé.
- [0017] A cet effet, selon un premier aspect, la présente invention se rapporte à un dispositif

de couplage automatique d'au moins un outil pour une machine d'impression tridimensionnelle à changement d'outils, ledit dispositif de couplage comportant au moins un corps principal et un organe de préhension d'outil, caractérisé en ce que :

- le corps principal comporte une zone de réception femelle présentant au moins une portion de forme conique,
- l'organe de préhension d'outil comporte un connecteur mâle présentant au moins une portion de forme conique de même conicité que celle de la portion conique de ladite zone de réception femelle de manière à coopérer avec cette dernière en position assemblée d'utilisation de l'organe de préhension d'outil et du corps principal, et
- un canal d'aspiration aboutissant dans la zone de réception femelle est relié à une source de dépression de manière à créer un vide entre la zone de réception femelle du corps principal et le connecteur mâle de l'organe de préhension d'outil pour les maintenir entre eux.

[0018] Grâce à cette solution, le porte outil peut aller chercher un outil très facilement sur un magasin d'outils intégré à la machine, assurer son couplage (positionnement et préhension) de manière précise et ferme, dans un environnement à température élevée, et effectuer en toute sécurité les opérations d'impression (phase d'utilisation) avant, si besoin, de ranger ou changer d'outil (phase de stockage au repos ou de remplacement).

[0019] Le coupleur pneumatique de la présente invention permet ainsi d'effectuer les opération de couplage / découplage presque instantanément. La vitesse de l'opération de couplage dépend alors seulement des trajectoires machines et de la durée des déplacements lors de la fabrication de la pièce et non d'une phase de 3-4 secondes à chaque fois que l'on souhaite coupler un outil avec des systèmes mécaniques de l'art antérieur qui reposent souvent sur un déplacement assez lent d'une pièce mécanique venant réaliser le serrage.

[0020] L'invention est mise en œuvre selon les modes de réalisation et les variantes exposées ci-après, lesquelles sont à considérer individuellement ou selon toute combinaison techniquement opérante.

[0021] Avantageusement, la zone de réception femelle du corps principal comporte une paroi de fond dans laquelle le canal d'aspiration aboutit, et le connecteur mâle comporte une face de succion présentant les mêmes dimensions que ladite paroi de fond, de sorte que la dépression provoque le rapprochement par aspiration de la face de succion contre la paroi de fond de manière à maintenir le connecteur mâle dans la zone de réception femelle durant toute l'aspiration.

[0022] Cette solution permet d'obtenir un maintien ferme de l'outil sur le porte outil grâce à la dépression qui agit sur la partie arrière du connecteur pièce mâle (situé donc à l'opposé de l'outil et donc éloigné des zones chaudes).

[0023] Selon une caractéristique complémentaire, chacun de la zone de réception femelle et

- du connecteur mâle comporte une portion de cône avant prolongée par une portion cylindrique arrière pourvue respectivement de paroi de fond et de la face de succion.
- [0024] Cette solution permet un couplage rapide, fiable et très précis du connecteur mâle dans la zone de connexion femelle.
- [0025] Préférentiellement, la portion cylindrique de la zone de réception femelle ou du connecteur mâle comporte une gorge annulaire de réception d'un joint d'étanchéité.
- [0026] Cette solution permet d'éviter les pertes de dépression entre le connecteur mâle et la zone de réception femelle, et donc un éventuel découplage partiel de l'outil (qui entraînerait des conséquences importantes sur la précision du processus de fabrication), voire un découplage total bien plus dommageable.
- [0027] Selon un aspect complémentaire, le joint est du type à quatre lobes dans un matériau résistant à des températures élevées supérieures ou égales à environ 150°C, avec une dureté d'environ 70 Shore A.
- [0028] De manière avantageuse, un connecteur pneumatique est relié au canal d'aspiration pour être relié à la source de dépression.
- [0029] Selon un mode de réalisation préférée de la présente invention, le canal d'aspiration aboutit au centre de la paroi de fond.
- [0030] Cette solution permet d'optimiser l'aspiration et la répartition du vide créé entre le connecteur mâle et la zone de réception femelle.
- [0031] Selon un mode particulier de réalisation de la présente invention, le connecteur mâle comporte en outre une plaque d'extrémité avant de support d'outil, l'un de ladite plaque et d'un rebord avant du corps principal est équipé d'un tenon latéral tandis que l'autre de ladite plaque et du rebord avant du corps principal comporte en fente recevant le tenon latéral de manière à bloquer la rotation axiale relative du corps principal et de l'organe de préhension.
- [0032] Cette solution permet un positionnement optimisé de l'outil et empêche la rotation intempestive du connecteur mâle à l'intérieur de la zone de réception femelle.
- [0033] De préférence, la paroi de fond et la face de succion présentent respectivement des surfaces planes.
- [0034] Selon une variante de réalisation, la paroi de fond et la face de succion présentent respectivement des surfaces ondulées de formes complémentaires coopérant l'une avec l'autre.
- [0035] Cette solution permet d'augmenter légèrement la surface de contact entre le connecteur mâle et la zone de réception femelle, ce qui améliore le couplage.
- [0036] Avantageusement, le corps principal est relié à un arbre arrière de mise en rotation.
- [0037] Selon un aspect particulièrement intéressant de la présente invention, la paroi de fond et la face de succion présentent une surface identique supérieure ou égale à environ 1200 mm², et de préférence supérieur ou égale à 1500 mm².

- [0038] De la même façon, la surface de contact conique entre le connecteur mâle et la zone de réception femelle est supérieure ou égale à 1500 mm², et de préférence environ égale à 1800 mm².
- [0039] Dans la même optique d'assurer un couplage optimisé sans dépense inutile d'énergie, la valeur absolue du vide/de la dépression est supérieure ou égale à 0,45 bar (c'est-à-dire -0,45 bar de pression négative), et de préférence sensiblement égale à environ 0,9 bar à 1 bar (c'est-à-dire -1 à -0,9 bar de pression négative).
- [0040] De la même façon, le dispositif présente une force de préhension supérieure ou égale à environ 75 N pour une faible dépression, et de préférence supérieure ou égale à 140 N pour une forte dépression.
- [0041] La présente invention se rapporte également à une machine d'impression tridimensionnelle comportant au moins une enceinte, un support d'outil(s), un dispositif de couplage d'outil tel que décrit précédemment et plateau mobile.
- [0042] Enfin, la présente invention a également pour objet un procédé de réalisation d'une pièce en fabrication additive utilisant la machine telle décrite précédemment et comportant au moins la suite d'étape suivantes :
- a) saisir un premier outil sur le support d'outil(s) à l'aide du dispositif de couplage tel que décrit précédemment,
 - b) effectuer une première phase de fabrication additive d'une première portion de la pièce à réaliser,
 - c) reposer le premier outil sur le support d'outil(s),
 - d) saisir un deuxième outil sur le support d'outils(s) à l'aide du dispositif de couplage,
 - e) effectuer une deuxième phase de fabrication d'une deuxième portion de la pièce à réaliser.
- [0043] Avantagement, le deuxième outil est une tête d'impression tridimensionnelle et la deuxième phase de fabrication est une phase de fabrication additive ajoutant de la matière à la première portion de la pièce à réaliser.
- [0044] Selon une variante de réalisation, le deuxième outil est un outil d'usinage, par exemple une fraise, et la deuxième phase de fabrication est une phase de fabrication soustractive retirant de la matière à la première portion de la pièce à réaliser
- [0045] De manière préférée, les étapes a) à e) sont reproduites autant de fois que nécessaire pour obtenir la pièce finale, avec alternance (régulière ou non) de fabrication additive et de fabrication soustractive.

Brève description des figures

- [0046] D'autres avantages, buts et caractéristiques de la présente invention ressortent de la description qui suit faite, dans un but explicatif et nullement limitatif, en regard des

dessins annexés, dans lesquels :

- [0047] [Fig.1] la [Fig.1] est une vue en perspective d'une machine d'impression tridimensionnelle équipé d'un dispositif de couplage automatique d'outil conforme à la présente invention,
- [0048] [Fig.2] la [Fig.2] est une vue de face de la [Fig.1],
- [0049] [Fig.3] la [Fig.3] est une vue en perspective similaire à la [Fig.1] mais dans laquelle un outil est couplé au dispositif de couplage
- [0050] [Fig.4] la [Fig.4] est une vue de face de la [Fig.3],
- [0051] [Fig.5] la [Fig.5] est une vue de détail en perspective du dispositif de la [Fig.1] sur lequel un outil est couplé,
- [0052] [Fig.6] la [Fig.6] est une vue de côté de la [Fig.5],
- [0053] [Fig.7] la [Fig.7] est une vue éclatée en perspective du dispositif de couplage seul,
- [0054] [Fig.8] la [Fig.8] est une vue similaire à la [Fig.7] mais prise sous un autre angle,
- [0055] [Fig.9] la [Fig.9] est une vue en perspective du dispositif de couplage seul assemblé,
- [0056] [Fig.10] la [Fig.10] est une vue similaire à la [Fig.9] mais prise sous un autre angle,
- [0057] [Fig.11] la [Fig.11] est une vue en de côté des figures 9 et 10, et
- [0058] [Fig.12] la [Fig.12] est une vue en coupe longitudinale de la [Fig.11].

Description des modes de réalisation

- [0059] Les figures 1 à 4 représentent de manière schématisée une machine 10 d'impression tridimensionnelle, appelée également machine de fabrication additive (Fused Deposit Material ou Fused Filament Fabrication), munie d'un dispositif 100 de couplage automatique d'outil 20 conforme à la présente invention et présenté plus en détail sur les figures 5 et suivantes.
- [0060] La présente description est donnée à titre non limitatif, chaque caractéristique d'un mode de réalisation pouvant être combinée à toute autre caractéristique de tout autre mode de réalisation.
- [0061] On note, dès à présent, que les figures ne sont pas nécessairement à l'échelle, sans que cela nuise à leur compréhension.
- [0062] Typiquement, la machine 10 d'impression 3D comporte une enceinte 11 (de préférence au moins en partie transparente) pouvant être fermée pour la fabrication d'une pièce et ouverte pour la récupérer, un plateau 12 (également appelé « lit »), le plus souvent chauffé, sur lequel repose la pièce en cours de fabrication, un support 13 (appelé communément magasin) de type rail ou rack sur lequel sont rangés différents outils 20 disponibles et interchangeable selon les usages, et le dispositif 100 conforme à la présente invention monté sur un support mobile.
- [0063] Lors de l'impression 3D, la matière fondu (matière plastique dans le cas présent), stockée en général sous forme d'une bobine de filament, traverse la tête 20 et sors de

celle-ci via une buse d'extrémité chauffée 22, tandis que le plateau 12 et/ou ladite tête 20 de dépôt de filament monté sur un chariot 50 est/sont motorisé(s) et peu/peuvent ainsi se déplacer de manière synchronisée le long de rails 30, 40 et 60 au moins selon les trois directions X, Y et Z d'un repère orthonormé pour fabriquer la pièce progressivement par superposition verticale de couches.

[0064] La tête d'impression 20, qui ne fait pas l'objet de la présente invention, est chauffée à haute température de manière à atteindre au moins la température de fusion du filament de matériau utilisé, souvent au-delà de 160-200 °C dans le cas des matériaux les plus courants que sont le PLA (acide polylactique) et l'ABS (Acrylonitrile butadiène styrène), afin que celui-ci puisse fondre et être déposé sur le plateau 12 puis sur la matière précédemment déposée et solidifiée.

[0065] L'objet de la présente invention est ainsi de fournir un dispositif de couplage automatique 100 qui peut résister aux différentes contraintes évoquées précédemment de positionnement et de rigidité, de vibration haute fréquence, d'amortissement, de trajectoire d'outil (en particulier pour les phases de verrouillage/déverrouillage), de miniaturisation (poids/volume, nombre de pièces constitutives) et de tenue de la liaison dans le temps (en dizaines ou centaines de milliers de cycles).

[0066] Ainsi, comme cela est visible sur les figures 5 à 12 le dispositif de couplage 100 comporte comportant au moins un corps principal 110 et un organe 120 de préhension d'outil 20. Le corps principal 110 comporte une zone de réception femelle (c'est-à-dire creuse) 111 présentant au moins une portion 112 de forme conique. L'organe de préhension d'outil 120 comporte quant à lui un connecteur mâle 121 présentant au moins une portion 122 de forme conique de même conicité que celle de la portion conique 112 de ladite zone de réception femelle 111 de sorte que ces deux cônes peuvent coopérer en position assemblée d'utilisation de l'organe de préhension 120 d'outil à l'intérieur du corps principal 120.

[0067] Conformément à l'invention, un canal d'aspiration 130 traverse latéralement le corps principal 110 pour aboutir dans la zone de réception femelle 111, et est relié à une source de dépression (de type pompe, non représentée) de manière à créer un vide entre la zone de réception femelle 111 du corps principal 110 et le connecteur mâle 121 de l'organe 120 de préhension d'outil. Cela permet, comme cela sera décrit ci-après, de maintenir fermement et avec précision l'organe de préhension 120 dans le corps principal 110. Un connecteur pneumatique 131 est relié au canal d'aspiration 130 pour être relié à la source de dépression (pompe à vide).

[0068] Comme cela ressort clairement des figures 8, 8 et 12, la portion de cône avant 112 de la zone de réception femelle 111 est prolongée par une portion cylindrique arrière 113 pourvue d'une paroi de fond 115, tandis que la portion de cône avant 122 du connecteur mâle 121 est prolongée par une portion cylindrique arrière 123 pourvue

d'une face de succion 125.

- [0069] La surface de contact conique (surface développée de chacune des portions coniques 113 et 123) entre le connecteur mâle 121 et la zone de réception femelle 111 est dans le cas présent supérieure ou égale à 1500 mm², et de préférence proche de 1800 mm², par exemple 1771 mm².
- [0070] La surface de contact entre la paroi de fond 115 de la zone de réception femelle 111 et la face de succion 125 du connecteur mâle 121 est dans le cas présent supérieure ou égale à environ 1200 mm², et de préférence supérieur ou égale à 1500 mm², par exemple égale à 1548 mm² pour un diamètre de 44,4 mm, à laquelle on peut ajouter la surface chanfreinée qui fait 200 mm². Si on se base sur une section cylindrique de 46,5mm de diamètre, la surface de succion est ainsi de 1698 mm². Cette surface est la surface de référence pour les calculs de force de succion.
- [0071] Le canal d'aspiration 130 aboutit de préférence au centre de la paroi de fond 115 pour une répartition homogène de la dépression exercée sur la face de succion 125, mais d'autres solutions sont envisageables pour répondre aux mêmes contraintes.
- [0072] Ainsi, la dépression régnant dans le dispositif de couplage 100, c'est-à-dire entre la paroi de fond 115 et la face de succion 125, peut descendre à environ -0,86bar (relatif par rapport à la pression atmosphérique, c'est-à-dire environ 0,14 bar en absolu).
- [0073] Afin de limiter la quantité d'air utilisée pour maintenir le vide, celle-ci est contrôlée entre les bornes de -0,8 bar (borne inférieure qui occasionne la fermeture de la vanne d'entrée) et la borne supérieure de -0,45 bar (à laquelle la machine réactive la dépressurisation pour éviter le découplage du connecteur mâle 121).
- [0074] A la pression maximale de -0,86 bar, la force de dépression (force de couplage) occasionnée est d'environ 146 N tandis qu'à la pression basse de -0,45 bar, la force de dépression (force de couplage) est de 76 N. Cette limite basse pourrait être augmentée puisqu'elle n'est qu'une donnée permettant de limiter l'activation d'une séquence de dépressurisation pour maintenir le connecteur mâle 121 en position.
- [0075] La portion cylindrique 123 du connecteur mâle 121 comporte une gorge annulaire 124 de réception d'un joint d'étanchéité 150. Ce joint 150 est typiquement du type à quatre lobes, réalisé dans un matériau résistant à des températures élevées supérieures ou égales à environ 150°C, et présente par exemple une dureté d'environ 70 Shore A. Il permet d'éviter les fuites d'air et de maintenir la dépression entre le connecteur mâle 121 et la zone de réception femelle 111 durant toute la phase de couplage et d'utilisation de l'outil 20, comme cela sera expliqué ultérieurement.
- [0076] Le connecteur mâle 121 comporte en outre une plaque d'extrémité avant 127 de support d'outil (lequel n'est pas représenté sur les figures 7 à 12 mais visible sur les figures 1 à 6). Cette plaque 127 est pourvu d'une fente radiale 128 dans laquelle vient se loger, en position assemblée du dispositif 100, dans un tenon radial correspondant

118 ménagé dans un rebord avant 117 de la zone de réception femelle 111 de manière à bloquer la rotation axiale relative du corps principal 110 par rapport à l'organe de préhension 120 une fois l'assemblage effectué.

[0077] Le corps principal 110 est relié à un arbre arrière 140 munie d'une plaque soudée 142 peut être fixé à l'aide de vis 145 à l'arrière du corps principal 110, permettant si besoin la mise en rotation du dispositif de couplage 100 selon un axe longitudinal.

[0078] Le fonctionnement du dispositif de couplage 100 conforme à la présente invention est le suivant :

[0079] Une fois la bobine de filament en matière plastique installé, l'imprimante tridimensionnelle 10 sous tension, et le programme de fabrication chargé, le dispositif 100 est mis en action.

[0080] Pour cela, le dispositif de couplage 100 relié au chariot 50 se déplace selon les directions X et Y le long des rails 30 et 40 pour aller chercher un outil 20 déjà monté sur l'organe de préhension 120 et accroché au support 13. La portion conique 112 de la zone de réception femelle 111 du corps principal 110 est positionnée face à la portion conique 122 du connecteur mâle 121 de l'organe de préhension 120 de sorte que le tenon 118 s'introduit dans la fente radiale 128 et que la paroi de fond 115 soit contre la face de succion 125.

[0081] La pompe à vide (non représentée), par exemple à effet Venturi, est alors mise en action de sorte que l'air est aspiré par le conduit 130, ce qui crée une dépression entre ladite paroi de fond 115 et ladite face de succion 25 avec une force d'aspiration telle que le connecteur mâle 121 de l'organe de préhension 120 s'accroche fermement à la zone de réception femelle 111 du corps principal 110, ce qui permet de dégager l'outil 20 de son support 13.

[0082] La machine d'impression tridimensionnelle 10 suit alors son programme de fabrication additive de la pièce à fabriquer par déplacement du dispositif de couplage 100 muni de son outil 20 selon les axes X, Y et Z le long des rails 30, 40 et 60 (plus précisément, le plateau mobile 12 se déplace longitudinalement le long de l'axe Z, tandis que le dispositif de couplage 100 se déplace dans un plan XY) jusqu'à la fin du cycle de fabrication prévu. Pendant toute cette phase, l'outil 20 est fermement maintenu sur le dispositif de couplage 100 car la pompe maintient une dépression suffisante pour créer une force de dépression (force de couplage) de l'outil supérieure à 76 N. Un système de pilotage intégré permet de d'augmenter la dépression afin de la maintenir au-dessus de cette valeur minimale d'accrochage.

[0083] Une fois la fabrication de la pièce terminée, le dispositif de couplage 100 est ramené face au support 13 de l'outil 20 afin de repositionner ce dernier sur ledit support 13 par cessation de la dépression créée par la pompe à vide qui permet de désolidariser le connecteur mâle 121 de la zone de réception femelle 111. Une petite pression de la

pompe peut même améliorer le découplage du corps principal 110 et de l'organe de préhension 120 afin que ce dernier permette l'accrochage de l'outil 20 sur son support 13.

[0084] Bien entendu, un changement d'outil 20 est tout à fait possible en cours de fabrication de la pièce, auquel cas le premier outil 20 est d'abord relié au dispositif de couplage 100, il est utilisé pour réaliser une certaine phase de fabrication, il est ensuite reposé sur son support 13 comme expliqué ci-avant, puis un autre outil 20 est relié au dispositif de couplage 100 comme déjà décrit afin de réaliser une autre étape de fabrication de la pièce, et ainsi de suite jusqu'à la finalisation de la fabrication additive.

[0085] On peut par ailleurs tout à fait imaginer une solution plus complexe, dite « fabrication hybride », dans laquelle un premier outil 20 d'impression tridimensionnelle est saisi sur le support 13 d'outil(s) à l'aide du dispositif 100 de couplage, une première phase de fabrication additive est effectuée pour réaliser une première portion de la pièce sur le plateau 12, le premier outil 20 est reposé sur le support 13 d'outil(s), un deuxième outil 20 de fabrication soustractive, par exemple une fraise, est saisi sur le support 13 d'outils(s) à l'aide du dispositif 100 de couplage, et une deuxième phase de fabrication soustractive (usinage tel qu'un chanfrein, un perçage, une finition par polissage local de la surface, etc.) est réalisée sur la pièce à réaliser.

[0086] Ce procédé hybride peut d'ailleurs comprendre plus globalement l'enchaînement les unes après les autres et à plusieurs reprises de plusieurs phases additives et/ou soustractives, avec par exemple une première phase de fabrication additive pour réaliser une première portion de la pièce avec une première tête d'impression tridimensionnelle, une deuxième phase de fabrication additive différente avec une deuxième tête d'impression tridimensionnelle pour fabriquer une deuxième portion de la pièce (changement de matière plastique et/ou de couleur par exemple), une troisième phase de fabrication soustractive (par exemple perçage, chanfrein) travaillant sur au moins une des portions de la pièce réalisée lors des deux phases additives précédentes, puis une quatrième phase de fabrication additive très localisée avec un troisième tête d'impression tridimensionnelle, suivie par une cinquième et dernière phase de fabrication soustractive de polissage général de toute la pièce. Toutes les combinaisons de phase sont envisageables dès lors que les outils sont disponibles.

[0087] La présente invention permet ainsi de proposer une solution adaptée aux contraintes suivantes :

[0088] - Comptabilité avec un fonctionnement du dispositif de couplage évoluant de manière dynamique l'intérieur d'une enceinte à haute température, typiquement supérieur à 150°C et même au-delà de 200°C, (principalement selon le matériau utilisé et sa température de fusion),

- Encombrement réduit pour pouvoir monter le dispositif de couplage en bout de

chaîne cinématique 5 axes,

- Rigidité importante du système,
- Précision du couplage inférieur à 20 μ m,
- Résistance aux vibrations,
- Durée de vie importante (plusieurs centaines de milliers d'heures d'utilisation),
- Force de couplage importante (proche de 150 N dans certaines circonstances),
- Automatisation (aucune intervention d'un utilisateur lors des phases de préhension, utilisation, changement et stockage de l'outil, dès lors que le programme d'impression est lancé et ce jusqu'au retrait de la pièce du plateau de la machine).

[0089] Il doit être bien entendu que la description détaillée de l'objet de l'Invention, donnée uniquement à titre d'illustration, ne constitue en aucune manière une limitation, les équivalents techniques étant également compris dans le champ de la présente invention.

[0090] Ainsi, il pourrait y avoir plusieurs orifices de succion 130 aboutissant au niveau du fond 115 de la zone de réception femelle 111 afin de répartir de manière plus homogène la dépression et le vide créé.

[0091] La paroi de fond 115 et la face de succion 125 peuvent présenter respectivement des surfaces ondulées de formes complémentaires coopérant l'une avec l'autre de manière à augmenter la surface de contact entre le connecteur mâle et la zone de réception femelle.

[0092] La gorge annulaire 124 de réception du joint d'étanchéité 150 peut être aménagée dans la portion cylindrique 112 de la zone de réception femelle 111.

[0093] Le joint 150 utilisé peut être différent dans sa forme, son matériau de construction et sa dureté Shore A dès lors qu'il procure les mêmes fonctions et résiste aux mêmes contraintes imposées.

[0094] La plaque 127 du connecteur mâle 110 peut comporter un tenon 118 venant s'introduire dans une fente 128 ménagée dans le rebord avant 117 de la zone de réception femelle 111 de manière à bloquer la rotation axiale relative du corps principal 110 et de l'organe de préhension 120 une fois le dispositif de couplage 100 assemblé.

[0095] Le dispositif de couplage de la présente invention peut également être utilisé pour la préhension de pièces, pour le robocasting, l'usinage, le fraisage, ou le taraudage.

[0096] Ainsi, la tête d'impression tridimensionnelle peut être remplacée par une tête de perçage / taraudage munie d'un forêt ou d'un taraud, une tête de fraisage, une tête de marquage, un outil de contrôle (dimensions, états de surface) ou encore un outil de revêtement (coating).

[0097] Les différentes dimensions et valeurs de dépression (vide) et de force d'attraction, données uniquement à titre indicatif, peuvent bien entendu être modifiées dès lors que

le principe de l'invention est conservé, à savoir d'une part les cônes de formes complémentaires pour la zone de réception femelle et le connecteur mâle et d'autre part l'aspiration. L'augmentation de la face de succion et de la paroi de fond permettrait par exemple d'augmenter la force de préhension.

[0098] Les portions cylindriques 113 et 123 ne sont pas obligatoires de sorte que, dans cette configuration, il n'y aurait que les deux cônes 112 et 122 et aucun joint d'étanchéité 150.

Revendications

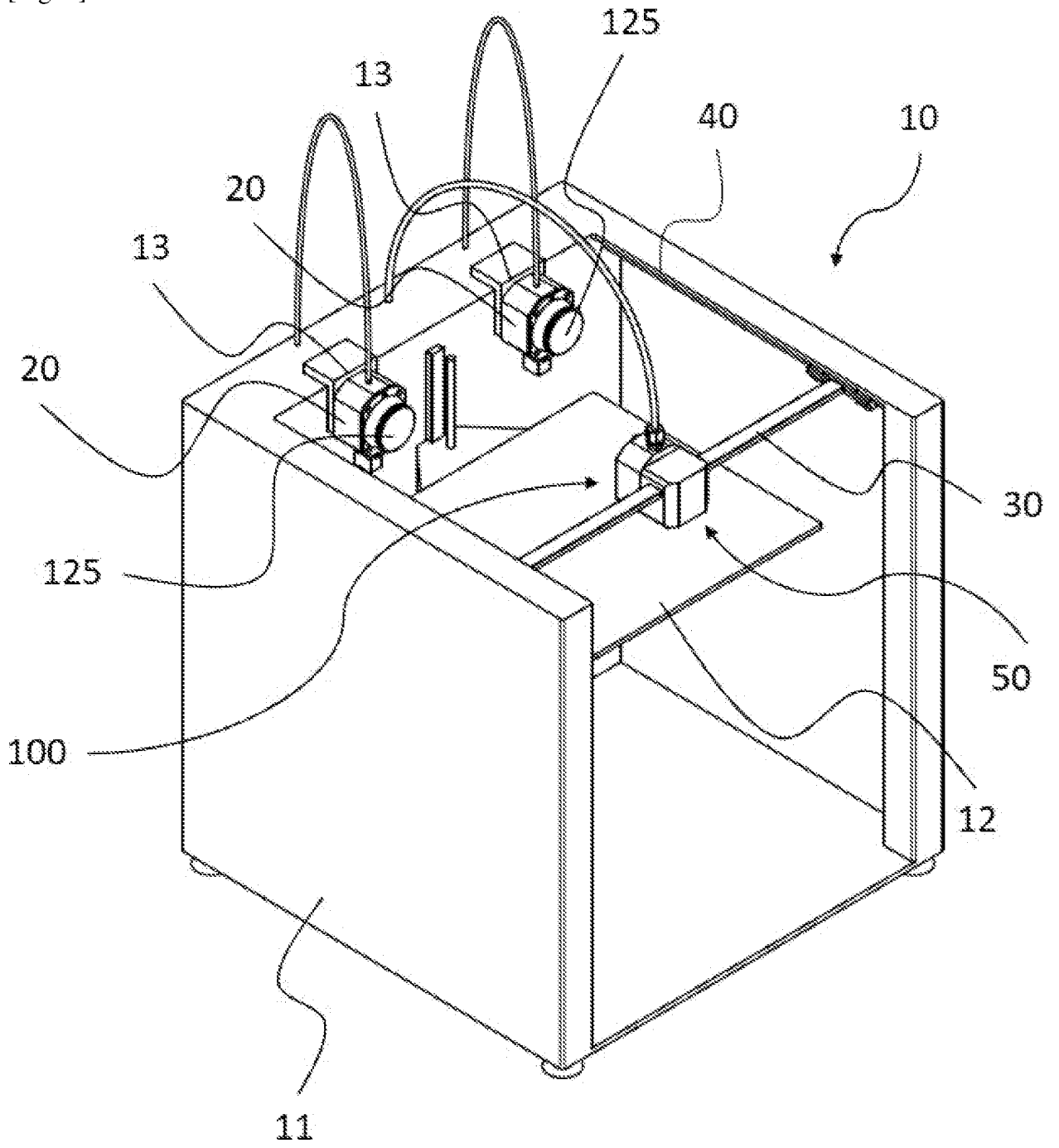
- [Revendication 1] Dispositif (100) de couplage automatique d'au moins un outil (20) pour une machine (10) d'impression tridimensionnelle à changement d'outil (20), ledit dispositif (100) de couplage comportant au moins un corps principal (110) et un organe (120) de préhension d'outil (20), caractérisé en ce que :
- le corps principal (110) comporte une zone de réception femelle (111) présentant au moins une portion (112) de forme conique,
 - l'organe (120) de préhension d'outil comporte un connecteur mâle (121) présentant au moins une portion (122) de forme conique de même conicité que celle de la portion conique (112) de ladite zone de réception femelle (111) de manière à coopérer avec cette dernière en position assemblée d'utilisation de l'organe (120) de préhension d'outil (20) et du corps principal (110), et
 - un canal d'aspiration (130) aboutissant dans la zone de réception femelle (111) est relié à une source de dépression de manière à créer un vide entre la zone de réception femelle (111) du corps principal (110) et le connecteur mâle (121) de l'organe (120) de préhension d'outil (20) pour les maintenir entre eux.
- [Revendication 2] Dispositif (100) de couplage d'outil selon la revendication 1, caractérisé en ce que :
- la zone de réception femelle (111) du corps principal comporte une paroi de fond (115) dans laquelle le canal d'aspiration (130) aboutit, et
 - le connecteur mâle (121) comporte une face de succion (125) présentant les mêmes dimensions que ladite paroi de fond (115),
 - de sorte que la dépression provoque le rapprochement par aspiration de la face de succion (125) contre la paroi de fond (115) de manière à maintenir le connecteur mâle (121) dans la zone de réception femelle (111) durant toute l'aspiration.
- [Revendication 3] Dispositif (100) de couplage d'outil selon la revendication 2, caractérisé en ce que chacun de la zone de réception femelle (111) et du connecteur mâle (121) comporte une portion de cône avant (112 ; 122) prolongée par une portion cylindrique arrière (113 ; 123) pourvue respectivement de paroi de fond (1215) et de la face de succion (125).
- [Revendication 4] Dispositif (100) de couplage d'outil selon la revendication 3, caractérisé en ce que la portion cylindrique (113 ; 123) de la zone de réception femelle (111) ou du connecteur mâle (121) comporte une gorge (124)

- annulaire de réception d'un joint d'étanchéité (150).
- [Revendication 5] Dispositif (100) de couplage d'outil selon la revendication 4, caractérisé en ce que le joint (150) est du type à quatre lobes dans un matériau résistant à des températures élevées supérieures ou égales à environ 150°C, avec une dureté d'environ 70 Shore A.
- [Revendication 6] Dispositif (100) de couplage d'outil selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'un connecteur pneumatique (131) est relié au canal d'aspiration (130) pour être relié à la source de dépression.
- [Revendication 7] Dispositif (100) de couplage d'outil selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le canal d'aspiration (130) aboutit au centre de la paroi de fond (115).
- [Revendication 8] Dispositif (100) de couplage d'outil selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le connecteur mâle (121) comporte en outre une plaque d'extrémité (127) avant de support d'outil, l'un de ladite plaque (127) et d'un rebord avant (117) du corps principal (110) est équipé d'un tenon latéral (118) tandis que l'autre de ladite plaque (127) et du rebord avant (117) du corps principal (110) comporte en fente (128) recevant le tenon latéral (118) de manière à bloquer la rotation axiale relative du corps principal (110) et de l'organe de préhension (120).
- [Revendication 9] Dispositif (100) de couplage d'outil selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la paroi fond (115) et la face de succion (125) présentent respectivement des surfaces planes.
- [Revendication 10] Dispositif (100) de couplage d'outil selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la paroi de fond (115) et la face de succion (125) présentent respectivement des surfaces ondulées de formes complémentaires coopérant l'une avec l'autre.
- [Revendication 11] Dispositif (100) de couplage d'outil selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le corps principal (110) est relié à un arbre arrière (140) de mise en rotation.
- [Revendication 12] Dispositif (100) de couplage d'outil selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la paroi de fond (115) et la face de succion (125) présentent une surface identique supérieure ou égale à environ 1200 mm², et de préférence supérieur ou égale à 1500 mm².
- [Revendication 13] Dispositif (100) de couplage d'outil selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la surface de contact

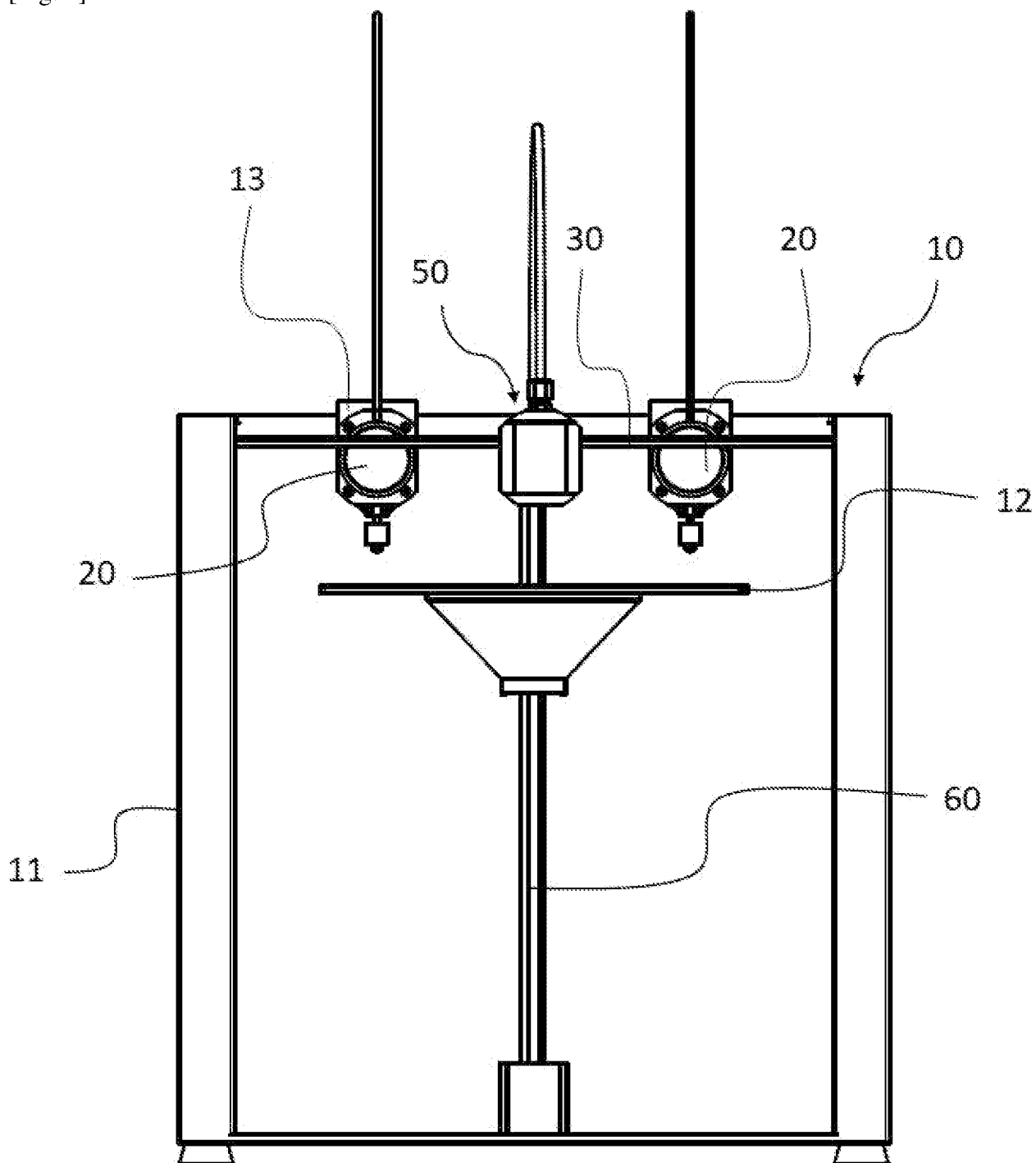
- conique entre le connecteur mâle (121) et la zone de réception femelle (111) est supérieure ou égale à 1500 mm², et de préférence environ égale à 1800 mm².
- [Revendication 14] Dispositif (100) de couplage d'outil selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la valeur absolue du vide/de la dépression est supérieure ou égale à 0,45 bar, et de préférence sensiblement égale à environ 0,9 bar à 1 bar.
- [Revendication 15] Dispositif (100) de couplage d'outil selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il présente une force de préhension supérieure ou égale à environ 75 N pour une faible dépression, et de préférence supérieure ou égale à 140 N pour une forte dépression.
- [Revendication 16] Machine d'impression tridimensionnelle (10) comportant au moins une enceinte (11), un support d'outil(s), un dispositif (100) de couplage d'outil selon l'une quelconque des revendications précédentes et un plateau mobile (12)
- [Revendication 17] Procédé de réalisation d'une pièce en fabrication additive utilisant la machine selon la revendication 16 et comportant au moins la suite d'étape suivantes :
- a) saisir un premier outil sur le support d'outil(s) à l'aide du dispositif (100) de couplage selon l'une quelconque des revendications 1 à 15,
 - b) effectuer une première phase de fabrication additive d'une première portion de la pièce à réaliser,
 - c) reposer le premier outil sur le support d'outil(s),
 - d) saisir un deuxième outil sur le support d'outils(s) à l'aide du dispositif (100) de couplage selon l'une quelconque des revendications 1 à 15,
 - e) effectuer une deuxième phase de fabrication d'une deuxième portion de la pièce à réaliser.
- [Revendication 18] Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que le deuxième outil est une tête d'impression tridimensionnelle et la deuxième phase de fabrication est une phase de fabrication additive ajoutant de la matière à la première portion de la pièce à réaliser.
- [Revendication 19] Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que le deuxième outil est un outil d'usinage, par exemple une fraise, et la deuxième phase de fabrication est une phase de fabrication soustractive retirant de la matière à la première portion de la pièce à réaliser.
- [Revendication 20] Procédé selon l'une quelconque des revendications 18 ou 19 dans

laquelle les étapes a) à e) sont reproduites autant de fois que nécessaire pour obtenir la pièce finale.

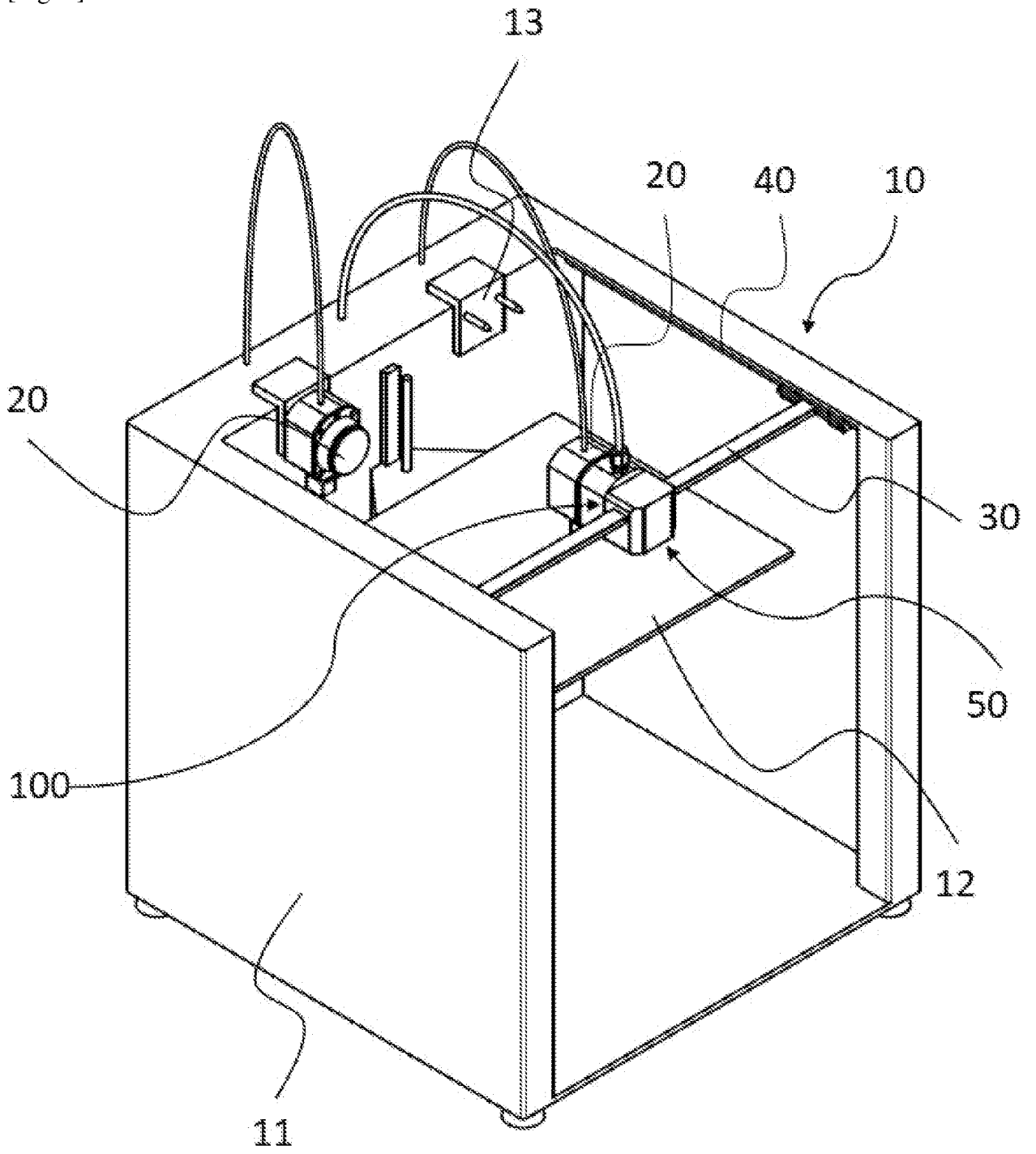
[Fig. 1]



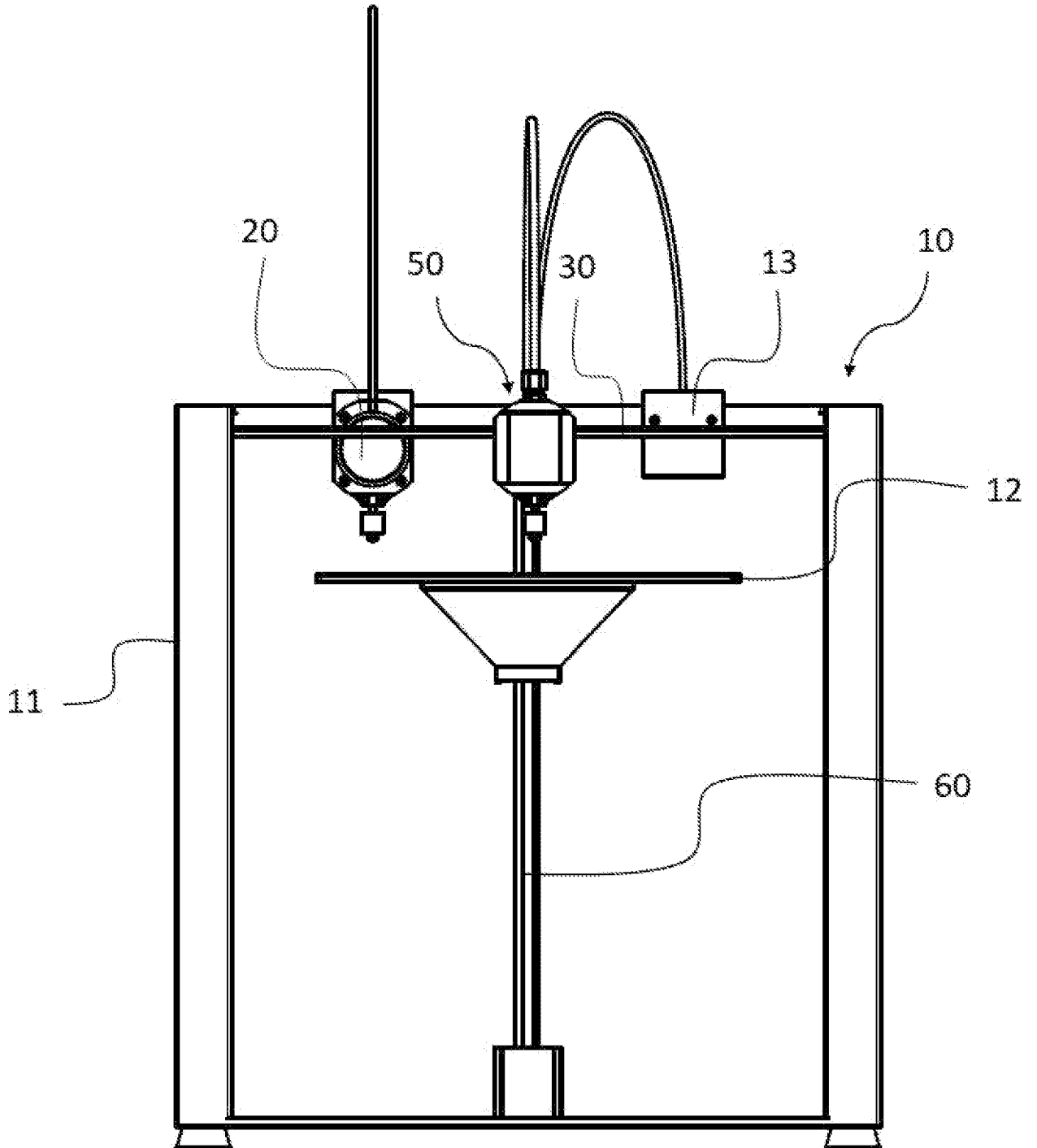
[Fig. 2]



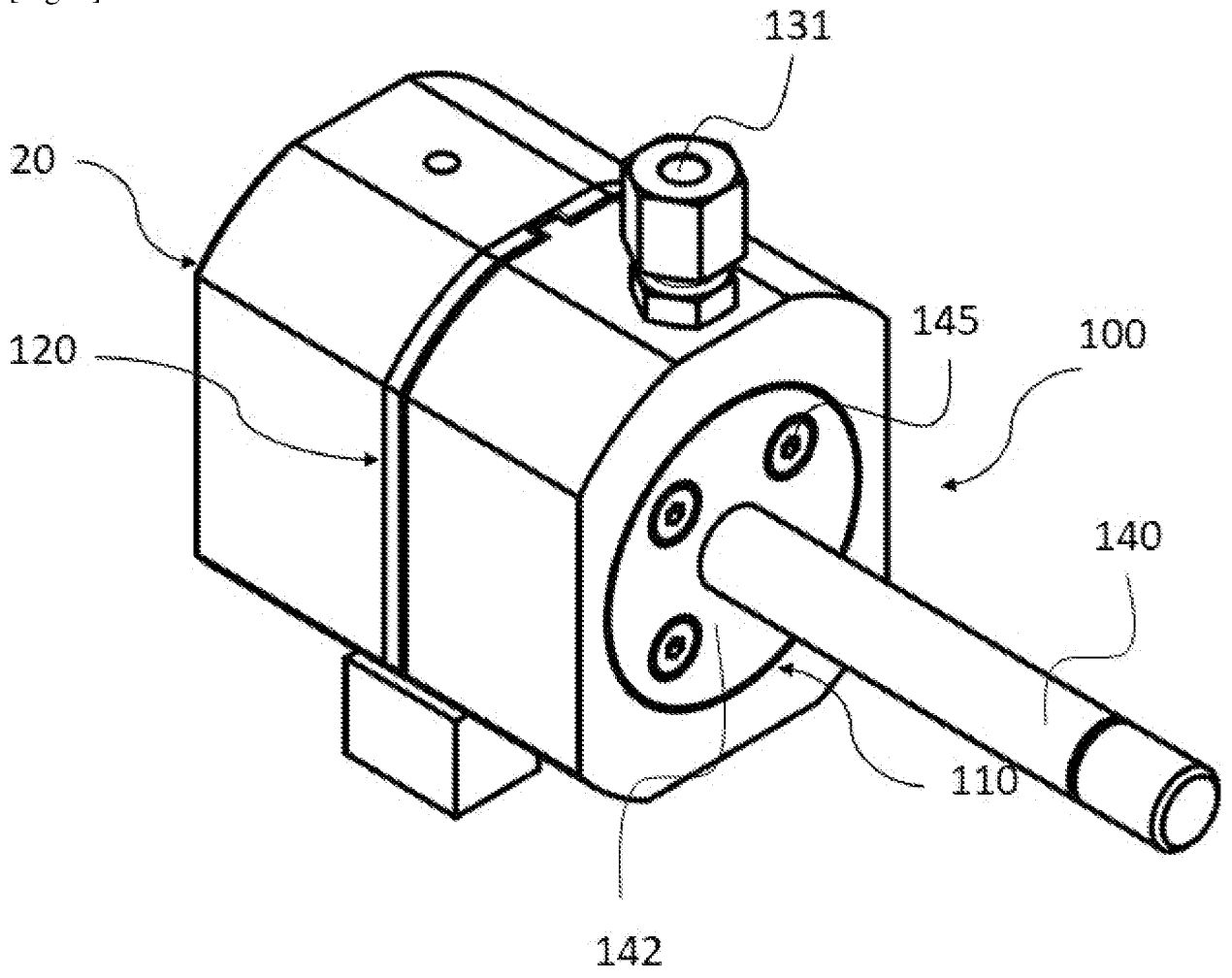
[Fig. 3]



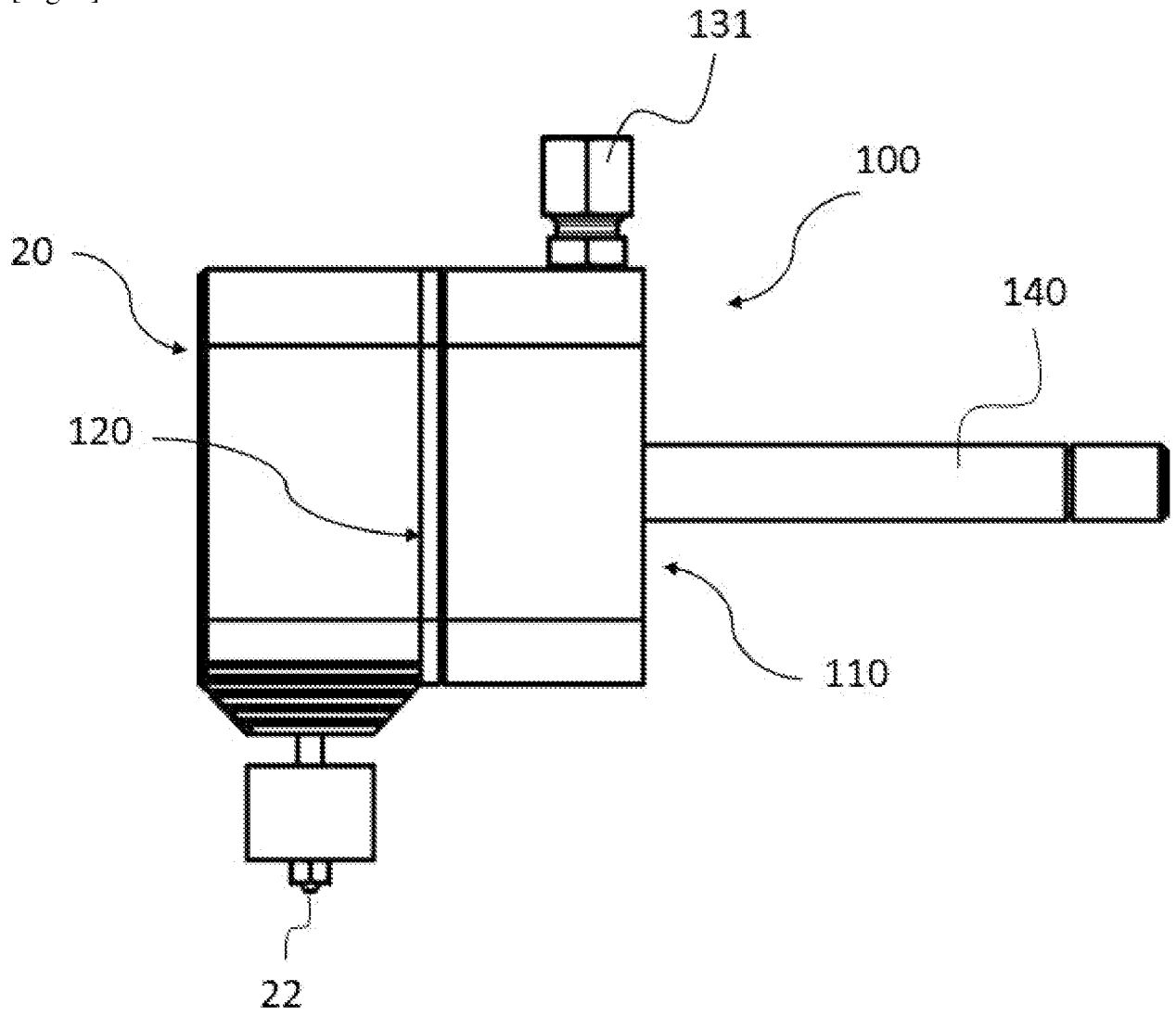
[Fig. 4]



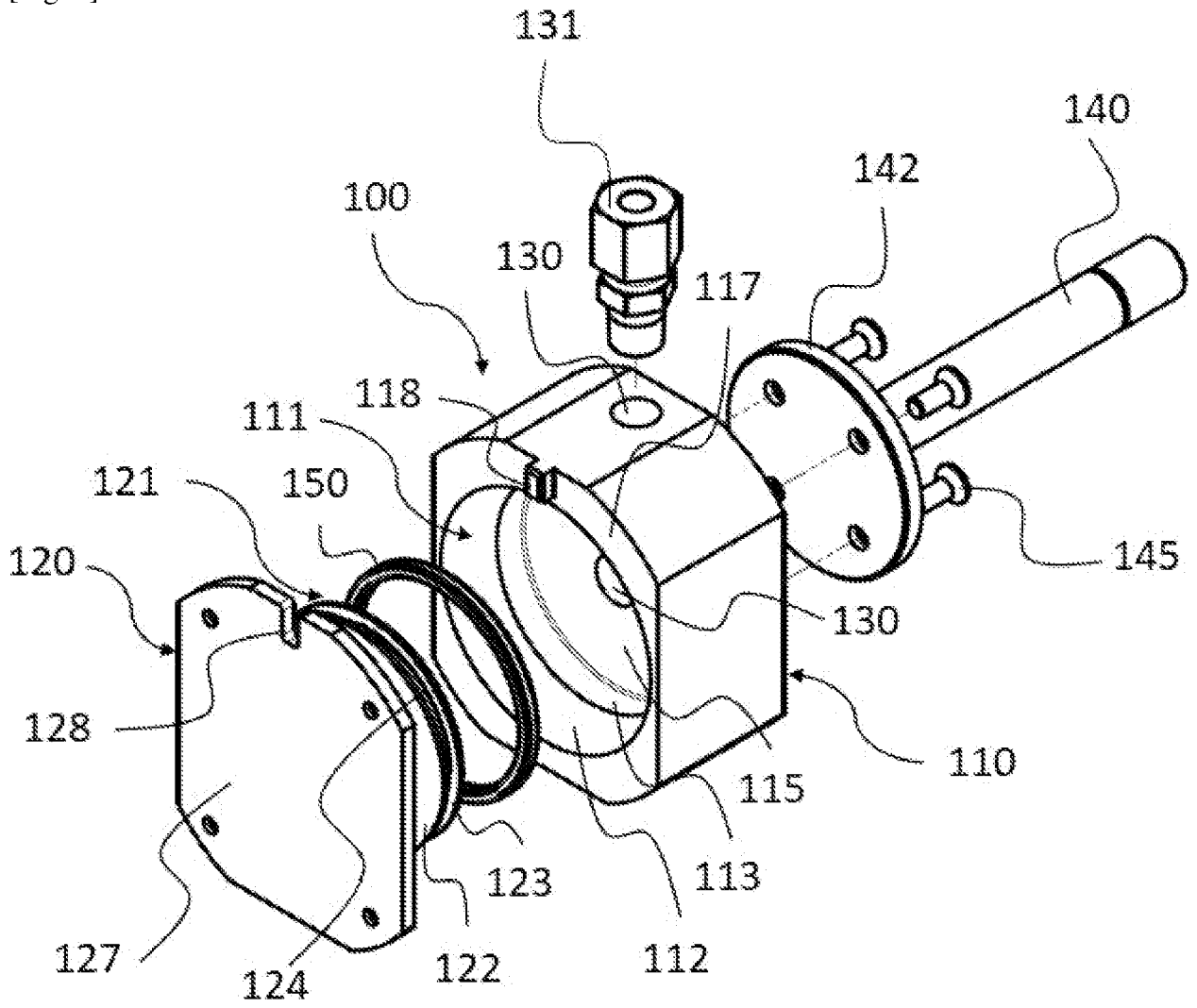
[Fig. 5]



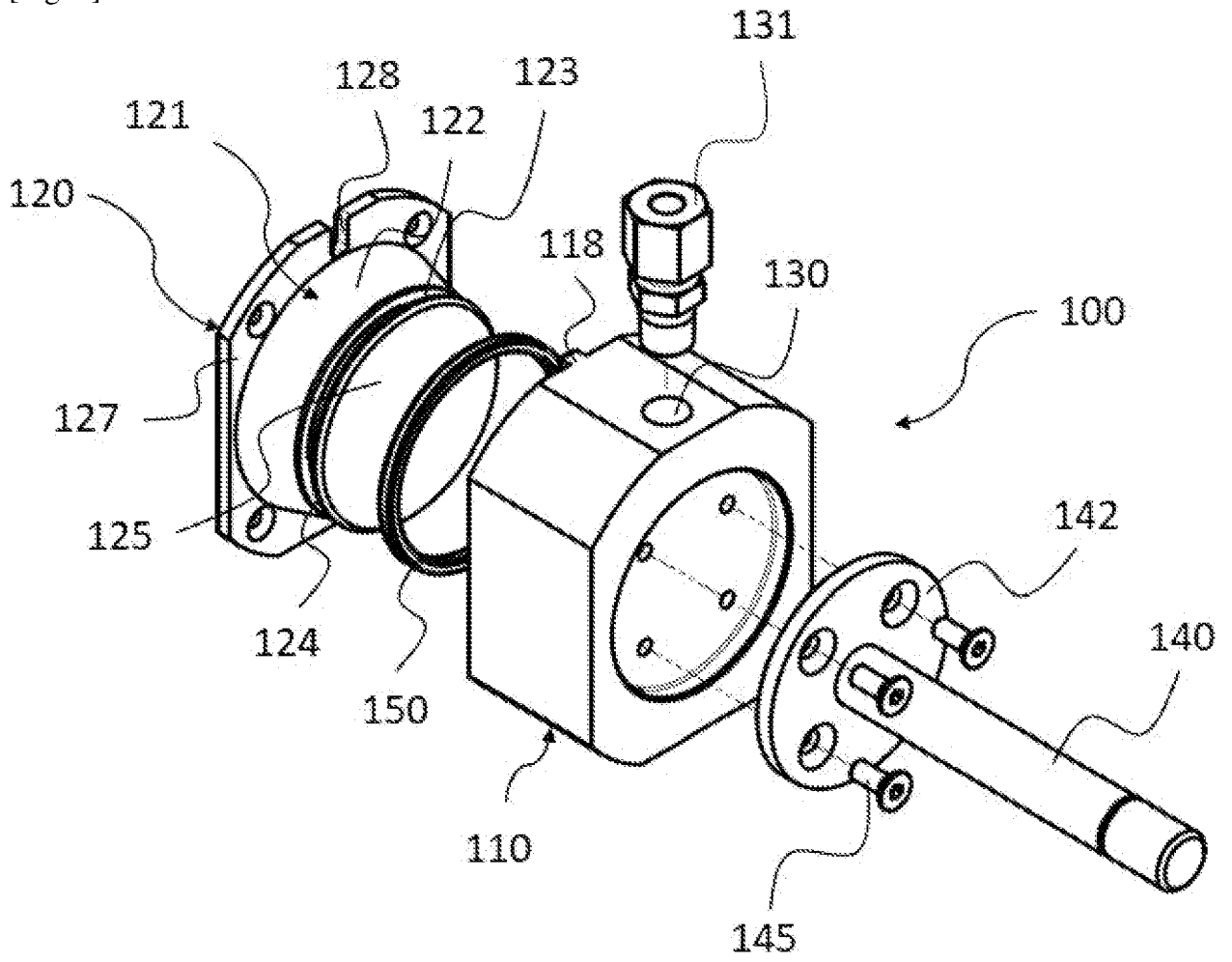
[Fig. 6]



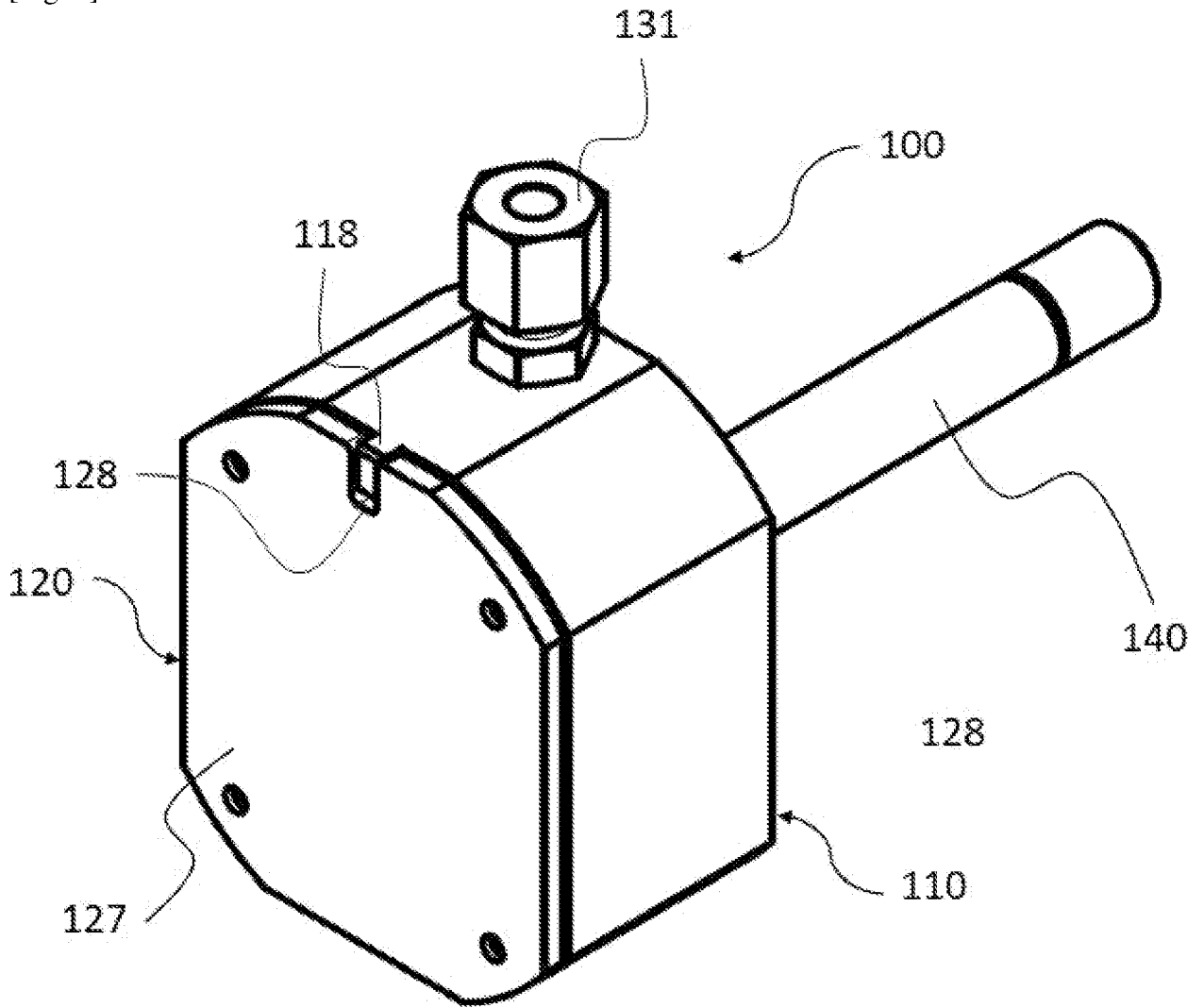
[Fig. 7]



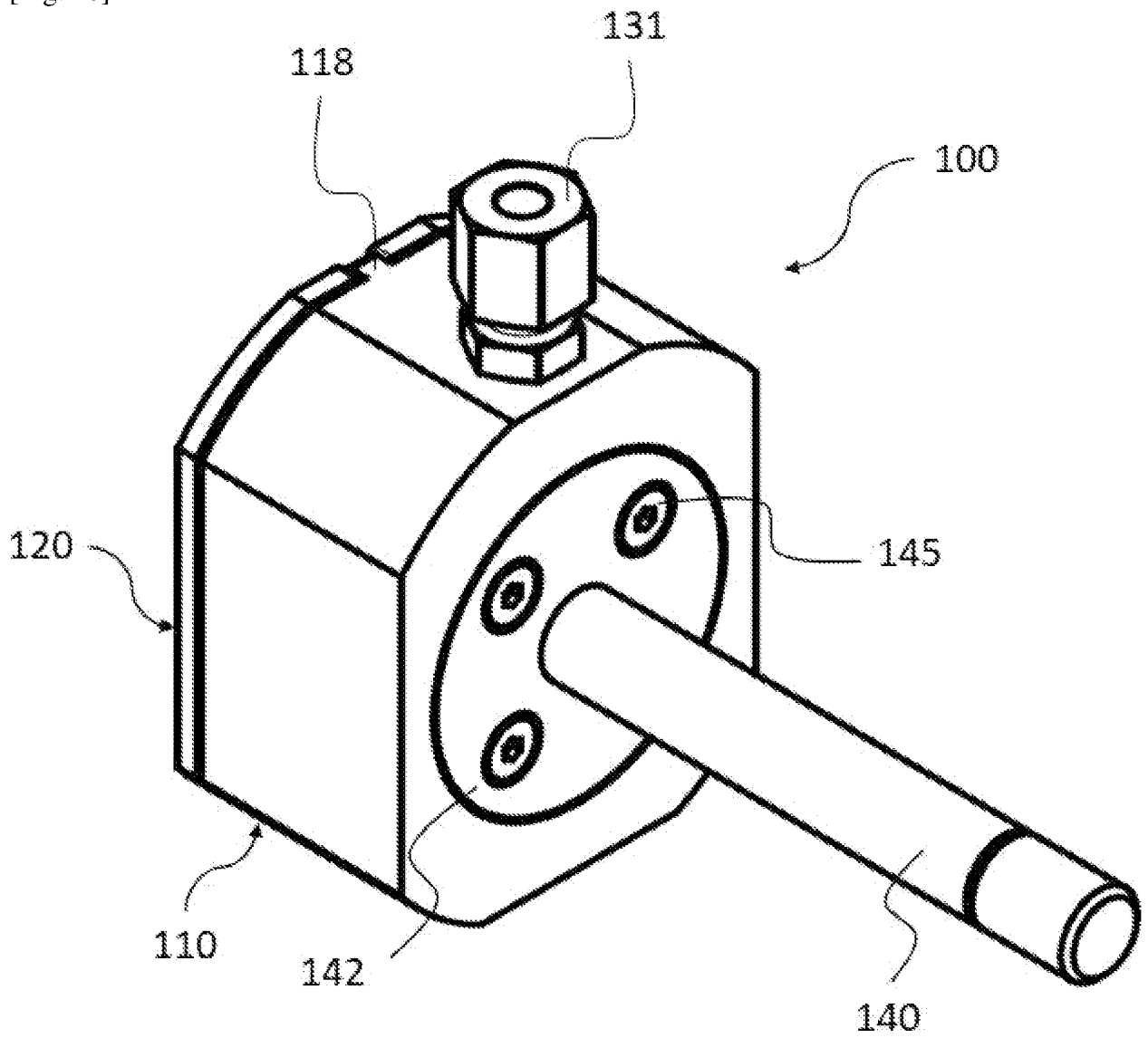
[Fig. 8]



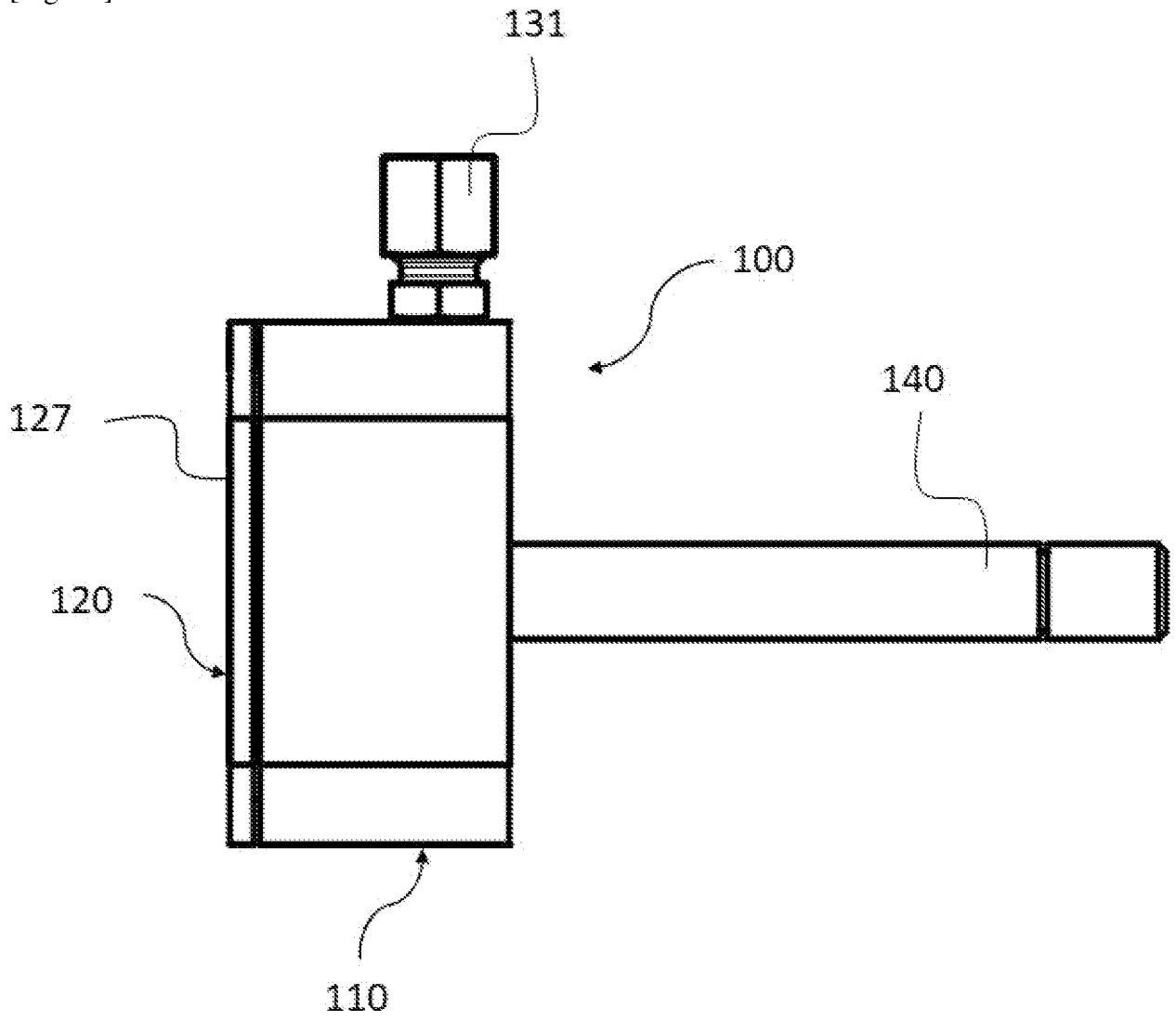
[Fig. 9]



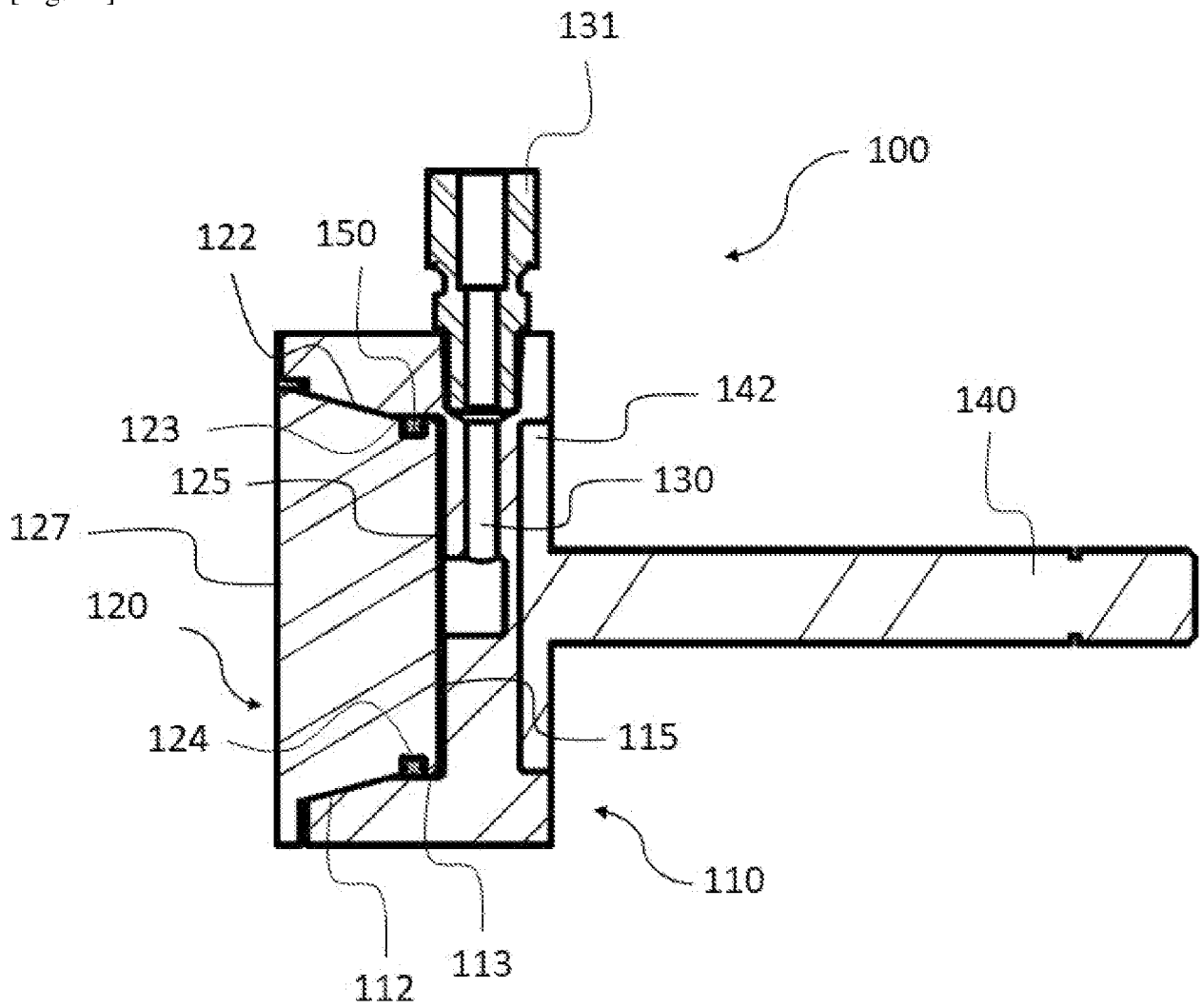
[Fig. 10]



[Fig. 11]



[Fig. 12]



**RAPPORT DE RECHERCHE
 PRÉLIMINAIRE**
N° d'enregistrement
national
 établi sur la base des dernières revendications
 déposées avant le commencement de la recherche

FA 911982
FR 2211736

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		
X	EP 0 194 227 A1 (GALLAY SA [CH]) 10 septembre 1986 (1986-09-10)	1-7, 9-15	B23Q11/00 B33Y30/00
Y	* figures 1, 5 *	16-20	
A	* revendications 1, 2 * * page 7, lignes 27-36 * * page 8, lignes 1-3 * -----	8	
X	JP 2009 248206 A (WAIDA MFG; HITACHI TOOL ENG; ALLIED MATERIAL CORP) 29 octobre 2009 (2009-10-29)	1-7, 9-15	
A	* figures 1, 3, 7 * * revendications 1, 6 * -----	8, 16-20	
Y	US 2021/347115 A1 (FETFATSIDIS KONSTANTINOS A [US] ET AL) 11 novembre 2021 (2021-11-11)	16-20	
A	* figures 9A, 11 * * alinéas [0227], [0276] - [0279], [0286], [0287] * -----	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B29C B33Y C22C B22F B23Q B25J B25B B23G B23B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 mai 2023		Schmitt, Sebastian	
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 à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
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 2211736 FA 911982**

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 **10-05-2023**
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
EP 0194227 A1	10-09-1986	EP 0194227 A1	10-09-1986
		FR 2577838 A1	29-08-1986
		JP S61203250 A	09-09-1986

JP 2009248206 A	29-10-2009	AUCUN	

US 2021347115 A1	11-11-2021	US 2021347115 A1	11-11-2021
		WO 2020087048 A2	30-04-2020
